

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**THAIS SILVA ROQUE**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE MOVIMENTAÇÃO DE CARGA A GRANEL  
SÓLIDO NO CORREDOR DE EXPORTAÇÃO DO PORTO DE  
PARANAGUÁ: UMA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA ANÁLISE  
ENVOLTÓRIA DE DADOS**

**MONOGRAFIA**

**PONTA GROSSA**

**2016**

**THAIS SILVA ROQUE**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE MOVIMENTAÇÃO DE CARGA A GRANEL  
SÓLIDO NO CORREDOR DE EXPORTAÇÃO DO PORTO DE  
PARANAGUÁ: UMA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA ANÁLISE  
ENVOLTÓRIA DE DADOS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Profa. Dra. Yslene Rocha Kachba

**PONTA GROSSA**

**2016**

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE MOVIMENTAÇÃO DE CARGA A GRANEL SÓLIDO NO CORREDOR DE EXPORTAÇÃO DO PORTO DE PARANAGUÁ: UMA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

por

**THAIS SILVA ROQUE**

Esta Monografia foi apresentada em 01 de novembro de 2016 como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo citados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profa. Dra., Yslene Rocha Kachba

Departamento de Engenharia de Produção, DAENP

Orientador

Prof. Dr., Everton Luiz de Melo

Departamento de Engenharia de Produção, DAENP

Avaliador

Prof. Dr., Cassiano Moro Piekarski

Departamento de Engenharia de Produção, DAENP

Avaliador

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

## RESUMO

ROQUE, T. S. **Análise da eficiência de movimentação de carga a granel sólido no corredor de exportação do porto de Paranaguá: uma aplicação da metodologia Análise Envoltória de Dados.** 2016. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2016.

O transporte marítimo é o principal facilitador do comércio internacional de mercadorias. Visando a realização dessa atividade de forma eficaz, os portos são elementos fundamentais na distribuição de carga, impactando diretamente na estratégia de desenvolvimento e competitividade de um país. Para mensurar a eficiência de modo geral, faz-se necessário o controle de indicadores e, no cenário portuário, não é diferente. A análise de indicadores atua como base para tomada de decisões a respeito de realocações de recursos e necessidade de maiores investimentos. Nesse contexto, o objetivo principal desse trabalho é mensurar a eficiência portuária em relação à movimentação de carga a granel sólido nos berços que compõem o corredor de exportação do porto de Paranaguá (PR). Para atingir o objetivo proposto, foi utilizada a metodologia Análise Envoltória de Dados, aplicada a um software. Foi observado que a eficiência média dos três berços do corredor de exportação é de setenta por cento, com destaque para o berço denominado 213, que possui eficiência aproximada de oitenta e três por cento. Entretanto, não podemos afirmar que um dos berços é “eficiente”, pois ainda há oportunidades de melhoria.

**Palavras-chave:** Eficiência portuária. Granel sólido. Corredor de exportação. DEA.

## ABSTRACT

ROQUE, T. S. **Analysis of the solid bulk cargo handling efficiency in the port of Paranaguá Export Corridor (Brazil):** an application of Data Envelopment Analysis. 2016. 74 pages. Work of Conclusion Course (Graduation in Production Engineering) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2016.

Maritime transportation is one of the main factors for allowing international trade. In order to this activity to succeed, ports are the key elements in the distribution of goods, aligned with each country's strategy of development and competitiveness. With the purpose of measuring efficiency, it is necessary to keep strong control of many indicators; in ports operations there is no difference. The analysis of such indicators gives support for the decision making process related to reallocation of resources and needs of higher investments. In this scenario, this paper focuses on measuring the efficiency of the berths that are part of the export corridor of port of Paranagua (Brazil). Data Envelopment Analysis was a support tool to achieve the objective. As a result, the total efficiency of the three berth in the export corridor was approximately of seventy per cent, and the berth named as 213 was the one with the best result: eighty-three per cent of efficiency. However, it is wrong to affirm that one of the berths is "efficiency", since there is still opportunities for improvements.

**Keywords:** Port efficiency. Solid bulk cargo. Export corridor. DEA.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização dos principais portos brasileiros.....	17
Figura 2 – Etapas de descarga de mercadorias em um porto.....	20
Figura 3 – Etapas de carregamento de navios em um porto.....	21
Figura 4 – Fluxograma para atracação e liberação de navios.....	22
Figura 5 - Fluxograma das etapas da metodologia.....	35
Figura 6 – Localização do porto de Paranaguá.....	39
Figura 7 – Aspectos operacionais do ano de 2015.....	40
Figura 8 – Movimentação de cargas – 2009 a 2015.....	41
Figura 9 – Instalações do porto, segundo tipologia de carga.....	43
Figura 10 – Mapa geral do porto de Paranaguá.....	44
Figura 11 – Corredor de exportação do porto de Paranaguá.....	45
Figura 12 – <i>Ship loader</i> em operação no berço 213 do COREX.....	47
Figura 13 – Diagrama genérico do complexo Corredor de Exportação.....	48
Figura 14 – Carregamento simultâneo por dois <i>ship loaders</i> .....	49
Figura 15 – Operação realizada pelo sistema Super Berço no porto de Paranaguá.....	61
Figura 16 – Navio <i>Innovation</i> .....	62
Figura 17 – Os três berços do COREX ocupados simultaneamente.....	63
Figura 18 – Projeto de expansão em “T” do corredor de exportação.....	64
Figura 19 – Vale Brasil: maior graneleiro do mundo.....	65

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Portos organizados delegados do Brasil.....	16
Quadro 2 – Critérios para classificação de portos em “ <i>hub</i> ” e “ <i>sub-hub</i> ”.....	18
Quadro 3 – Ranking dos países em relação ao horizonte de competitividade.....	25
Quadro 4 – Resumo de abordagens DEA em análise de eficiência portuária.....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais portos organizados conforme movimentação.....	18
Tabela 2 – Ranking dos maiores portos de container.....	27
Tabela 3 – Tempo de ciclo dos navios em rotas específicas.....	28
Tabela 4 – Ranking de movimentação de TEUs.....	42
Tabela 5 – Especificações de alguns dos terminais conectados ao COREX.....	50
Tabela 6 – Especificação dos <i>ship loaders</i> em operação no COREX.....	50
Tabela 7 – Entradas para aplicação da metodologia DEA.....	53
Tabela 8 – Saídas para aplicação da metodologia DEA.....	55
Tabela 9 – Especificação dos <i>ship loaders</i> em operação no COREX.....	57
Tabela 10 – Eficiência das DMUs e pesos das entradas.....	58
Tabela 11 – Ranking de eficiência de movimentação das DMUs.....	59
Tabela 12 – Entradas para aplicação da simulação de melhoria da metodologia DEA..	66
Tabela 13 – Saídas para aplicação da simulação de melhoria da metodologia DEA.....	67
Tabela 14 – Comparação entre as eficiências antes e depois da simulação.....	67

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ADHOC	Administradora Hidroviária Docas Catarinense
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
APPA	Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina
APSFS	Administração do Porto de São Francisco do Sul
CDSA	Companhia Docas de Santana
CODESP	Companhia Docas do Estado de São Paulo
COMAP	Companhia Municipal de Administração Portuária
COREX	Corredor de Exportação
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i> (Análise Envoltória de Dados)
DOCAS-PB	Companhia Docas da Paraíba
DMU	<i>Decision-making unit</i> (Unidades de decisão)
EMAP	Empresa Maranhense de Administração Portuária
Firjan	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
SDEC-PE	Secretaria de Desenvolvimento Econômico de Pernambuco
SEP/PR	Secretaria dos Portos da Presidência da República
SOHP-RO	Sociedade de Portos e Hidrovias do Estado de Rondônia
SPH	Superintendência de Portos e Hidrovias do Rio Grande do Sul
SUPRG	Superintendência do Porto de Rio Grande
TCP	Terminal de Contêineres de Paranaguá
TEU	<i>Twenty-foot Equivalent Units</i> (unidades equivalentes a 20 pés)
PL	Programação linear

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	11
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Objetivos Específicos	13
1.2	JUSTIFICATIVA	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	15
2.1	SISTEMA PORTUÁRIO BRASILEIRO	15
2.2	ATIVIDADES PORTUÁRIAS	19
2.3	EFICIÊNCIA PORTUÁRIA	23
2.4	ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS	28
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	35
<b>4</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DO CENÁRIO</b>	39
4.1	DEFINIÇÃO E SELEÇÃO DE DMUs	43
4.2	SELEÇÃO DE VARIÁVEIS	46
4.2.1	Entradas	46
4.2.2	Saídas	54
4.3	ESCOLHA DO MODELO	55
<b>5</b>	<b>APLICAÇÃO DO MODELO</b>	57
5.1	ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL	57
5.2	SUGESTÕES DE MELHORIAS	59
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	68
	REFERÊNCIAS	70

## 1 INTRODUÇÃO

Os portos são elos da cadeia de transporte (GOMES *et al.*, 2013), sendo mundialmente conhecidos pela facilidade para realizar comércio com diversos países de diferentes continentes. No Brasil, isso só foi possível por meio de uma Carta Régia referente ao Decreto de Abertura dos Portos às Nações Amigas, promulgada pelo príncipe regente de Portugal, Dom João VI, em 28 de janeiro de 1808 na cidade de Salvador - BA.

Anteriormente à medida de abertura dos portos, todos os produtos que saíam da colônia (no caso, o Brasil) eram obrigados a passar pela alfândega de Portugal, garantindo à metrópole o monopólio do comércio – também conhecido como “Pacto Colonial”. O maior beneficiado pela abertura dos portos brasileiros foi o comércio britânico, com a assinatura do Tratado de Cooperação e Amizade (*Treaty of Cooperation and Friendship*), que continha regras de aliança e tarifas alfandegárias favoráveis à Grã-Bretanha.

Com uma costa navegável de 8,5 mil quilômetros, o setor portuário brasileiro responde, sozinho, por mais de noventa por cento das exportações, segundo informações de <sup>1</sup>Brasil (2014), possuindo grande importância estratégica para o desenvolvimento do país. Mesmo com incentivo a outros modais de transporte, o aquaviário é o principal meio utilizado para movimentação de mercadorias ao analisar as importações e exportações do país (CORTEZ *et al*, 2013).

O transporte hidroviário é utilizado principalmente para granéis sólido e líquidos, produtos químicos, areia, carvão, cereais e bens de alto valor, e pode ser dividido em três formas de navegação: cabotagem (navegação realizada entre portos ou pontos do território brasileiro, utilizando a via marítima ou entre esta e as vias navegáveis interiores), navegação interior (realizada em hidrovias interiores, em percurso nacional ou internacional) e navegação de longo curso (realizada entre portos brasileiros e estrangeiros) (GOMES *et al.*, 2013).

Atualmente, o Sistema Portuário Brasileiro é composto por 37 (trinta e sete) portos públicos (marítimos e fluviais), 42 (quarenta e dois) terminais privados e três complexos portuários que operam sob concessão à iniciativa privada (<sup>2</sup>BRASIL, 2015).

As movimentações nos portos incluem graneis e contêineres de carga geral, de acordo com sua localização. O porto de Santos, por exemplo, maior da América Latina, é responsável por mais de 30% (trinta por cento) de todo o comércio exterior do país, movimentando diariamente graneis líquidos, sólidos e carga geral.

Diversas cidades brasileiras foram criadas nos entornos dos portos, como é o caso de Paranaguá - cidade mais antiga do estado do Paraná. O porto de Paranaguá é administrado pela autarquia estadual Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA). Inicialmente, era um ancoradouro que foi transformado em um porto com condições de atendimento aos fluxos de mercadorias originadas da ligação ferroviária com Curitiba, segundo a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (7BRASIL, 2001).

Por representarem papel fundamental para o crescimento da economia do país, os portos devem possuir índices de crescimento capazes de traduzir sua eficiência e ser base para possíveis tomadas de decisões pelas partes responsáveis. Tais indicadores devem apontar a situação atual em que as atividades estão sendo desenvolvidas, garantindo que possíveis melhorias apresentadas sejam eficazes.

Com base em dados de 4Brasil (2015), o tempo médio de espera de liberação de mercadorias por órgãos como Receita Federal, Agência Nacional de Vigilância Sanitária e Ministério da Agricultura pode chegar a dezesseis dias por navio (como é o caso do porto de Santos), sendo que a média mundial é de três dias. Possíveis congestionamentos de caminhões para descarregamento, a quantidade de funcionários diretos do porto, a infraestrutura e os equipamentos utilizados são também exemplos de fatores que podem influenciar a eficiência portuária.

Sendo assim, esta pesquisa busca responder à seguinte pergunta: “Como é possível mensurar a eficiência da gestão portuária em relação à quantidade de carga sólida movimentada a granel nos berços que compõem o corredor de exportação, no porto de Paranaguá?”.

## 1.1 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho se dividem em objetivos geral e específicos.

### 1.1.1 Objetivo Geral

Mensurar a eficiência portuária de movimentação de carga a granel sólido, no corredor de exportação do porto de Paranaguá.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Descrever um método apropriado de mensuração da eficiência portuária;
- Determinar as possíveis variáveis de entrada e saída a serem consideradas na modelagem do problema;
- Apresentar possíveis melhorias; e
- Simular possíveis melhorias.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Indicadores são instrumentos de gestão essenciais para a tomada de decisões (TALLEY E MARSILLAC, 2014). Tratando-se de um porto onde a movimentação de mercadorias é alta, como é o caso do porto de Paranaguá, a realização de um monitoramento é fundamental para dar suporte às decisões tomadas, que podem incluir questões relacionadas à infraestrutura portuária e possíveis adaptações tecnológicas de equipamentos essenciais para o funcionamento das operações portuárias. Os responsáveis pelo porto baseiam suas ações em números, sendo que indicadores de eficiência de gestão portuária são de extrema importância para controle e manutenção de um histórico do desenvolvimento portuário.

Ainda nesse contexto, possuindo dados concretos e atualizados da eficiência de atuação portuária, é possível justificar a realocação de esforços portuários (como berços, funcionários e maquinários) de acordo com turnos, períodos de grande vazão e fatores climáticos. No caso do porto de Paranaguá, quando há chuva, o serviço de descarga de grãos é interrompido, podendo acarretar filas de caminhões de até 60 quilômetros por dia (NÓRCIO, 2015). O dimensionamento da capacidade e a criação de novos terminais também podem ser considerados com base nos indicadores a serem apresentados e catalogados.

Esse trabalho também é justificado pela importância da gestão portuária para o crescimento da economia brasileira. De acordo com a <sup>2</sup>Brasil (2015), atualmente o país possui trinta e sete portos públicos, sendo peças chave para o fortalecimento do setor de logística no mercado nacional e internacional. Em 2015, os portos brasileiros bateram recorde de movimentação de cargas superando 1 bilhão de toneladas (<sup>11</sup>BRASIL, 2016). O porto de Paranaguá possui grande participação nesse resultado: 31 milhões de toneladas foram exportadas e 13 milhões de toneladas foram importadas por ele (<sup>11</sup>BRASIL, 2016).

Por meio dessas considerações, é fundamental o estudo da eficiência portuária para entendimento do cenário atual e possíveis propostas de melhoria para o sistema portuário brasileiro – em especial, para o porto de Paranaguá.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esse capítulo retrata os principais tópicos a serem abordados no trabalho, dividindo-se em uma contextualização do cenário atual brasileiro em relação aos portos, as principais atividades de movimentação realizadas e a eficiência portuária.

### 2.1 SISTEMA PORTUÁRIO BRASILEIRO

O Sistema Portuário Brasileiro é regido por diversas leis publicadas e atualizadas desde o Decreto de Abertura dos Portos às Nações Amigas de 1808. Esse sistema é responsável por cerca de 90% (noventa por cento) da movimentação de carga realizada com o mercado internacional, segundo dados de <sup>3</sup>Brasil (2015).

De acordo com a Secretaria dos Portos da Presidência da República, existem 37 portos organizados e mais de quarenta terminais privados atualmente no Brasil. Um porto organizado é aquele “construído e aparelhado para atender às necessidades da navegação e da movimentação e armazenagem de mercadorias, concedido ou explorado pela União, cujo tráfego e operações portuárias estejam sob a jurisdição de uma autoridade portuária” (BRASIL, 2014). Em um porto organizado, as funções de administração são exercidas pela União.

Um porto organizado pode vir a ser delegado, ou seja, transferido da administração da União para municípios e os consórcios públicos, nos termos da Lei nº 9.277, de 10 de maio de 1996.

Para a Secretaria dos Portos, os portos são classificados em marítimos ou fluviais, de acordo com o tipo de navegação.

- *Portos marítimos*: são aqueles aptos a receber linhas de navegação oceânicas, tanto em navegação de longo curso (internacionais) como em navegação de cabotagem (domésticas), independentemente da sua localização geográfica;
- *Portos fluviais*: são aqueles que recebem linhas de navegação oriundas e destinadas a outros portos dentro da mesma região hidrográfica, ou com comunicação por águas interiores.

Com uma área total do país de 8.516.767 km<sup>2</sup> e litoral de 8.110 km, é esperado que grande parte dos portos brasileiros sejam considerados marítimos. O Quadro 1 apresenta os principais portos delegados do país, a autoridade portuária responsável e sua classificação de acordo com a SEP.

**Quadro 1 – Portos organizados delegados do Brasil**

<b>PORTO</b>	<b>ESTADO</b>	<b>AUTORIDADE PORTUÁRIA</b>	<b>TIPO</b>
Porto de SUAPE	PE	SDEC-PE	Marítimo
Porto de IMBITUBA	SC	SCPAR	Marítimo
Porto de SÃO FRANC. SUL	SC	APSFS	Marítimo
Porto de ITAQUI	MA	EMAP	Marítimo
Porto de CABEDELO	PB	DOCAS-PB	Marítimo
Porto de RECIFE	PE	PORTO DE RECIFE S.A.	Marítimo
Porto de SÃO SEBASTIÃO	SP	DERSA	Marítimo
Porto de ANTONINA	PR	APPA	Marítimo
Porto de PARANAGUÁ	PR	APPA	Marítimo
Porto de PELOTAS	RS	SPH	Marítimo
Porto de PORTO ALEGRE	RS	SPH	Marítimo
Porto de ESTRELA	RS	SPH	Fluvial
Porto de CACHOEIRA DO SUL	RS	SPH	Fluvial
Porto de RIO GRANDE	RS	SUPRG	Marítimo
Porto de PORTO VELHO	RO	SOPH-RO	Fluvial
Porto de ITAJAÍ	SC	ADHOC	Marítimo
Porto de MACAPÁ	AP	CDSA	Marítimo
Porto do FORNO	RJ	COMAP	Marítimo

Fonte: <sup>1</sup>Brasil (2015)

As autoridades portuárias são entidades incumbidas de administrar os portos sob a sua jurisdição e supervisionar todos os serviços relativos à exploração portuária (<sup>1</sup>BRASIL, 2014). O Porto de Paranaguá, por exemplo, é administrado pela Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA) desde o ano de 2001, por meio de um convênio de delegação entre o Estado do Paraná e a União em vigor até o início de 2027, com possibilidade de prorrogação.

O porto de Santos, localizado no Estado de São Paulo, um dos principais portos brasileiros, também é classificado como marítimo. Sua administração é realizada pela Companhia Docas do Estado de São Paulo (CODESP), sendo considerado um porto público. São também considerados portos públicos o porto de Laguna (SC), o porto de

Angra dos Reis (RJ), o porto de Itajaí (RJ), entre outros. A Figura 1 explicita onde estão localizados os principais portos em atividade no Brasil.

**Figura 1 – Localização dos principais portos brasileiros**



Fonte: <sup>1</sup>Brasil (2015)

Os portos ainda podem ser classificados em “hub” e “sub-hub”. Um porto *hub*, também conhecido como “porto concentrador”, é aquele que possui grande visibilidade internacional devido à sua importância como grande centro de distribuição de mercadorias (GONZÁLEZ E TRUJILLO, 2008), movimentando alta quantidade de cargas diariamente e sendo essencial para o estabelecimento da globalização. Um porto

classificado como *sub-hub*, por sua vez, é aquele que possui influência nacional, sendo responsável pela distribuição de mercadorias dentro de um país.

O Quadro 2 sumariza as principais diferenças entre essas duas classificações.

**Quadro 2 – Critérios para classificação de portos em “hub” e “sub-hub”**

Portos “Hub” (Portos Internacionais)	Portos “Sub-Hub”
a. Geograficamente próximo ao mercado internacional de destino;	a. O desenvolvimento nacional é igualmente distribuído e motiva o crescimento da região onde está localizado;
b. Próximo à rota de navegação internacional;	b. Tem uma certa distância em relação a outros portos “sub-hub”;
c. Tem uma certa distância em relação a outros grandes portos (“hub”);	c. Tem uma certa distância em relação a rotas de navegação doméstica;
d. Tem uma área de terra e mar localizado de maneira a se proteger das ondas;	d. Tem uma área de terra e mar e é localizado de maneira a se proteger das ondas;
e. Capaz de atender os navios com determinada capacidade já estabelecida;	e. Localizado próximo de áreas em crescimento regional e nacional;
f. É um ponto de transbordo internacional de passageiros e mercadorias;	f. Capaz de atender os navios com determinada capacidade já estabelecida;
g. Tem uma certa capacidade de carga e descarga.	g. Tem uma certa capacidade de carga e descarga.

Fonte: Sutomo e Soemardjito (2012)

Outros exemplos de portos *hub* são os portos de Singapura e Roterdã (Holanda). O Brasil não possui um porto classificado internacionalmente como *hub*; contudo, diversos autores citam o porto de Santos como o mais próximo de receber tal título. A Tabela 1 apresenta a movimentação em toneladas por alguns portos brasileiros – com destaque para a movimentação realizada pelo porto localizado em Santos.

**Tabela 1 – Principais portos organizados conforme movimentação**

Portos	Milhões de toneladas	Varição (%) 2015-II / 2014-II
<b>Santos</b>	24,0	3,9%
<b>Itaguaí (Sepetiba)</b>	13,7	-12,5%
<b>Paranaguá</b>	12,0	7,4%
<b>Rio Grande</b>	6,5	-5,8%
<b>São Francisco do Sul</b>	3,7	-2,4%
<b>Vitória</b>	1,5	-6,2%
<b>Rio de Janeiro</b>	1,5	-27,0%
<b>OUTROS PORTOS</b>	10,9	-17,3%
<b>TODOS OS PORTOS</b>	89,2	-0,7%

Fonte: <sup>2</sup>Brasil (2015)

De acordo com <sup>2</sup>Brasil (2015), o porto de Santos movimentou 24 milhões de toneladas sozinho no segundo trimestre de 2015; tal quantidade corresponde a mais de 25% de toda a carga movimentada no país. Analisando a movimentação de contêineres em portos organizados brasileiros no mesmo período, Santos movimentou 45% do total, correspondendo a mais de oito milhões de toneladas (<sup>2</sup>BRASIL, 2015).

## 2.2 ATIVIDADES PORTUÁRIAS

O chamado “fluxo de movimentação de cargas” abrange as atividades desde a chegada ao porto, até sua liberação e carregamentos nos navios. Todavia, para melhor entendimento das relações, algumas definições relacionadas aos portos são necessárias:

- *Área do porto organizado*: área delimitada por ato do Poder Executivo que compreende as instalações portuárias e a infraestrutura de proteção e de acesso ao porto organizado;
- *Instalação portuária*: instalação localizada dentro ou fora da área do porto organizado e utilizada em movimentação de passageiros, movimentação ou armazenagem de mercadorias, destinadas ou provenientes de transporte aquaviário;
- *Instalações portuárias públicas de pequeno porte*: instalação portuária explorada mediante autorização, localizada fora do porto organizado e utilizada em movimentação de passageiros ou mercadorias em embarcações de navegação interior;
- *Ship loader*: máquina utilizada para facilitar o carregamento de materiais sólidos a granel em embarcações marítimas;
- *Twenty-foot equivalent unit (TEU)*: é a unidade equivalente de transportes utilizada na logística de transportes. Refere-se a um tamanho padrão de contêiner de 20 pés: 6,10m (comprimento) x 2,44m (largura) x 2,59m (altura).

As atividades portuárias aplicadas a todos os portos são basicamente as mesmas. No entanto, a sequência e etapas a serem seguidas podem vir a variar de acordo com a administração responsável pelo setor portuário.

As figuras a seguir apresentam a sequência das atividades desenvolvidas no porto de Paranaguá, segundo informações do relatório Produto 3 do Projeto Benin (SÃO PAULO, 2014). Todas as informações a respeito da descrição do fluxograma também fazem parte do Projeto Benin.

Na Figura 2, podemos observar as etapas de descarga de mercadorias.

**Figura 2 – Etapas de descarga de mercadorias em um porto**



**Fonte: Adaptado de Projeto Benin – Produto 3 (SÃO PAULO, 2014)**

Inicialmente, os veículos que irão realizar a rota de movimentação de mercadorias até o porto devem ser cadastrados para entrarem nas instalações portuárias. Somente após o cadastro e a liberação, os motoristas e os veículos estão autorizados a seguir com suas atividades e podem dar entrada no pátio de triagem do porto.

No pátio de triagem é realizada a conferência de cotas para determinar se a mercadoria está, de fato, autorizada a adentrar o porto. Os motoristas recebem informações a respeito da carga que estão transportando e do local exato onde devem permanecer estacionados até o momento da autorização da descarga de mercadorias.

A próxima etapa é relacionada à classificação do produto. Tal classificação é realizada com base em testes de amostras retiradas dos veículos, onde a mercadoria é analisada e deve coincidir com os laudos apresentados pelos motoristas. Caso haja divergência entre a mercadoria física e as especificações no laudo, uma nova classificação do produto deve ser realizada. Estando em conformidade, o veículo é direcionado à próxima etapa: liberação para entrada no porto.

A liberação para entrada no porto varia de acordo com o número de veículos aguardando descarga. Em épocas de grande movimentação (também denominada “época de safra”), os veículos chegam a aguardar horas no pátio até serem autorizados para descarga pela autoridade portuária.

Após liberação para saída do pátio, os veículos são direcionados para os terminais de descarga, com horários pré-determinados visando evitar filas. Com a descarga realizada, os veículos são liberados para deixarem as instalações portuárias; caso o veículo esteja autorizado a realizar o carregamento de mercadorias no porto que serão destinadas à distribuição interna, os veículos são direcionados ao terminal de carregamento específico.

Uma vez que a mercadoria já se encontra nos silos (no caso de grãos), é realizado o transporte até os navios para posterior distribuição internacional, conforme apresentado na Figura 3.

**Figura 3 – Etapas de carregamento de navios em um porto**



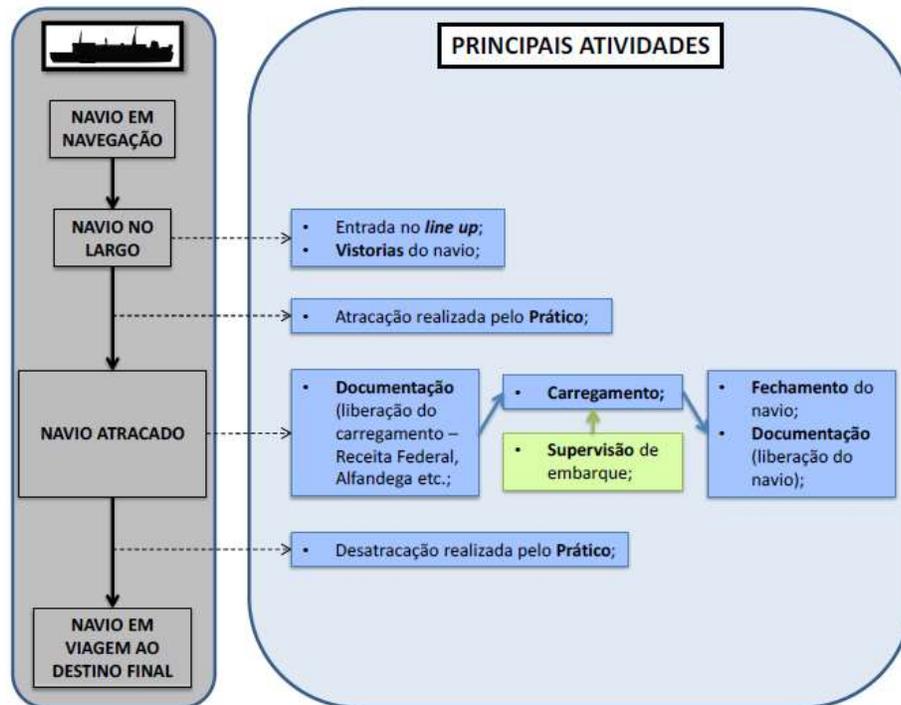
Fonte: Adaptado de Projeto Benin – Produto 3 (SÃO PAULO, 2014)

Utilizando grãos como exemplo, as mercadorias são guardadas nos armazéns de cada uma das empresas responsáveis até o momento do carregamento. O período até o carregamento em si no navio varia conforme as negociações das empresas e do contrato formalizado com as autoridades portuárias.

A partir do momento no qual o navio que irá receber a mercadoria já está atracado nos berços do Corredor de Exportação (COREX), os grãos são transportados por meio de esteiras até os *ship loaders* (sendo esta a última etapa sob responsabilidade das autoridades portuárias). Entende-se como COREX os três berços destinados exclusivamente à movimentação de grãos para o comércio internacional (sendo eles: 212, 213 e 214, respectivamente). Os *ship loaders* possuem um sistema de balança, possibilitando determinar a quantidade exata de mercadoria que está sendo transferida para os porões dos navios. Além de tais equipamentos, as cargas a granel sólido podem também ser transportadas até os navios por meio apenas de esteiras ou equipamentos que atuam como “pás”.

Caso o navio seja carregado com mais de um tipo de mercadoria, o processo acima é repetido até a finalização. Uma vez encerrado o carregamento, os navios são liberados e autorizados a desatracarem do porto. As principais atividades relacionadas à atracação e à liberação do navio são apresentadas na Figura 4.

Figura 4 – Fluxograma para atracação e liberação de navios



Fonte: Adaptado de Projeto Benin – Produto 3 (SÃO PAULO, 2014)

Com base na Figura 4, podemos observar que os navios são considerados “em navegação” até o momento de liberação para entrada no largo. O largo funciona como uma espécie de estacionamento para que os navios aguardem atracação no porto, onde o monitoramento é constante.

Após a liberação para entrada no largo, os navios são incluídos no *line up*, ou seja, em uma lista alimentada por ordem de chegada onde a autoridade portuária controla toda a movimentação realizada no porto. Com base no *line up*, são realizadas reuniões para definição de quais navios serão destinados a quais berços, a capacidade

de cada berço, o tamanho dos navios e as cotas disponibilizadas são analisadas para realização da alocação.

Com o navio ainda no largo, são realizadas vistorias nos porões das embarcações de modo a garantir a qualidade do ambiente para recebimentos dos materiais a serem transportados. Uma vez que as condições dos porões estejam em conformidade, é realizado um teste de vedação, por meio do qual se aplica água nas frestas, para garantir que a carga não será afetada por intempéries no transporte do porto até seu destino final. Esse teste é realizado de maneira visual e registrado com fotografias.

No momento em que a alocação é divulgada, o navio começa a ser preparado para carregamento. Essa preparação inclui contratação de serviços (como supervisão de embarque e despachante de navio) e o pagamento de todas as taxas aos órgãos federais responsáveis. O planejamento para validação dessa etapa é de extrema importância, uma vez que possibilita desenvolver o carregamento da maneira mais rápida possível para que o navio siga sua rota pré-determinada o quanto antes.

Após a alocação, finalmente é liberada a atracação aos berços determinados. Toda a documentação dos navios e mercadorias é conferida, minimizando a possibilidade de ocorrência de erros. As documentações exigidas podem variar de acordo com o tipo de mercado e restrições do país destino.

O carregamento é realizado com auxílio de *ship loaders*, por exemplo e, após a finalização, os porões dos navios são lacrados e liberados para seguirem viagem.

### 2.3 EFICIÊNCIA PORTUÁRIA

Eficiência é atingir um determinado resultado otimizando os recursos disponíveis (HOUAISS *et al*, 2001). Ser eficiente, portanto, é obter melhores resultados, com o mínimo possível de perdas. Tecnicamente, um porto pode ser considerado eficiente quando suas saídas são maximizadas, em função de uma dada quantidade de entradas (TALLEY, NG E MARSILLAC, 2014).

Tais entradas e saídas são chamadas de “variáveis” e, Sutomo e Soemardjito (2012) identificaram alguns itens que podem ser utilizados para mensurar a eficiência de um porto. São eles:

- Nível de eficiência das operações portuárias;
- Tarifas de movimentação de cargas no porto;
- Taxa de confiabilidade;
- A profundidade do canal de navegação;
- Facilidade de acesso ao porto; e
- Diferenciação de produtos.

Devido à importância dos serviços de transportes em todas as economias mundiais, medir a performance de tais modais se tornou parte integrante da gestão desse ramo de negócio, sendo que o transporte aéreo (TAVASSOLI, FARAMARZI E SAEN, 2014) e o transporte marítimo não são exceções. Para Bichou (2007), a performance portuária pode ser mensurada ao atingir um nível de serviço de saída que pode ser agrupado em três grupos de indicadores:

- a. *Indicadores de desempenho de serviço e produtividade de navios e carga/descarga de mercadorias*: está fortemente relacionado com informações a respeito da quantidade de mercadorias que utilizam equipamentos ou instalações portuárias, por um período de tempo específico;
- b. *Indicadores de serviço (chamados de “desempenho de tráfego”)*: é um indicador intimamente relacionado a informações sobre o período total de tempo de serviço em um navio localizado na área portuária;
- c. *Indicadores de utilização*: utilização de instalações portuárias e equipamentos de produção utilizados para mensurar a extensão das instalações portuárias e instalações de suporte com uso intenso.

Indicadores de competitividade podem impactar na eficiência de um terminal e, segundo Figueiredo De Oliveira e Cariou (2015), tais competições podem ser internas ou entre portos. Para esses autores, entende-se por competição interna de um porto aquela que envolve fatores restritos à atividade desenvolvida em um porto e seus terminais;

competição entre portos refere-se à comparação entre fatores em comuns a portos distintos.

Os portos são importantes para um país, porquanto a grande maioria do comércio realizado com outras nações ocorre pelo modal marítimo (GONZÁLEZ E TRUJILLO, 2008). Ainda segundo os autores, aproximadamente 90% do comércio exterior realizado pela União Europeia ocorre pelo mar. No caso de países como Peru e Chile, 95% das atividades comerciais são realizadas por meio de rotas marítimas (CHANG E TOVAR, 2014).

O Quadro 3 apresenta o ranking dos dez primeiros países em relação à competitividade, analisando em níveis: global, infraestrutura e inovação.

**Quadro 3 – Ranking dos países em relação ao horizonte de competitividade**

<b>Ranking Global</b>	<b>Ranking – Infraestrutura</b>	<b>Ranking – Inovação</b>
1. Suíça	1. Hong Kong	1. Finlândia
2. Singapura	2. Singapura	2. Suíça
3. Estados Unidos	3. Emirados Árabes	3. Israel
4. Finlândia	4. Holanda	4. Japão
5. Alemanha	5. Suíça	5. Estados Unidos
6. Japão	6. Japão	6. Alemanha
7. Hong Kong	7. Alemanha	7. Suécia
8. Holanda	8. França	8. Holanda
9. Reino Unido	9. Espanha	9. Singapura
10. Suécia	10. Reino Unido	10. Taiwan, China

Fonte: Schwab (2014)

Para Gomes *et al.* (2013), as vantagens que justificam um maior investimento no setor portuário brasileiro são o baixo custo, os riscos menores em relação ao modal rodoviário, a pontualidade nas entregas, a extensão da costa navegável do país e o controle de informações por rastreamento. Porém, podemos observar que o Brasil não está entre os primeiros países em nenhum dos rankings apresentados acima.

O desenvolvimento e a exploração dos portos implicam a realização de uma gestão complexa e com capital intenso para que os projetos possam se concretizar (PANAYIDES *et al.*, 2015). Entretanto, segundo Chang e Tovar (2014), a importância que as autoridades dedicam a esse tipo de transporte não é a mesma em todos os

países. Ainda segundo esses autores, as reformas do setor portuário realizadas no Chile foram mais dinâmicas do que as realizadas no Peru, permitindo lidar de maneira mais ágil e eficiente com as mudanças do setor.

A evolução dos navios faz com que haja necessidade de maiores investimentos em relação à infraestrutura portuária e à manutenção de pátios e píeres (GOMES *et al.*, 2013). As mudanças realizadas no setor portuário do Peru estão associadas com o processo de desenvolvimento de navios comerciais altamente especializados, o que demandou melhorias na infraestrutura portuária e investimentos em tecnologia nos portos e terminais, permitindo que os portos sejam capazes de atender maiores navios de maneira mais eficiente (CHANG E TOVAR, 2014).

Há diversas razões que justificam estudar a eficiência de um porto. Pode-se utilizar a China como exemplo: nos últimos vinte anos, diversas multinacionais realocaram suas unidades produtivas para o país (YUEN, ZHANG E CHEUNG, 2013). Segundo os referidos autores, ao analisar a cadeia de suprimentos das empresas, constata-se que os produtos intermediários e finais produzidos na China serão exportados para diversas partes do mundo por meio do modal marítimo, aumentando a demanda de serviços portuários na região. Para Wu e Goh (2010), o nível de eficiência de um porto afeta significativamente a produtividade e a competitividade de um país.

Para analisar a eficiência de um porto, é de extrema importância que as informações utilizadas sejam condizentes com o atual cenário portuário; no entanto, obter informações de qualidade pode não ser uma tarefa simples. Para Yuen, Zhang e Cheung (2013), essa é uma das razões de não existirem uma grande quantidade de estudos investigando a eficiência dos maiores portos da China. Os autores utilizaram, em seu estudo, dados provenientes do Relatório Anuário de Portos da China, relatórios anuais de empresas e de seus respectivos *sites* e anuários estatísticos de diversos países.

Para González e Trujillo (2008), os estudos a respeito de eficiência e produtividade portuária são os tópicos mais recentes estudados por especialistas e pesquisadores da área, desde a segunda metade da década de 1990, sendo menos comum que o estudo de outros modais de transporte.

A quantidade de carga movimentada pelos portos é um indicador de eficiência, pois é possível analisar o aproveitamento dos recursos portuários até a geração das saídas (no caso, movimentação de mercadorias). A Tabela 2 apresenta um ranking dos maiores portos de contêiner do mundo, de acordo com o volume movimentado nos anos de 2012 e 2013.

**Tabela 2 – Ranking dos maiores portos de contêiner**

<b>Ranking</b>	<b>Portos</b>	<b>Volume 2013 (em milhões de TEU)</b>	<b>Volume 2012 (em milhões de TEU)</b>
<b>1</b>	Xangai, China	33,62	32,53
<b>2</b>	Singapura	32,6	31,65
<b>3</b>	Shenzhen, China	23,28	22,94
<b>4</b>	Hong Kong	22,35	23,12
<b>5</b>	Busan, Coréia do Sul	17,69	17,04
<b>6</b>	Ningbo-Zhoushan, China	17,33	16,83
<b>7</b>	Quingdao, China	15,52	14,50
<b>8</b>	Guangzhou, China	15,31	14,74
<b>9</b>	Jebel Ali, Emirados Árabes	13,64	13,30
<b>10</b>	Tianjin, China	13,01	12,30
<b>38</b>	Santos, Brasil	3,45	3,17

Fonte: <sup>3</sup>Brasil (2015)

Como se pode notar, as primeiras dez posições são ocupadas por portos de países conhecidos pelo investimento dado ao sistema portuário. A primeira representação brasileira está na 38ª posição, ocupada pelo porto de Santos.

Em relação aos portos brasileiros, o de Santos se destaca devido à alta movimentação de cargas. Porém, ao realizar um comparativo com os demais portos mundiais, pode-se notar que em 2013 a movimentação total desse porto brasileiro representou 10% da realizada pelo porto de Xangai, no mesmo período.

Ao analisar-se o tempo de ciclo comparando rotas partindo de portos brasileiros a portos internacionais, essa diferença também pode ser observada. A Tabela 3 apresenta alguns processos originados do porto de Paranaguá, com destino a Xangai e Roterdã.

Tabela 3 – Tempo de ciclo dos navios em rotas específicas

Processo	Paranaguá x Xangai Tempo (dias)	Paranaguá x Roterdã Tempo (dias)
Viagem de Ida	35	15
Carregamento	110	110
Viagem de Volta	35	15
Descarregamento	10	10
<b>Tempo Total de Viagem</b>	<b>190</b>	<b>150</b>

Fonte: Adaptado de Projeto Benin – Produto 3 (SÃO PAULO, 2014)

Observando a Tabela 3, nota-se que o tempo (em dias) dedicado para ir de Paranaguá aos dois destinos e retornar ao porto brasileiro é a mesma, entretanto, a rota pode variar de acordo com a empresa logística responsável pelo transporte, considerando possíveis ações de fatores climáticos; a grande diferença notada pela análise da tabela está no tempo total destinado ao carregamento e descarregamento de mercadorias.

Embora o carregamento necessite de um investimento maior de tempo devido à sua natureza, o trâmite brasileiro para verificação e liberação de documentos é mais demorado do que os processos realizados em outros portos. Segundo dados da Firjan de 2013, o tempo médio de espera de liberação de mercadorias no Brasil pode chegar a dezesseis dias por navio, sendo que a média mundial é de três dias.

#### 2.4 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

A Análise Envoltória de Dados (do inglês *Data Envelopment Analysis* – DEA) é um método não-paramétrico utilizado para mensurar o desempenho do que é produzido por uma empresa ou infraestrutura, por unidades de decisão (DMU ou *decision-making unit*) (BALTAZAR *et al.*, 2014). É um método não-paramétrico, pois não é necessário que sejam realizadas suposições estatísticas (PANAYIDES *et al.*, 2015). Em outras palavras, o foco principal do DEA recai sobre observações individuais, ao contrário de abordagens de otimização de estatísticas, nas quais o foco é direcionado à média de parâmetros.

As DMUs podem ser qualquer tipo de organização, como indústrias, lojas, escolas e etc (BEZERRA, 2010). Segundo Lozano, Villa e Canca (2011), as DMUs devem estar associadas a entradas e saídas e, conforme Bezerra (2010), os *inputs* e *outputs* podem

ser múltiplos, sendo que tais variáveis devem refletir o cenário em análise e serem as mais precisas possíveis (CULLINANE E WANG, 2006). Para isso, faz-se necessário um estudo aprofundado do que será mensurado, com intuito de compreender quais os parâmetros influenciam sua performance.

A DEA determina (RAFAELI, p. 51, 2009 *apud* MIN E FOO, p. 259-65, 2006):

- As DMUs que melhor estão fazendo uso das entradas, com base na análise das saídas geradas;
- As DMUs menos eficientes;
- O montante de recursos em excesso que está sendo utilizado por cada DMU menos eficiente.

Segundo Cullinane e Wang (2006), dentre os modelos mais utilizados de DEA, pode-se destacar dois:

1. O Modelo CCR: desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978, o modelo baseado em Programação Linear (PL) assume retornos constantes de escala para que todas as combinações de produção (no caso, as saídas) possam ser ampliadas ou reduzidas proporcionalmente (CULLINANE E WANG, 2006). Para Wu e Goh (2010), as ineficiências podem ser atribuídas a operações com diferentes retornos de escala. Em suma, o objetivo do modelo CCR é identificar a eficiência global e as fontes de ineficiências (MONTEIRO, 2014).

A formulação matemática do modelo CCR pode ser apresentada da seguinte maneira, conforme apresentado por Ceretta e Niederauer (2001):

Considere  $N$  empresas produzindo  $m$  quantidades de produtos  $y$  a partir de  $n$  quantidades de insumos  $x$ . Uma empresa  $K$  qualquer produz  $y_{rk}$  quantidades de produtos com a utilização de  $x_{ik}$  quantidades de insumos. O objetivo da DEA é encontrar o máximo indicador de eficiência  $h_k$  onde  $u_r$  é o peso específico a ser encontrado para um produto  $r$  e  $v_i$  e o peso específico de cada insumo  $i$ .

$$\text{Maximizar } h_k = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk}, \quad (1)$$

Sujeito à:

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} \leq 0 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n v_i x_{ik} = 1 \quad (3)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad (4)$$

onde,

$h_k$  = eficiência relativa da  $k$  – ésima DMU

$n$  = quantidade de DMUs que estão sendo comparadas

$m$  = quantidade de entradas

$a$  = quantidade de saídas

$u_r$  = peso das saídas  $r$

$v_i$  = peso das entradas  $i$

$y_r$  = quantidade de produto  $r$

$x_i$  = quantidade de insumo  $i$

$r = 1, \dots, m; \quad i = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, N$

2. O Modelo BCC: criado por **B**anker, **C**harnes e **C**opper em 1984, o modelo permite retornos variáveis de escala e é representado graficamente por uma fronteira linear convexa (CULLINANE E WANG, 2006). A principal diferença em relação ao modelo anterior (CCR), é a proposta de inclusão de uma variável de retorno como melhoria ao CCR (WU E GOH, 2010), sendo que o objetivo principal do modelo BCC é diferenciar as ineficiências técnicas e de escala (MONTEIRO, 2014).

A formulação matemática para o modelo BCC é apresentado a seguir, conforme apresentado por Pimentel e Casa Nova (2005):

$$\text{Maximizar } \sum_{r=1}^m u_r y_{rk} - u_k, \quad (5)$$

Sujeito à:

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} - u_k \leq 0 \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n v_i x_{ik} = 1 \quad (7)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad (8)$$

onde,

$y_r =$  quantidade de produto  $r$

$x_i =$  quantidade de insumo  $i$

$u_r, v_i =$  pesos

$r = 1, \dots, m; \quad i = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, N$

Para realizar uma modelagem utilizando a DEA, é necessário seguir três etapas básicas (MEZA, 1998):

### 1. Definição e seleção de DMUs

A definição das DMUs é o primeiro passo para implementação da Análise Envoltória de Dados. As DMUs são as unidades operacionais em análise, podendo ser empresas, universidades, agências bancárias, etc (PIMENTEL E CASA NOVA, 2005).

Segundo Bezerra (2010), ao selecionar um conjunto de DMUs, é preciso garantir que todas possuam as mesmas entradas e saídas, sendo que a intensidade dos *inputs* e *outputs* pode vir a variar (ou seja, as DMUs devem ser homogêneas). Ainda para o autor, o conjunto de DMUs deve realizar as mesmas tarefas, possuindo os mesmos objetivos.

Yuen, Zhang e Cheung (2013) consideraram 21 dos maiores terminais de contêineres da China como DMUs em seu estudo. Para Alfonso, Daraio e Nastasi (2015), as DMUs selecionadas foram 34 aeroportos italianos.

### 2. Seleção de variáveis

A DEA pode possuir múltiplas entradas e saídas para calcular a eficiência de uma unidade de decisão (TONGZON, 2001). Segundo Yuen, Zhang e Cheung (2013), para determinar a pontuação de acordo com a DEA a fim de analisar a eficiência portuária, deve-se identificar quais são as saídas produzidas por um porto/terminal portuário e, então, estabelecer quais as entradas utilizadas para a geração de tais *outputs*. Essa é a chamada “seleção de variáveis”, que é necessária, pois as variáveis serão a base por meio da qual a eficiência será mensurada (BARROS, 2006). O autor afirma que é preferível que a quantidade de entradas selecionadas seja igual ou maior à quantidade de saídas.

Para Alfonso, Daraio e Nastasi (2015), as DMUs são responsáveis por transformar as entradas (insumos) em saídas (produtos os serviços); entretanto, fatores externos ou ambientais podem influenciar esse processo. Tratando-se de portos, fatores climáticos podem vir a impactar na quantidade de cargas movimentadas, por exemplo, ou no atendimento realizado aos navios.

Alfonso, Daraio e Nastasi (2015), ao analisarem a eficiência de aeroportos utilizaram como entrada custos com mão de obra, custos operacionais, área total dos aeroportos, capital investido; como saída, foram analisados quantidade de passageiros, quantidade de voos, quantidade de aeronaves. Para Wu e Goh (2010), os *inputs* considerados mais apropriados para o estudo portuário são a quantidade de colaboradores, investimentos em equipamentos e em infraestrutura; e, como *outputs*, nível de atendimento, quantidade de passageiros, nível de movimentação de embarcações, entre outros.

O Quadro 4 sumariza alguns desses estudos, indicando as entradas, saídas e DMU utilizadas em cada um dos casos.

**Quadro 4 – Resumo de abordagens DEA em análise de eficiência portuária**

<b>Referência</b>	<b>Entradas</b>	<b>Saídas</b>	<b>DMU</b>
Barros e Athanassiou (2004)	Nº de colaboradores; valor contábil dos ativos.	Nº de navios atendidos; Nº de contêineres manipulados; movimentação de frete.	6 portos
Barros (2006)	Custos operacionais; Nº de colaboradores; capital investido.	Granéis líquidos; granéis secos; Nº de navios; Nº de passageiros; vendas.	24 portos em um período de 2 anos
Lin and Tseng (2007)	Área do terminal; comprimento do terminal de contêineres; Nº de píeres <i>deep-water</i>	Nº de navios movimentados; Taxa de movimentação de contêineres	10 terminais de contêiner
Tongzon (2001)	Nº de berços; Nº de guindastes; Nº de rebocadores; área total do terminal; tempo de espera	Taxa de movimentação de contêineres; movimentação de contêineres por hora	16 portos de contêiner

Fonte: Adaptado de Lozano, Villa e Canca (2011)

Para definir quais variáveis de entrada e saída irão compor o modelo matemático, é necessário analisar o cenário portuário atual em estudo, garantindo que os *inputs* e

*outputs* estejam relacionados às DMUs. No Quadro 4 podemos perceber que alguns itens se repetem entre os estudos (por exemplo, Nº de navios atendidos como *output*); é justificada a escolha de item, uma vez que o impacto é direto ao se estudar um porto, porém, não é necessário que esse item seja, de fato, estudado.

### 3. Escolha e aplicação do modelo

A escolha de qual modelo de DEA será aplicado deve ser realizado com base nos resultados esperados. De acordo com Bezerra (2010), o modelo CCR deve ser utilizado quando se desejam apresentar retornos constantes de escala, ou seja, as nuances nas variáveis de entrada são refletidas proporcionalmente nas variáveis de saída. Já o modelo BCC é mais apropriado quando o resultado obtido apresenta retornos variáveis de escala.

Conforme Pjevčević *et al* (2012), um dos melhores meios de mensurar-se a performance de um porto é analisando sua eficiência e, um dos melhores meios para mensurar a sua eficiência é a utilização do método DEA. Nos últimos anos, diversos estudos foram realizados com foco em mensurar e analisar a eficiência portuária, baseando-se na DEA (CULLINANE E WANG, 2006).

Para Figueiredo de Oliveira e Cariou (2015), o DEA, ao ser aplicado a portos, avalia a eficiência portuária, em termos de mensurar a habilidade de um porto (ou terminal), dado um número ótimo de entradas combinado a um número de saídas. Esse método é adequado para verificar-se a eficiência, já que os portos produzem diferentes quantidades de saídas (TONGZON, 2001), como o número e variedade de cargas movimentadas, tipos de navios atendidos, serviços adicionais prestados como armazenagem, entre outros (ROLL E HAYUTH, 1993).

Na literatura, há diversas vantagens para a aplicação da Análise Envoltória de Dados no estudo da eficiência portuária, destacando-se as seguintes:

- É um modelo objetivo de análise de eficiência (WU E GOH, 2010);

- O DEA faz com que o processo de *benchmarking* seja mais simples e realista, pois permite a comparação e identificação da eficiência entre portos (por exemplo), ao invés de simplesmente apontar o mais eficiente (TONGZON, 2001);
- Não exige uma determinação explícita *a priori* das relações entre as entradas e saídas, nem a definição de pesos para as variáveis (WU E GOH, 2010);
- O método é capaz de manipular múltiplas entradas e saídas expressas em unidades de medida distintas (BARROS, 2006); e
- Por ser um método não-paramétrico, não necessita que seja realizada uma pré-determinada formulação funcional, uma vez que técnicas de programação linear estimam a fronteira de eficiência (BICHOU, 2007).

De acordo com as vantagens apresentadas, entende-se que a Análise Envoltória de Dados é uma metodologia condizente com os objetivos esperados desse trabalho e sua utilização – ao invés de outras conhecidas pela literatura -, é apropriada para o estudo.

### 3 METODOLOGIA

Para o presente trabalho, será utilizado o método de pesquisa indutivo, considerando-se que as premissas obtidas para seu desenvolvimento são generalizadas, e uma abordagem quantitativa e qualitativa.

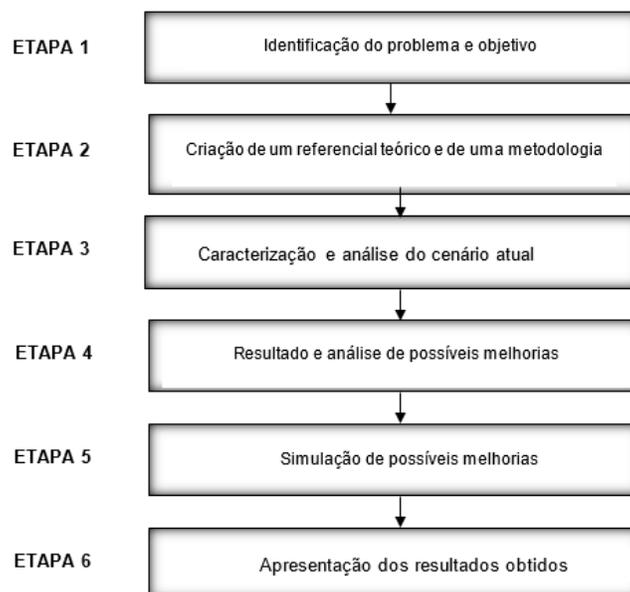
A escolha desse tipo de abordagem é justificada pelos dados a serem retirados de Relatórios Anuais do Porto de Paranaguá, relatórios da Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina, boletins divulgados pela ANTAQ e mediante entrevistas a com especialistas do porto, conduzidas em visitas técnicas *in loco*.

Pode-se, ainda, classificar este trabalho como uma pesquisa aplicada, porque haverá aplicação do conhecimento por meio de simulações dos resultados obtidos.

O objeto de estudo é o porto de Paranaguá. Com uma área total de 2.350.000 m<sup>2</sup>, o porto de Paranaguá é o maior porto movimentador de grãos na América Latina (PROJETO BENIN, 2014). Segundo dados da APPA, a capacidade estática para movimentação de grãos do porto é de 1.550.000 toneladas, sendo que a cada hora podem ser realizados o embarque de 13,3 mil toneladas.

A metodologia deste trabalho é composta por seis etapas apresentadas abaixo.

**Figura 5 – Fluxograma das etapas da metodologia**



**Fonte: Autoria própria (2015)**

Cada uma das etapas apresentadas na Figura 5 é descrita a seguir, sendo levado em conta o que será realizado em cada uma das fases.

a. Etapa 1: Identificação do problema e objetivo

Para identificação do problema, considerou-se a análise de documentos oficiais publicados pela APPA e ANTAQ, dados de movimentação de cargas de outros portos mundiais, além de conhecimentos prévios a respeito da situação portuária brasileira.

Tendo sido observada a importância estratégica e de desenvolvimento que um porto estruturado possibilita ao país, foi definido o objetivo do trabalho.

b. Etapa 2: Criação de um referencial teórico e de uma metodologia

O referencial teórico é a base para o desenvolvimento das demais partes do presente trabalho. A partir desse referencial é possível entender o que pesquisadores em diversas partes do mundo estão estudando a respeito de um tema em específico, possibilitando o correto direcionamento para o atual estudo que está sendo desenvolvido.

A criação do referencial teórico apresentado no segundo capítulo deste trabalho foi realizada mediante busca e consolidação de artigos científicos em bases como *Science Direct*, *Web of Science*, *Scopus*, dentre outras. Foram levados em consideração o ano de publicação (2010 a 2016), o meio de publicação (preferência para artigos publicados em revistas classificadas como A1, A2 e B1) e o fator de impacto segundo o *Journal of Citation Reports* (JCR) – considerando apenas as referências que possuem JCR acima de 1,5. Foram também analisadas teses e algumas dissertações de universidades brasileiras como material complementar. O tipo de pesquisa utilizado nesse item, portanto, pode ser considerado como bibliográfica.

Para definição da metodologia, foi realizado um planejamento no qual foram elencadas todas as informações que seriam necessárias para o desenvolvimento do trabalho e atingimento do resultado final, seguindo uma

sequência lógica. Foram também realizadas diversas buscas e comparações entre possíveis métodos que satisfizessem o objetivo do trabalho.

c. Etapa 3: Caracterização e análise do cenário atual

O cenário atual a ser considerado nesse trabalho foi caracterizado com base em visitas técnica ao Porto de Paranaguá e entrevistas com colaboradores do porto. A coleta de informações *in loco* será realizada no início do ano de 2016.

Para a determinação das DMUs e variáveis de entrada e saída a serem consideradas no trabalho, serão utilizados relatórios como o Plano Mestre do Porto de Paranaguá, boletins trimestrais divulgados pela ANTAQ, relatórios anuais da Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina, entre outros, para facilitar a obtenção de uma visão sistêmica a respeito das atividades desenvolvidas atualmente no porto.

Com as DMUs e variáveis já determinadas, será procedida uma análise do cenário atual, utilizando-se a Análise Envoltória de Dados no software de programação matemática LINGO 14.0.

A seleção do método é justificada por permitir que sejam utilizados *inputs* e *outputs* de qualquer razão, contanto que sejam comuns entre as DMUs em análise. É um método não-paramétrico, ou seja, não são necessárias suposições estatísticas para manipulação dos dados, permitindo como resultado a comparação entre as DMUs em análise.

As possíveis variáveis a serem consideradas nesse trabalho são:

- Entradas: quantidade de funcionários, quantidade de berços em operação, quantidade de *ship loaders* atualmente disponíveis e operáveis, quantidade de esteiras, quantidade de pás, tempo de espera para atendimento dos navios, custo com mão de obra portuária;
- Saídas: quantidade de carga movimentada a granel por unidade de tempo, quantidade de navios atendidos por unidade de tempo, nível de atendimento; lucro portuário com relação à movimentação de cargas.

d. Etapa 4: Resultado e análise de possíveis melhorias

Com base no indicador de eficiência portuária obtido na etapa 3, serão realizadas análises quantitativas e qualitativas que possibilitem possíveis melhorias do fator encontrado, para otimizar a atividade portuária.

As possíveis melhorias encontradas serão elencadas e utilizadas como base para execução da próxima etapa.

e. Etapa 5: Simulação de possíveis melhorias

A simulação das possíveis melhorias identificadas na etapa anterior será realizada com auxílio novamente da Análise Envoltória de Dados, por meio do software LINGO 14.0.

Será feita comparação do indicador de eficiência do estado atual, com o novo indicador – referenciado como “estado futuro”. As variáveis utilizadas no cenário atual estão sujeitas a modificações em grau e intensidade.

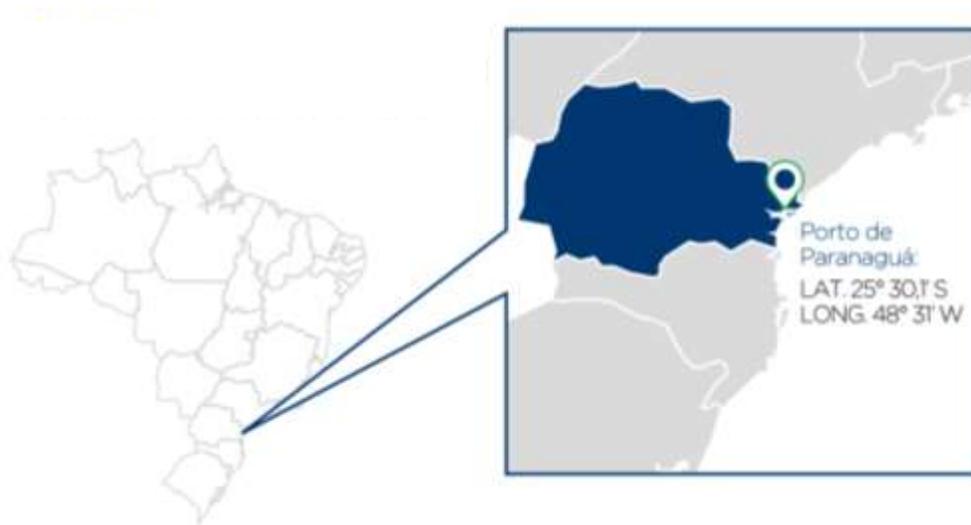
f. Etapa 6: Apresentação dos resultados obtidos

A última etapa consiste na apresentação de possíveis melhorias para do cenário apresentado, obtidas na etapa 5.

#### 4 CARACTERIZAÇÃO DO CENÁRIO

O porto de Paranaguá está localizado no município de Paranaguá (PR), na margem sul da Baía de Paranaguá. Sua construção foi iniciada em 24 de novembro de 1926, e a sua inauguração se deu a 17 de março de 1935, sendo atualmente o segundo maior porto do Brasil em movimentação de cargas (<sup>4</sup>BRASIL, 2016).

**Figura 6 – Localização do porto de Paranaguá**



**Fonte: <sup>4</sup>Brasil (2016)**

A capacidade de armazenagem do porto entre cargas a granel sólida, líquida, cargas em geral estão assim distribuídas (<sup>4</sup>BRASIL, 2016):

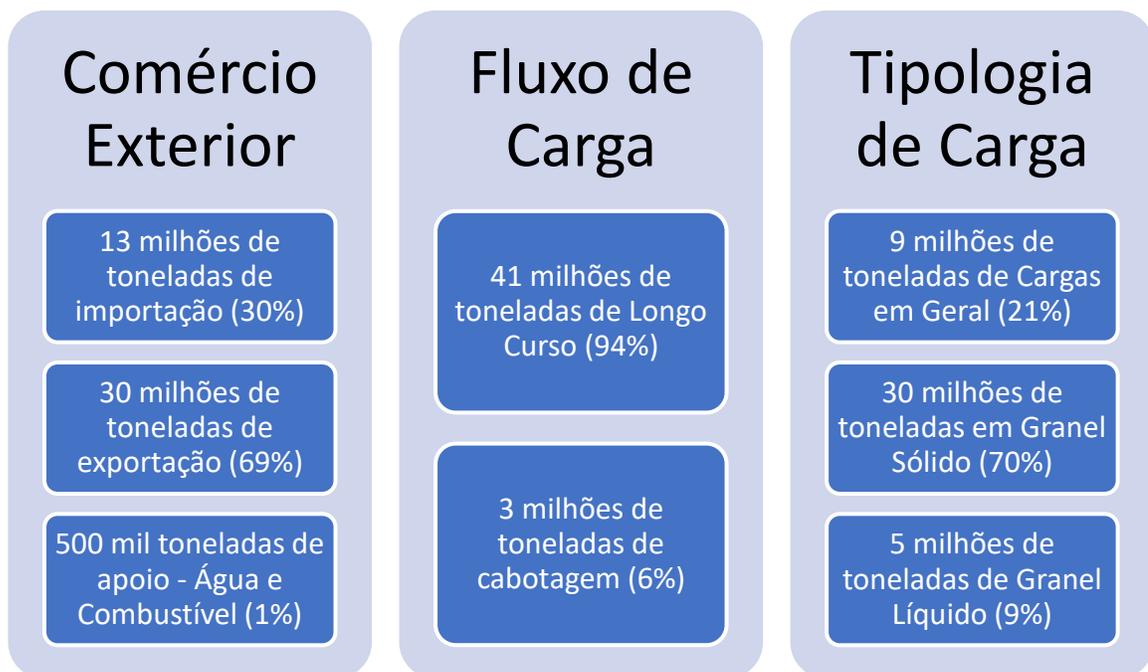
- 1,5 milhão de toneladas de granéis sólidos para importação (contando com o armazém de retaguarda);
- 3 milhões de toneladas de granéis sólidos para exportação;
- 974 mil m<sup>3</sup> de granéis líquidos;
- 19 armazéns;
- 63 mil m<sup>2</sup> de área construída ou capacidade de 374.144 m<sup>3</sup> de volume armazenado;

- 91 mil m<sup>3</sup> de pátios para armazenamento e movimentação de mercadorias, veículos, contêineres e outros usos; e
- 60 mil contêineres movimentados (em TEUs) anualmente.

No ano de 2015, o porto de Paranaguá movimentou um total de 44 milhões de toneladas e caracteriza-se por ser um porto exportador, que opera com embarcações de longo curso e predomina a movimentação de cargas a granel sólidas (4BRASIL, 2016).

A Figura 7 apresenta dados relevantes em relação às operações realizadas pelo porto de Paranaguá.

**Figura 7 – Aspectos operacionais do ano de 2016**



**Fonte: 4Brasil (2016)**

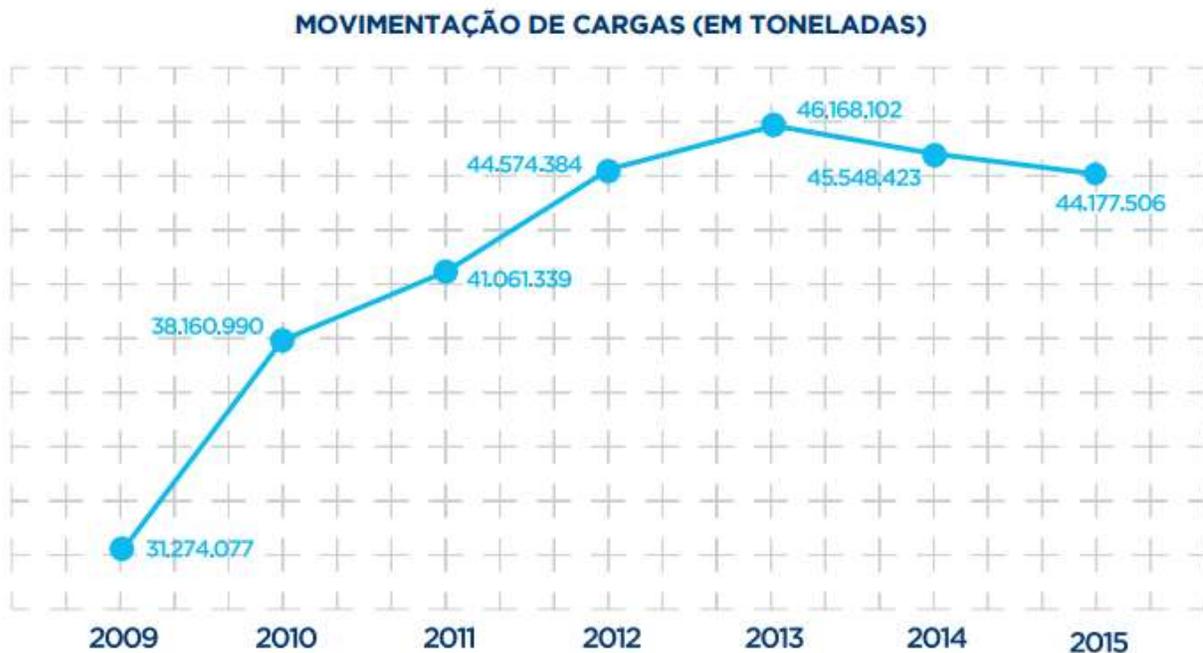
A importação total de mercadorias em 2015 pelo porto foi de 13,8 milhões de toneladas, sendo que no período de 2010 a 2014, a importação de fertilizantes cresceu em 41,7% (4BRASIL, 2016). Entre as principais mercadorias importadas em relação ao volume físico (em toneladas) além de fertilizantes, podemos destacar: produtos químicos orgânicos, combustíveis e óleos minerais, cereais, plásticos e suas obras, veículos automóveis, tratores, componentes automobilísticos, reatores nucleares, caldeiras, entre outros.

Em relação à quantidade exportada pelo porto (representando 69% de todo o comércio exterior realizado), destacam-se: sementes e frutos oleaginosos, grãos, alimentos preparados para animais, açúcares e produtos de confeitaria, cereais, carnes, gorduras e óleos animais e vegetais, madeira, etc.

Analisando a tipologia de carga, observamos que os granéis sólidos possuem maior relevância no ano de 2015, representando 70% de toda movimentação realizada no porto de Paranaguá – condizente com a escolha de pesquisa do presente trabalho, seguido pela movimentação de granéis líquidos. Entende-se por granéis sólidos: soja, milho, sorgo, trigo, açúcar, farelos, etc. Está inserido no grupo de granéis líquidos: óleo comestível cru, semi refinado e refinado, além de produtos da indústria petrolífera.

A evolução da movimentação de cargas entre os anos de 2009 a 2015, em tonelada, pode ser verificada na Figura 8.

**Figura 8 – Movimentação de cargas – 2009 a 2015**



Fonte: <sup>4</sup>Brasil (2016)

Segundo informações de <sup>4</sup>Brasil (2016), entre os anos de 2009 a 2015 a movimentação de cargas evoluiu 41,3% no porto de Paranaguá (representando

aproximadamente 11 milhões de toneladas a mais). No período, as movimentações de cargas a granel sólidas de longo curso merecem destaque: houve um aumento de 49%, passando de 28 para 41 milhões de toneladas transportadas (<sup>4</sup>BRASIL, 2016).

Nos anos de 2014 e 2015 o porto apresentou um ligeiro declínio na movimentação de cargas, devido à desaceleração da economia do país (<sup>4</sup>BRASIL, 2016), o que não pode ser notado na movimentação de contêineres. A Tabela 4 mostra a evolução da movimentação no período mencionado.

**Tabela 4 – Ranking de movimentação de TEUs**

PORTO	UF	2010	2011	2012	2013	2014	2015
SANTOS	SP	2.715.568	2.985.417	2.961.426	3.193.632	3.040.231	3.027.169
PARANAGUÁ E ANTONINA	PR	501.766	681.678	743.830	730.723	757.319	782.346
RIO GRANDE	RS	647.266	618.039	611.151	626.097	678.882	726.785
PORTONAVE	SC	424.229	581.493	618.434	673.139	676.675	662.590
EMBRAPORT	SP	-	-	-	194.098	529.869	618.234
PORTO ITAPOÁ	SC	-	39.544	270.415	465.323	465.665	501.523
CHIBATÃO	AM	158.024	156.507	275.887	367.920	471.753	450.544
SUAPE	PE	324.191	417.666	393.452	395.636	418.043	398.166
ITAJAÍ	SC	384.950	438.752	385.195	402.264	371.358	323.565
RIO DE JANEIRO	RJ	315.489	415.445	460.493	478.824	413.644	297.991
<b>Total dos 10 Portos</b>		<b>5.471.483</b>	<b>6.334.541</b>	<b>6.720.283</b>	<b>7.527.656</b>	<b>7.823.439</b>	<b>7.788.913</b>
<b>Total Outros Portos</b>		<b>1.314.352</b>	<b>1.570.469</b>	<b>1.498.495</b>	<b>1.467.083</b>	<b>1.492.552</b>	<b>1.310.129</b>
<b>Total Geral</b>		<b>6.785.835</b>	<b>7.905.010</b>	<b>8.218.778</b>	<b>8.994.739</b>	<b>9.315.991</b>	<b>9.099.042</b>

**Fonte:** <sup>4</sup>Brasil (2016)

O porto de Santos é o líder em movimentação de contêineres no Brasil, seguido pelos portos de Paranaguá e Antonina. No período de 2010 a 2015 houve uma evolução de 55,9% em número de unidades movimentadas no Paraná - no mesmo período, o Brasil como um todo evoluiu 34,1%. Os portos do Paraná representam 8,6% do total de TEUs movimentados no país (<sup>4</sup>BRASIL, 2016).

Conforme já apresentado, é necessário seguir três etapas básicas para aplicação da metodologia DEA (MEZA, 1998). As três fases são discutidas a seguir, levando em consideração o cenário a ser considerado do porto de Paranaguá.

#### 4.1 DEFINIÇÃO E SELEÇÃO DE DMUs

Para o presente trabalho, foram levantados todos os berços que movimentam cargas no porto de Paranaguá, com intuito de identificar as melhores DMUs. A Figura 9 apresenta as tipologias de cargas movimentadas no porto e quais berços são destinados a cada um desses fins.

Figura 9 – Instalações do porto, segundo tipologia de carga



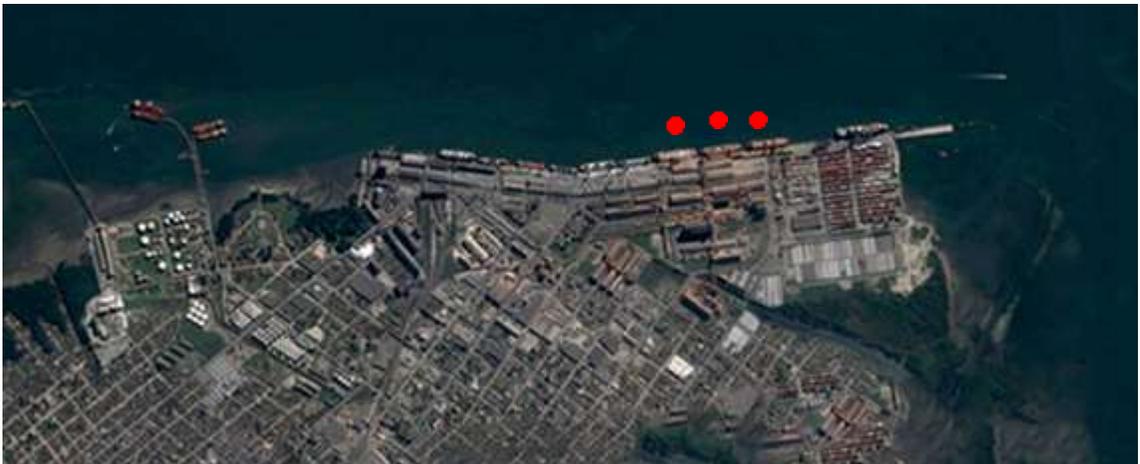
Fonte: <sup>4</sup>Brasil (2016)

A Figura 9 apresenta quais os berços em atuação no porto de Paranaguá são dedicados à movimentação de quais tipos de cargas, sendo que alguns deles são operados exclusivamente por empresas privadas.

Uma vez que o trabalho busca analisar a eficiência de movimentação de granéis sólidos dedicados à exportação, foram selecionados como DMUs os três berços que compõem o COREX do porto de Paranaguá. Analisando a Figura 9, portanto, podemos identificar que os berços selecionados são: 212, 213 e 214.

A Figura 10 apresenta uma imagem aérea do porto de Paranaguá, onde conseguimos visualizar a disposição geral do porto - a localização dos berços que compõem o COREX está destacada.

**Figura 10 – Mapa geral do porto de Paranaguá**



Fonte: <sup>5</sup>Brasil (2016)

O COREX do porto de Paranaguá é uma importante parte de todo o complexo de granéis sólidos. Dentre os produtos mais exportados, os classificados como agrícolas e seus subprodutos ocupam a maior fatia de granéis sólidos, seguido por fertilizantes.

Dentre os principais navios que atracaram nos berços que compõe o COREX do porto de Paranaguá no ano de 2015, apenas cinco bandeiras representam 53% das diferentes nacionalidades (<sup>4</sup>BRASIL, 2016). São eles: Panamá (16%), Libéria (15%), Hong Kong (9%), Malta (7%) e Singapura (6%).

Composto por um conglomerado de silos horizontais e verticais, o COREX é subdividido em quatro grandes grupos, sendo que o principal é o complexo graneleiro da APPA (APPA, 2016). Tal complexo é responsável pela armazenagem de grãos sólidos a partir dos fornecedores, até o momento destinado ao carregamento nos porões dos navios destinados. Os três outros grupos são formados por outros terminais (arrendados e privados), possuindo conexão direta aos berços de atracação.

Localizado no lado leste do porto, próximo ao Terminal de Contêineres de Paranaguá (TCP), a capacidade de escoamento diário do COREX é de 100 mil toneladas, sendo que o porto possui uma capacidade estática de armazenagem de 985 mil toneladas (6BRASIL, 2016). A Figura 11 apresenta uma vista mais aproximada dos berços que compõem o COREX.

**Figura 11 – Corredor de exportação do porto de Paranaguá**



Fonte: 5Brasil (2016)

Os berços 212, 213 e 214 possuem comprimentos totais de 251m, 256m e 280m, respectivamente. O berço 214, entretanto, possui 90m sendo ocupados pelo berço mais próximo do TCP, o que inativa sua utilização completa quando há navios muito grandes de contêineres atracados. A profundidade de todos é a mesma: 12,7m (6BRASIL, 2012).

Analisando os *ship loaders* disponíveis para carregamento, é possível que navios de maior porte sejam abastecidos no porto de Paranaguá. Entretanto, para que o porto

dê início a operações de carregamentos em navios de maior porte, é necessário que infraestrutura seja modernizada, eliminando riscos de encalhamento de navios devido à profundidade do calado dos navios, por exemplo.

## 4.2 SELEÇÃO DE VARIÁVEIS

A segunda etapa necessária para aplicação da metodologia DEA é a escolha das variáveis a serem utilizadas, devidamente separadas em *inputs* e *outputs*.

### 4.2.1 Entradas

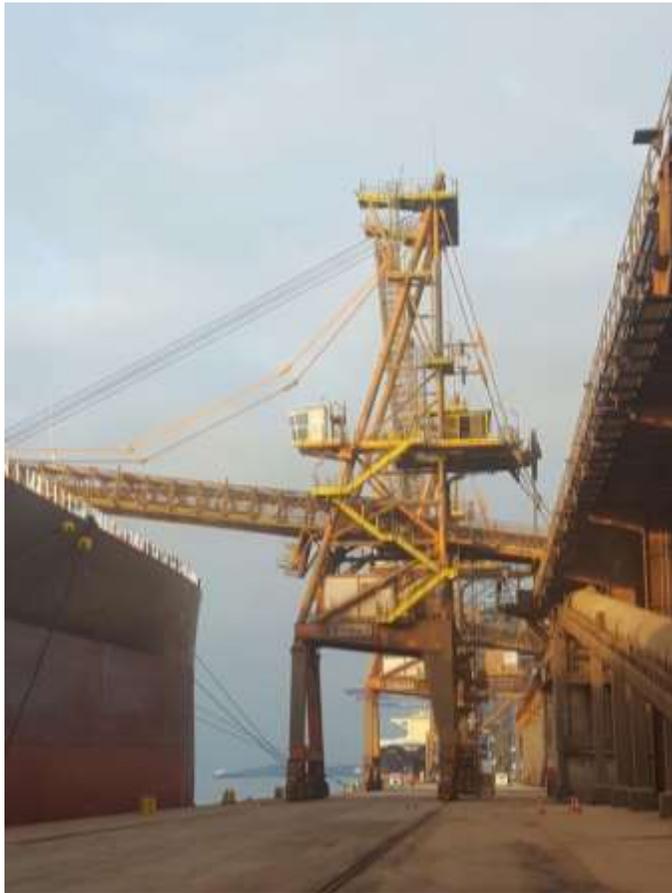
Entende-se por *input* as entradas necessárias para um sistema operar (CHIAVENATO, 2003). Neste trabalho, as entradas analisadas foram obtidas por meio de estudos de documentações disponíveis a respeito do porto de Paranaguá, bem como entrevistas presenciais com o responsável da área financeira do porto.

Com intuito de analisar a eficiência da movimentação de carga a granel sólida do COREX, foram levantadas as seguintes entradas a serem estudadas: quantidade de *ship loaders* em operação, capacidade média de movimentação por *ship loader*, custo com mão de obra portuária, tempo médio de espera dos navios para atendimento e capital investido em modernização.

A primeira entrada estudada se refere aos *ship loaders* em operação e a capacidade de movimentação de cada um deles em um determinado período de tempo.

Analisando o carregamento de um navio, a função principal de tais equipamentos é a de depositar os grânéis nos porões dos navios. Ao todo, temos 6 *ship loaders* em operação atualmente no COREX do porto de Paranaguá, sendo que o atendimento deles é exclusivo para berços determinados, ou seja, os *ship loaders* do berço 213 não operam o berço 212.

**Figura 12 – *Ship loader* em operação no berço 213 do COREX**



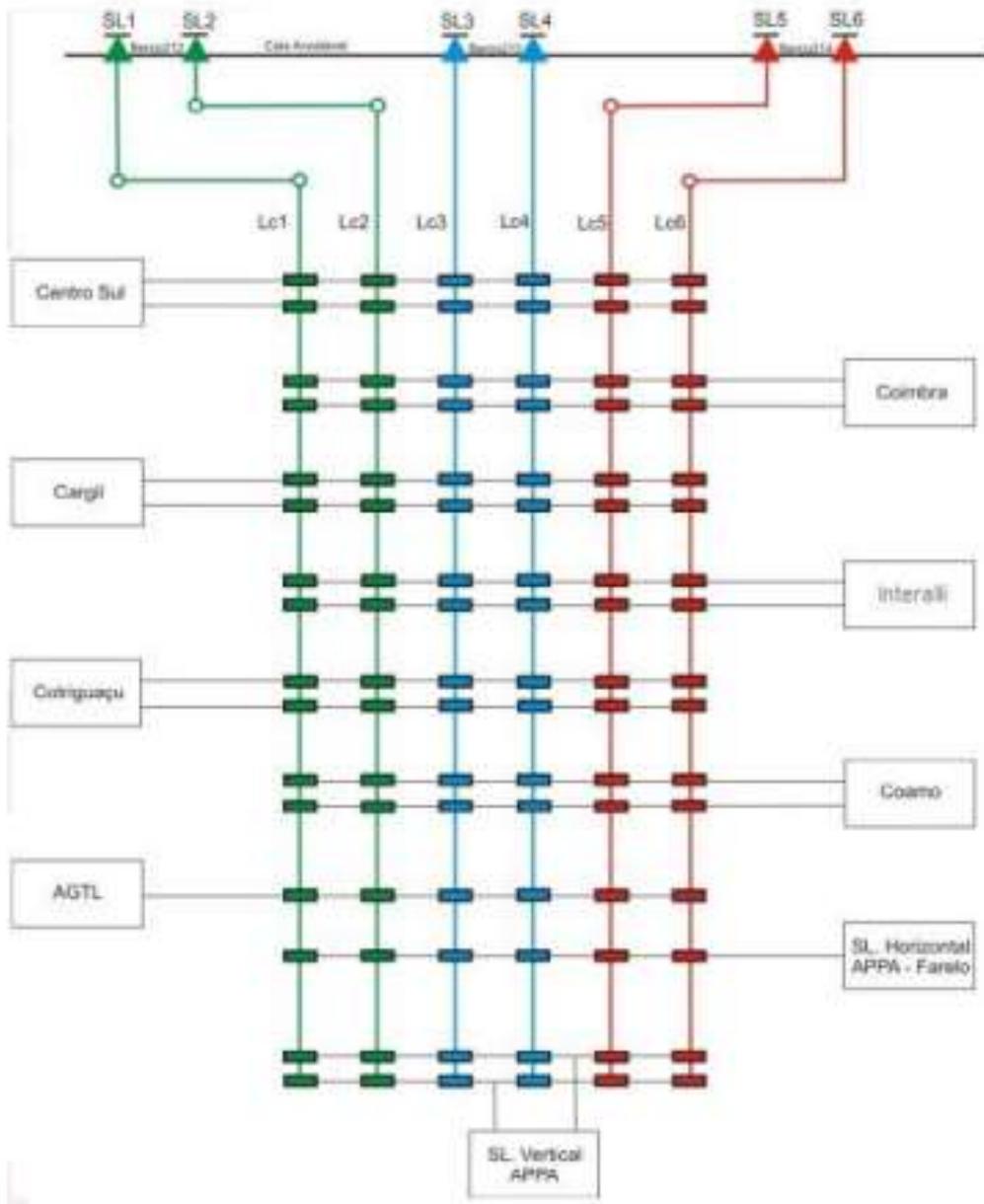
**Fonte: A autoria própria**

Além dos *ship loaders*, o COREX é composto por quatro moegas (equipamentos destinados à dosagem de materiais) e uma elevada extensão de esteiras que auxiliam nas operações do COREX. Tais equipamentos também são operados por colaboradores treinados e qualificados para garantir a correta operação.

A interligação por meio de esteiras dos terminais até os *ship loaders* possibilita que dois produtos estejam em operação ao mesmo tempo em um mesmo navio. Dessa maneira, o tempo de carregamento de um navio é minimizado, uma vez que haveria a necessidade de realização de uma limpeza nos equipamentos com intuito de evitar possíveis contaminações de produtos, caso fosse utilizado a mesma esteira e *ship loader* na operação.

A Figura 13 apresenta um diagrama representando a interligação.

Figura 13 – Diagrama genérico do complexo Corredor de Exportação



Fonte: <sup>7</sup>Brasil (2012)

Na parte superior da figura pode ser observado os três berços e os seis *ship loaders* que fazem parte do COREX, denominados SL1 e SL2 (berço 212), SL3 e SL4 (berço 213), SL5 e SL6 (berço 214). As esteiras que interligam os terminais aos equipamentos de movimentação podem ser observadas com a denominação de Lc1,

Lc2, Lc3, Lc4, Lc5 e Lc6 na figura, sendo que os terminais estão apresentados dos lados direito e esquerdo.

Podemos observar que todos os berços possuem ligações com os terminais destinados à armazenagem de grão para exportação, otimizando o tempo de descarga e garantindo a eficiência da operação. Um exemplo de carregamento simultâneo em um navio pode ser observado na Figura 14.

**Figura 14 – Carregamento simultâneo por dois *ship loaders***



**Fonte:** <sup>7</sup>Brasil (2012)

A Figura 14 apresenta os dois *ship loaders* do berço 213 do COREX em operação ao mesmo tempo. Isso é possível devido às ligações entre os terminais, permitindo que um mesmo navio possa ser abastecido ao mesmo tempo com dois produtos diferentes, proveniente de terminais distintos. A determinação de qual terminal será engatado às esteiras é realizada por meio de um sistema da APPA, após prévia reunião e liberação dos navios.

Algumas especificações a respeito dos terminais estão apresentadas na Tabela 5, incluindo a situação, capacidade das esteiras e capacidade de armazenagem individual.

Tabela 5 – Especificações de alguns dos terminais conectados ao COREX

Terminal	Situação	Qnt esteiras	Capacidade das Esteiras	Capacidade de Armazenagem
APPA – Silos Horizontais	Público	2	1.500 ton/h	60 mil ton
APPA – Silo Vertical	Público	2	1.500 ton/h	100 mil ton
AGTL	Arrendado	2	1.500 ton/h	150 mil ton
Cargill	Arrendado	2	1.500 ton/h	115 mil ton
Interalli	Arrendado	2	1.500 ton/h	110 mil ton
Cotriguaçu	Arrendado	2	1.500 ton/h	150 mil ton
Coinbra	Arrendado	2	1.500 ton/h	108 mil ton
COAMO	Arrendado	2	1.500 ton/h	125mil ton
Centro Sul	Arrendado	2	1.500 ton/h	70 mil ton

Fonte: <sup>7</sup>Brasil (2012)

Os dois terminais públicos são de responsabilidade da APPA e a decisão de quais grãos podem ser armazenados é realizada com base no produto que já existe nos silos, na quantidade disponível para armazenagem e sua origem. Os demais terminais são privados e de responsabilidade das empresas que os arrentaram.

Uma vez que o navio está liberado para atracação, o produto de acordo com as especificações de carregamento e o berço já determinado, a operação é autorizada. A atividade de carregamento dos porões dos navios será de acordo com a capacidade de operação de cada *ship loader* que, por sua vez, varia com base na modernidade de cada equipamento.

A Tabela 6 apresenta as especificações de cada um dos equipamentos.

Tabela 6 – Especificação dos *ship loaders* em operação no COREX

Tipo de <i>Ship loader</i>	Qtde	Berços	Instalação (ano)	Capacidade (ton/hora)
Carregador de Granel	1	212	1984	1.500 ton
Carregador de Granel	1	212	1985	1.500 ton
Carregador de Granel	1	213	2015	2.000 ton
Carregador de Granel	1	213	2015	2.000 ton
Carregador de Granel	1	214	1990	1.500 ton
Carregador de Granel	1	214	2015	2.000 ton

Fonte: <sup>7</sup>Brasil (2012)

Alguns dos *ship loaders* estão em operação há mais de trinta anos, limitando a capacidade de movimentação em 1.500 toneladas por hora. Como parte do plano de

modernização do porto, novos equipamentos foram adquiridos e instalados nos berços 213 e 214 – ainda está pendente a instalação de um dos novos *ship loaders* já comprados. Além de serem capazes de movimentarem uma quantidade maior de grãos no mesmo período de tempo, os novos *ship loaders* possibilitam que navios de maiores portes sejam carregados no porto, uma vez que possuem lanças maiores – dez metros a mais do que os equipamentos instalados nos anos 80 (<sup>1</sup>Brasil, 2015).

Ao todo, no ano de 2015 foram empregados aproximadamente R\$59,4 milhões na compra de novos *ship loaders* (aproximadamente R\$14,85 milhões por *ship loader*). Melhorias na infraestrutura em si dos berços giraram em torno de R\$10 milhões no mesmo ano, de acordo com informações de <sup>4</sup>Brasil (2016). Tais alterações incluem drenagem dos berços, reparos na estrutura e pinturas.

Para estimar o valor monetário destinado a cada um dos berços para determinar o *input* “capital investido em modernização”, foi levada em consideração a quantidade de *ship loaders* instalados e a instalar em cada um deles, os valores de cada equipamento e os dados informados pelo representante do porto durante entrevista.

Outra entrada a ser considerada para aplicação do DEA nesse projeto se refere à mão de obra portuária utilizada. Atualmente, o porto de Paranaguá possui cerca de 500 funcionários próprios, além de 4.000 Trabalhadores Portuários Avulsos (<sup>8</sup>BRASIL, 2016). A contratação dos funcionários próprios é realizada com base em resultados de concursos públicos, abertos regularmente e de acordo com a necessidade portuária pelo Governo do Estado.

Alguns dos cargos que operam diretamente nos berços do porto são:

- Assistente de Expedição: responsável por atendimento e orientação aos motoristas; conferência da balança rodoviária para pesagem de caminhões.
  - Escolaridade requerida: 2º grau completo.
  - Média salarial: R\$1.600,00.
  - Quantidade de funcionários atualmente: 3.

- Amarrador de Navio: é o trabalhador portuário que faz amarração do navio no cais. É responsável por ajudar o tripulante jogar as cordas que serão amarradas nos cabeços.
  - Escolaridade requerida: 2º grau completo.
  - Média salarial: R\$1.700,00.
  - Quantidade de funcionários atualmente: 6.
  
- Conferente de Carga: responsável pela conferência de mercadorias e anotação de características, tais como: espécie, procedência ou destino, verificação de seu estado e assistência da pesagem.
  - Escolaridade requerida: 2º grau completo.
  - Média salarial: R\$1.700,00.
  - Quantidade de funcionários atualmente: 11.
  
- Operador de Ship Loaders: responsável pelo controle do *ship loader* por meio de um joystick posicionado na cabine do equipamento. É necessário ter habilidade de manuseio e conhecer todas as funções operacionais.
  - Escolaridade requerida: 3º grau completo.
  - Média salarial: R\$2.200,00
  - Quantidade de funcionários atualmente: 8.
  
- Operador de esteiras: responsável por garantir o correto funcionamento das esteiras que conectam os terminais aos *ship loaders*. Escolaridade requerida: 3º grau completo.
  - Escolaridade requerida: 3º grau completo
  - Média salarial: R\$2.100,00
  - Quantidade de funcionários atualmente: 4.

A quantidade de funcionários operando em cada um dos berços não é exata, uma vez que um mesmo operador pode vir a exercer suas atividades em mais de um posto durante o dia. Nenhum cargo aberto é limitado para apenas um dos berços e/ou terminais existentes no porto.

A determinação do custo anual empregado com mão de obra foi realizado com base na quantidade de pessoas empregadas em 2015 em cada uma das funções listadas acima (sendo de extrema importância para a execução das atividades dos COREX) levando em consideração o número de navios atendimento durante o ano em análise em cada um dos berços do COREX, de acordo com um funcionário portuário do setor Financeiro entrevistado.

O tempo médio de espera para atendimento de um navio é contado a partir do instante em que a embarcação anuncia sua chegada e disposição para adentrar o porto, até o momento em que recebe liberação para atracação no berço. De acordo com dados de <sup>2</sup>Brasil (2015), o tempo médio de espera no porto de Paranaguá para carregamentos de granéis sólidos no COREX é de dezesseis dias.

A tabela a seguir resume todas as entradas a serem consideradas para as operações dos berços 212, 213 e 214 do porto de Paranaguá, considerando como base informações referentes ao ano de 2015.

**Tabela 7 – Entradas para aplicação da metodologia DEA**

<b>Entradas</b>	<b>Berço 212</b>	<b>Berço 213</b>	<b>Berço 214</b>
1. Quantidade de <i>ship loaders</i> em operação (un)	2	2	2
2. Capacidade média de movimentação por <i>ship loader</i> (ton/hora)	1.500	2.000	1.750
3. Capital investido em modernização (R\$)	4,4 milhões	33,3 milhões	16,85 milhões
4. Custo anual com mão de obra direta (R\$)	195.000	123.800	173.200
5. Tempo médio de espera para atendimento (dias/navio)	18	14	15

**Fonte: Autoria própria**

Para aplicação da Análise Envoltória de Dados, é necessário que todas as DMUs possuam as mesmas variáveis, a título de possibilitar a comparação entre elas.

Analisando a Tabela 7 nota-se que tal exigência foi atendida ao determinar-se os *inputs* do modelo.

#### 4.2.2 Saídas

Os *outputs* a serem considerados para aplicação do DEA serão: quantidade de carga movimentada, quantidade de navios atendidos, receita cambial obtida pela movimentação de carga. Assim como nas entradas, os dados levantados e enquadrados como “saídas” são referentes ao período de 2015.

A primeira saída a ser analisada se refere à quantidade de carga sólida a granel movimentada por ano, em toneladas. Segundo <sup>4</sup>Brasil (2016), dos 31 milhões de toneladas exportadas em 2015 para 206 países em todo o porto, mais de 16 milhões foram embarcadas utilizando o COREX do porto de Paranaguá (o recorde havia sido atingido em 2012, com um volume total de 15,9 milhões de toneladas). No ano de 2016, os berços do COREX já bateram recorde de movimentação total, superando em 25% considerando a análise de janeiro a junho do ano passado (<sup>4</sup>BRASIL, 2016).

Com relação à quantidade de navios atendidos pelo COREX em 2015, em torno de 234 navios atracaram nos berços 212, 213 e 214 do porto de Paranaguá, segundo informações obtidas em entrevista com o responsável Financeiro do porto.

Entre todos os berços, o 213 foi o que recebeu o menor número de navios. Esse fato é justificado pelo fato do berço possuir capacidade de atendimento de navios de maiores portes, ao ser comparado com os demais berços em análise. Por sua vez, o berço 212 (apesar de possuir os equipamentos mais antigos em operação), recebeu o maior número de navios para carregamento; porém, ao analisar a saída “quantidade de carga movimentada”, pode ser observado que o 212 não é o melhor berço em quantidade de movimentação de carga.

Para determinação da receita obtida pela movimentação de carga no COREX, é considerado que uma tonelada de mercadoria movimentada no COREX gera uma

receita de, aproximadamente, US\$560,00 (valor informado durante entrevista com o Departamento Financeiro do porto).

A Tabela 8 resume os dados a serem utilizados como *output* para aplicação do modelo.

**Tabela 8 – Saídas para aplicação da metodologia DEA**

Saídas	Berço 212	Berço 213	Berço 214
1. Quantidade de carga movimentada (ton/ano)	3,84 milhões	6,68 milhões	5,47 milhões
2. Quantidade de navios atendidos por ano (un)	94	58	82
3. Receita obtida pela movimentação de carga (R\$/ano)	2,15 bilhões	3,74 bilhões	3,06 bilhões

Fonte: Autoria própria

Assim como para aplicação das entradas na metodologia DEA, é imprescindível que todas as DMUs possam ser descritas utilizando as mesmas variáveis – no caso, de saída. A Tabela 8 apresenta que essa exigência foi cumprida, sendo possível a aplicação e análise dos resultados do DEA.

#### 4.3 ESCOLHA DO MODELO

No tópico 2.4 foram apresentados os dois modelos mais utilizados para aplicação da Análise Envoltória de Dados, de acordo com Cullinane e Wang (2006): CCR e BCC.

O modelo escolhido para aplicação do DEA na análise de movimentação de carga a granel sólida no COREX do porto de Paranaguá foi o desenvolvido por Banker, Charnes e Copper em 1978: BCC.

A principal motivação pela escolha desse motivo é o fato de ser possível obter retornos variáveis de escala (MONTEIRO, 2014). Isso significa que um acréscimo no *input* pode vir a promover um acréscimo no *output*, não necessariamente proporcional, assim como pode vir a produzir um decréscimo ao executar o programa.

Ao contrário do BCC, o modelo CCR (também chamado de *Constant Return Scale*), assume retornos constantes de escala (BEZERRA, 2010), ou seja, pequenas alterações nas variáveis de entrada são refletidas proporcionalmente nas variáveis de saída. Analisando a eficiência de movimentação portuária, isso não é necessariamente verdade: a entrada “custo com mão de obra portuária” por vir a ser aumentada sem que a saída “quantidade de navios atendidos” seja, também, elevada.

Os seguintes motivos também justificam a utilização do modelo BCC:

- É baseado em programação linear (PL);
- É possível identificar a eficiência global e as fontes de ineficiências (MONTEIRO, 2014), possibilitando a elaboração de sugestões de melhoria; e
- Não se faz necessário a identificação das ineficiências técnicas e de escala antes da análise do resultado do modelo.

Com a escolha do modelo realizada, o próximo passo consiste em agrupar todos os dados obtidos e realizar a aplicação da Análise Envoltória de Dados, utilizando o software escolhido para esse trabalho.

## 5 APLICAÇÃO DO MODELO

Este capítulo apresenta a análise realizada considerando o cenário atual do COREX do porto de Paranaguá, bem como sugestões e simulação de possíveis melhorias que podem ser implementadas para melhoria do sistema.

### 5.1 ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL

O modelo BCC da DEA foi aplicado utilizando o software LINGO 14.0.

O programa deve ser executado de acordo com a quantidade de DMUs em análise (no caso, três vezes). Ao executar o programa, é esperado que seja retornado:

- A eficiência das DMUs, em porcentagem; e
- O peso atribuído para cada item considerado como entrada e saída na modelagem matemática, em uma escala de 0 a 1.

Entende-se como uma DMU eficiente àquela que possui um retorno igual a 100% ao executar o programa, sendo que 0% é o máximo que podemos obter como grau de ineficiência (não há eficiência negativa). A análise do peso dos *inputs* e *outputs* servirá como base para a tomada de decisão em relação às melhorias a serem propostas, sendo que os pesos mais próximos de 1 devem receber atenção especial por estarem representando o maior impacto para o resultado final da eficiência de cada DMU.

As Tabelas 9 e 10 apresentam os resultados obtidos com a modelagem BCC.

**Tabela 9 – Eficiência das DMUs e Pesos das Entradas**

DMUs	Eficiência	Pesos				
		Input 1 (v1)	Input 2 (v2)	Input 3 (v3)	Input 4 (v4)	Input 5 (v5)
Berço 212	<b>55,38%</b>	0,625	0,7333	0,596	0,3932	0,333
Berço 213	<b>83,21%</b>	0,125	0,095	0,159	0,253	0,333
Berço 214	<b>71,55%</b>	0,25	0,1717	0,245	0,3538	0,333
<b>MÉDIA</b>	<b>70,04%</b>					

Fonte: A autoria própria

Pela análise dos resultados obtidos pelo LINGO 14.0, constatamos que a eficiência média de movimentação de cargas a granel no COREX do porto de Paranaguá foi de 70%, no ano de 2015.

Podemos observar que a eficiência do berço 213 é maior do que os demais (83,21%). Esse fato é justificado principalmente por ser o único berço que possui dois novos *ship loaders* em operação, com capacidade superior. Uma vez que a capacidade de carregamento é maior, o tempo de espera para atendimento dos navios também é reduzido já que o ciclo de atendimento é mais rápido.

O berço 212 possui a menor eficiência considerando os *inputs* e *outputs* apresentados nesse trabalho: 55,38%. O maior impacto que contribuiu para esse resultado para o berço 212 foi o *input 2* (capacidade média de movimentação por *ship loader*).

O berço 214, por sua vez, apresentou eficiência igual a 71,55%, ocupando o segundo lugar em um ranking considerando a eficiência dos berços que compõe o COREX do porto de Paranaguá. Para que sua eficiência obtivesse um melhor resultado, a atuação deve ser feita principalmente nas entradas 4 e 5: custo anual com mão de obra direta e tempo médio de espera para atendimento, respectivamente.

A tabela a seguir apresenta os pesos resultantes dos *outputs*, segregados por unidade de decisão.

**Tabela 10 – Eficiência das DMUs e pesos das saídas**

DMUs	Pesos		
	<i>Output 1</i> (u1)	<i>Output 2</i> (u2)	<i>Output 3</i> (u3)
Berço 212	0,652	0,563	0,453
Berço 213	0,148	0,139	0,188
Berço 214	0,200	0,298	0,359

Fonte: Autoria própria

A Tabela 10 apresenta os resultados dos pesos de saída retornados pelo software, ao ser executado o modelo utilizando a Análise Envoltória de Dados. Para que

a eficiência do berço 212 aumente, devemos atuar principalmente no *output* 1 (quantidade de carga movimentada), por apresentar uma influência maior no resultado.

O mesmo é verdade para o berço 214. Para que sua eficiência de 71,55% seja aumentada, devemos focar na melhoria da saída 3, receita obtida pela movimentação de carga, que está diretamente relacionada com a saída 1.

A Tabela 11 apresenta um ranking entre os berços do COREX, considerando a eficiência de movimentação de carga a granel sólida.

**Tabela 11 – Ranking de eficiência de movimentação das DMUs**

<b>RANKING</b>	<b>EFICIÊNCIA DE MOVIMENTAÇÃO (%)</b>
<b>1. Berço 213</b>	83,21%
<b>2. Berço 214</b>	71,55%
<b>3. Berço 212</b>	55,38%

Fonte: Aatoria própria

No DEA, uma DMU é considerável eficiente apenas se não for possível melhorar de nenhuma maneira seus *inputs* ou *outputs* (BENAZIC, 2012).

Comparando os berços do COREX entre si, podemos realizar um ranking entre eles – conforme apresentado na Tabela 11. Entretanto, não é possível afirmar que o berço 213 é eficiente, uma vez que ainda há possibilidades de melhoria em diversos setores para que o berço opere cada vez melhor. Portanto, podemos apenas afirmar que ele é o mais eficiente entre os demais em análise

## 5.2 SUGESTÕES DE MELHORIAS

Analisando os resultados obtidos com a modelagem dos dados da caracterização atual do porto de Paranaguá, foi possível o desenvolvimento de algumas medidas que possam vir a melhorar a eficiência de movimentação no COREX.

Tais medidas foram listadas após análise crítica respeitando as possibilidades reais de implementação e os lucros obtidos a médio e longo prazo.

➤ **Substituição dos *ship loaders* antigos dos berços 212 e 214 por equipamentos com maiores capacidades de movimentação**

A capacidade atual de movimentação dos *ship loaders* que ainda não foram substituídos é de 1.500 toneladas por hora, sendo que os novos equipamentos possuem capacidade de movimentar até 2.000 toneladas no mesmo espaço de tempo. Para melhorar a eficiência da movimentação, possuir equipamentos condizentes com tal objetivo é fator chave para as melhorias.

Cada um dos *ship loaders* com essa especificação possui um custo aproximado de R\$14,85 milhões. Dois equipamentos novos já estão instalados e operando no berço 213 e um deles no berço 214, sendo que o Governo do Estado já possui mais um adquirido e pendente apenas instalação. Portanto, seria necessário a aquisição de apenas mais dois *ship loaders* para modernização do berço 212 (investimento de R\$29,7 milhões).

Uma tonelada de mercadoria movimentada no COREX gera uma receita de, aproximadamente, US\$560,00. Em um dia de movimentação constante de cargas com os novos *ship loaders*, o ganho seria de 33% em receita.

➤ **Alteração das esteiras que conectam os terminais aos *ship loaders***

Para que os novos *ship loaders* possam executar suas funções da melhor maneira possível, é imprescindível que o ambiente ao redor possua condições favoráveis para isso. As atuais esteiras que conectam os terminais aos *ship loaders* possuem capacidade de movimentação de 1.500 toneladas/hora. Ao instalar novos equipamentos com capacidade para movimentar até 2.000 toneladas/hora, é necessário também realizar uma atualização das esteiras, para que não se tornem o gargalo do processo.

As responsáveis por cada um dos terminais também são responsáveis pela atualização das esteiras. Como maneira de incentivar a modernização, a APPA pretende dar prioridade para atracação de navios que irão utilizar o sistema “Super Berço” no momento do carregamento.

➤ **Redução do tempo médio de espera dos navios**

Atualmente, o tempo médio de espera dos navios até o início do atendimento é de dezesseis dias no porto de Paranaguá (4BRASIL, 2016). Com intuito de reduzir esse tempo, uma das alternativas é a utilização do sistema chamado de Super Berço.

**Figura 15 – Operação realizada pelo sistema Super Berço no porto de Paranaguá**



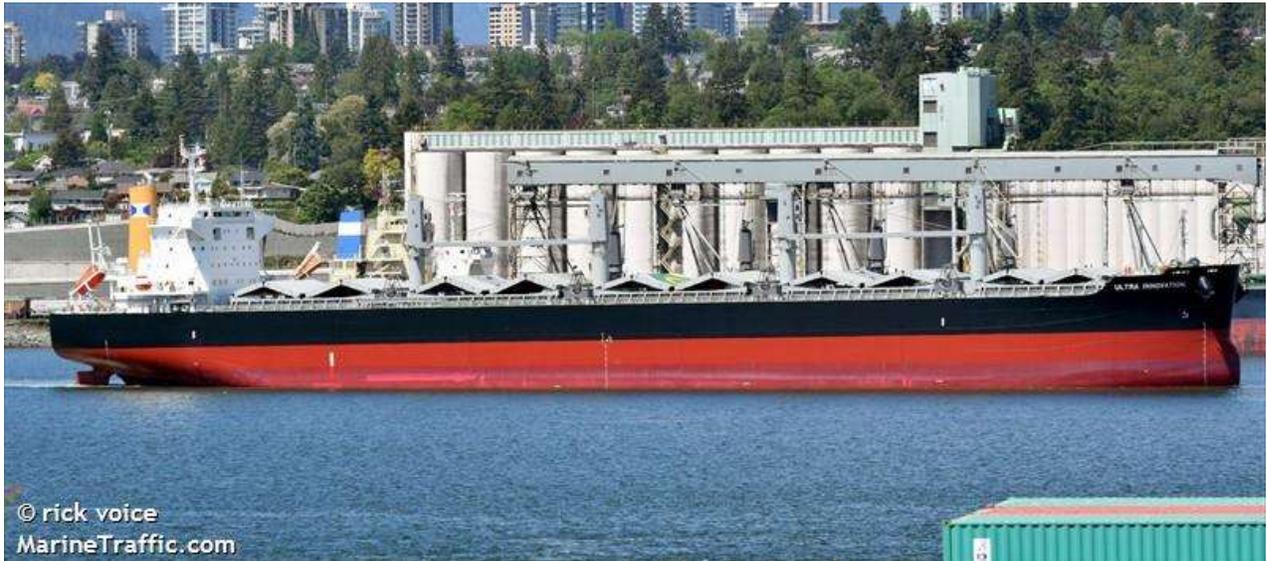
Fonte: 9Brasil (2016)

O sistema denominado Super Berço está em fase de testes nos berços do COREX que receberam investimento total de modernização da infraestrutura. O objetivo desse sistema é reduzir o tempo de carregamento de grãos sólidos nos navios, uma vez que possui um dispositivo que acelera a movimentação nos equipamentos com capacidade de movimentação de 2 mil toneladas/hora; como consequência, um número maior de navios será atendimento no mesmo intervalo de tempo, reduzindo o tempo de espera das embarcações.

O tempo médio de carregamento em um navio com capacidade para 65 mil toneladas é de 48 horas, após atracação no berço designado. Com a utilização do Super Berço, foi possível que um navio *Innovation* (que possui tal especificação de capacidade)

fosse liberado em 36 horas com ganho operacional de 31%, segundo informações da Agência de Notícias do Paraná (2016). A utilização de duas correias simultâneas justifica o aumento da eficiência de carregamento.

**Figura 16 – Navio *Innovation***



Fonte: *Marine Traffic* (2016)

A Figura 16 apresenta o navio *Innovation* em operação na Europa. Devido à sua capacidade de armazenagem, ele está sendo cada vez mais requisito por embarcadores (fazendo com que os portos adaptem suas instalações para possibilitar sua atracação).

Entretanto, para que o novo sistema possa atuar e que um navio desse porte possa atracar no porto de Paranaguá, é necessário que os *ship loaders*, esteiras e demais componentes que fazem parte das ligações entre os terminais possuam capacidade mínima de movimentação de 2.000 toneladas por hora.

#### ➤ **Diminuição da mão de obra portuária**

Com a modernização dos equipamentos, é possível reduzir o número de colaboradores que trabalham em operações relacionadas diretamente aos berços do COREX – por exemplo, operadores de esteira.

Entretanto, a admissão de funcionários portuários é realizada com base em resultados de concursos públicos, o que impossibilita a dispensa de seus serviços durante o período de vigência do contrato.

➤ **Aumento da quantidade de navios que podem atracar nos COREX**

Atualmente, o COREX permite a atracação de um navio por berço (ou seja, total de três navios ao mesmo tempo). Porém, de acordo com informações obtidas em entrevistas no porto, raramente os três berços do COREX são ocupados ao mesmo tempo.

**Figura 17 – Os três berços do COREX ocupados simultaneamente**



**Fonte: APPA (2016)**

A rara ocupação simultânea dos berços ocorre devido ao tamanho máximo permitido por embarcação. Isso significa que se um navio maior do que a capacidade de comprimento do berço 213, por exemplo, seja atracado, o berço 214 pode vir a ser inutilizado, aumentando o tempo de espera para atendimento das embarcações.

Porém, o aumento da capacidade de atracação somente será eficaz com uma grande obra de modernização, uma vez que não há espaço físico para a construção de um novo berço no cais. A desativação de berços adjacentes e integração dos mesmos ao COREX foi considerada, porém, segundo informações do porto, todos os berços já possuem funções pré-determinadas e com movimentação que não justificam sua desativação.

Como solução a essa questão, a administração do porto já possui um projeto de ampliação do COREX que visa a criação de mais um berço destinado ao COREX. O projeto é chamado de “T”, pois o formato esperado na nova estrutura remete à letra T.

**Figura 18 – Projeto de expansão em “T” do corredor de exportação**



**Fonte: APPA (2016)**

O novo sistema irá contar com píeres que possibilitarão a atracação de navios maiores em relação aos que embarcam atualmente no porto. Conforme a Figura 18, os píeres irão formar um “T” perpendicular ao atual caís e, os três berços que hoje são destinados ao COREX irão fazer parte do porto em si e serão destinados à movimentação de outras cargas voltadas ao mercado nacional.

Nesse novo cenário, a capacidade de embarque será de 16 mil toneladas/hora (4 mil toneladas por hora em cada um dos berços), com utilização apenas de esteiras interligando os terminais aos porões dos navios – os *ship loaders* seriam desinstalados do COREX nesse projeto, porém, seriam utilizados para carregamentos em outros berços já existentes e operantes no porto.

O investimento para esse projeto gira em torno de R\$400 milhões, incluindo a construção do píer, a revitalização do cais e a dragagem das águas. O tempo estimado de entrega do projeto é de vinte e quatro meses, a partir do início das obras.

Considerando taxas de utilização de infraestrutura marítima e terrestre, de equipamentos, de atracação e outros, um navio graneleiro de 254 metros e com capacidade de carregamento de 133 mil toneladas (especificações de um navio capaz de atracar no berço 213 do porto de Paranaguá), gera o equivalente a aproximadamente US\$75 milhões de receita ao porto.

Hipoteticamente, o novo projeto possibilitaria a atração de quatro navios do porte do Vale Brasil. Com 362m de comprimento e capacidade de carga de 400.00 toneladas, é o maior graneleiro do mundo atualmente em operação.

Para um navio desse porte atracar e ser carregado no COREX do porto de Paranaguá, geraria uma receita cambial em torno de US\$224 milhões.

**Figura 19 – Vale Brasil: maior graneleiro do mundo**



**Fonte: Gigantes do Mundo (2015)**

Ao analisar a ocupação máxima atual do COREX (três navios atracados, com capacidade de 133.000 toneladas cada) *versus* a ocupação máxima do projeto “T” com navios Vetor Brasil, o ganho em receita seria de 75% (aproximadamente US\$673 milhões).

A expansão em “T” é um projeto que requer alto investimento financeiro, apesar dos grandes ganhos que trará. A título de simulação de melhoria de eficiência no presente trabalho, não será considerado esse projeto por ser considerado distante da realidade atual do porto e do tempo requerido para sua finalização.

Considerando tais sugestões de melhorias, novos valores de entradas e saídas serão considerados na modelagem do DEA. O objetivo é analisar o impacto final que tais alterações representariam na eficiência de movimentação de cada berço e na eficiência total de movimentação do COREX.

A Tabela 12 apresenta as novas entradas a serem consideradas para nova execução da metodologia DEA, com base nas sugestões de melhorias propostas.

**Tabela 12 – Entradas para aplicação da simulação de melhoria da metodologia DEA**

<b>Entradas</b>	<b>Berço 212</b>	<b>Berço 213</b>	<b>Berço 214</b>
1. Quantidade de <i>ship loaders</i> em operação (un)	2	2	2
2. Capacidade média de movimentação por <i>ship loader</i> (ton/hora)	2.000	2.000	2.000
3. Capital investido em modernização no ano anterior (R\$)	34,4 milhões	3,2 milhões	5,5 milhões
4. Custo anual com mão de obra direta (R\$)	195.000	123.800	173.200
5. Tempo médio de espera para atendimento (dias/navio)	7	7	7

Fonte: Autoria própria

As novas entradas foram definidas com base na análise dos pesos resultantes da primeira execução do DEA, apresentado na Tabela 9, e nos dados já conhecidos em relação a cada uma das variáveis.

Assim como realizado com as entradas, a Tabela 13 apresenta as novas saídas a serem consideradas para aplicação da simulação de melhoria da eficiência portuária.

**Tabela 13 – Saídas para aplicação da simulação de melhoria da metodologia DEA**

<b>Saídas</b>	<b>Berço 212</b>	<b>Berço 213</b>	<b>Berço 214</b>
1. Quantidade de carga movimentada (ton/ano)	6,8 milhões	7 milhões	6,8 milhões
2. Quantidade de navios atendidos por ano (un)	78	78	78
3. Receita obtida pela movimentação de carga (R\$/ano)	3,808 bilhões	3,92 bilhões	3,808 bilhões

Fonte: Autoria própria

As quantidades a serem consideradas como novos *outputs* após possíveis aplicações das melhorias listadas foram determinadas com base na análise de impacto dos pesos e durante entrevista com o Departamento Financeiro do porto.

Aplicando novamente o modelo atualizado no LINGO 14.0, obtemos os seguintes resultados de eficiência para o estado futuro:

**Tabela 14 – Comparação entre as eficiências antes e depois da simulação**

<b>DMUs</b>	<b>Berço 212</b>	<b>Berço 213</b>	<b>Berço 214</b>	<b>MÉDIA</b>
Eficiência antes das melhorias	53,38%	83,21%	71,55%	70,04%
Eficiência após aplicação das melhorias	73,6%	86,9%	77,82%	79,44%

**Fonte: Autoria própria**

Após aplicação das possíveis melhorias listadas, a eficiência média do COREX do porto de Paranaguá passou de cerca de 70% para aproximadamente 80%, sendo que o maior avanço pode ser notado no berço 212: uma evolução de 20,3%.

Considerando as taxas portuárias cobradas por movimentação interna no porto, o carregamento propriamente dito e a receita baseada na diferença cambial, a eficiência média total de 10% representaria um ganho de R\$148 milhões, analisando o período de um ano e movimentações listadas na Tabela 12 (o investimento total para concretização de tais melhorias seria de, aproximadamente, R\$39 milhões).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade portuária é um dos principais meios para possibilitar a conexão de materiais à diferentes partes do país e do mundo. Com uma costa navegável extensa, o controle da eficiência dos portos brasileiros é imprescindível para que o Brasil passe a ser competitivo nesse quesito e melhore ainda mais sua representação mundial.

O presente trabalho atingiu seu objetivo principal, sendo possível mensurar a eficiência portuária de movimentação de carga a granel sólido, no COREX do porto de Paranaguá, no período em análise.

Os objetivos específicos também foram atingidos, sendo eles:

- *A descrição de um método apropriado de mensuração da eficiência portuária:* foi descrito a metodologia Análise Envoltória de Dados, julgada como mais apropriada para aplicação nesse caso;
- *A determinação de possíveis variáveis de entrada e saída a serem consideradas na modelagem do problema:* foram determinadas 5 variáveis de *input* e 3 variáveis de *output*, que melhor descrevem as atividades realizadas pelas DMUs em análise;
- *Apresentar possíveis melhorias:* foram apresentadas quatro sugestões de melhoria que, em conjunto, possibilitariam um aumento significativo na eficiência média geral de movimentação de granéis sólidos no COREX do porto de Paranaguá. Também foi apresentada uma sugestão de melhoria que pode vir a melhorar em larga escala a eficiência do porto – Projeto “T”. Entretanto, maiores investimentos e tempo será necessário para concretização de tal projeto;
- *Simular possíveis melhorias:* após definição das sugestões de melhorias, foi realizada uma simulação utilizando o software LINGO 14.0, onde foi possível observar o grau de evolução do indicador em análise.

A contribuição principal desse trabalho está relacionado ao fato de apresentar uma nova maneira de analisar a movimentação portuária. Atualmente, o porto de Paranaguá não realiza um controle de eficiência estratificado por berço – a eficiência medida é apenas das atividades portuárias em geral. Ao realizar a análise conforme apresentada pelo trabalho, é possível identificar quais são os fatores que mais impactam na eficiência de cada berço, sendo possível uma ação mais efetiva para obtenção de resultados superiores de eficiência.

A metodologia DEA por ser utilizada pela Diretoria dos portos de maneira simples, uma vez que é necessário realizar a modelagem apenas uma vez e, em seguida, é somente requerida a atualização dos dados. Os *inputs* e *outputs* necessários já são monitorados pela Administração Portuária, portanto, faz-se necessário apenas a compilação das informações e organização de acordo com o resultado esperado a ser obtido.

Como sugestões de trabalho futuros, esta monografia pode ser considerada como base para a realização de estudos de eficiência portuária analisando como DMUs berços que possuem diferentes tipos de cargas sendo movimentadas (por exemplo, cargas a granel e cargas ensacadas), ou ainda diferentes portos brasileiros.

## REFERÊNCIAS

ALFONSO, T. D.; DARAIO, C.; NASTASI, A. Competition and efficiency in the Italian airport system : new insights from a conditional nonparametric frontier analysis.

**Transportation Research Part E**, v. 80, p. 20–38, 2015.

BALTAZAR, M. E. *et al.* Air Transport Performance and Efficiency: MCDA vs. DEA Approaches. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 111, n. Lcc, p. 790–799, 2014.

BARROS, C. P.; ATHANASSIOU, M. Efficiency in European seaports with DEA: evidence from Greece and Portugal. **Maritime Economics and Logistics**, v. 6, n. 2, p. 122-140, 2004.

BARROS, C. P. A benchmark analysis of Italian seaports using data envelopment analysis. **Maritime Economics Logistics**, v. 8, p. 347-365. 2006.

BENAZIC. A measuring efficiency in the Croatian customs service: a data envelopment analysis approach. **Financial Theory and Practice**, v. 36, n. 2, 2012, p. 139-179.

BEZERRA, D. V. **Avaliação de Eficiência de Redes Corporativas utilizando Análise Envoltória de Dados (DEA)**. 2010. 83 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Computação Aplicada). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2010.

BICHOU, K. Review of port performance approached and a supply chain framework to port performance benchmarking. **Devolution, Port Governance and Port Performance Research in Transportation Economics**, v. 17, n. 06, p. 567–598, 2007.

<sup>1</sup>BRASIL. **Secretaria dos Portos da Presidência da República** (2014). Disponível em:<<http://www.transportes.gov.br/transporte-aquaviario.html>>. Acesso em: 09 nov. 2015.

<sup>2</sup>BRASIL. **Secretaria dos Portos da Presidência da República** (2015). Disponível em:<<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/sistema-portuario-nacional>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

<sup>3</sup>BRASIL. **Agência Nacional de Transportes Aquaviários** (2015). Disponível em:<<http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/BoletimPortuario/BoletimPortuarioTerceiroTrimestre2014.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2015.

<sup>4</sup>BRASIL. **Porto de Santos**. Santos se mantém como principal porto de contêineres da América Latina. 04 de set. 2015. Disponível em: <<http://www.portodesantos.com.br/pressRelease.php?idRelease=873>>. Acesso em: 01 nov. 2015.

<sup>5</sup>BRASIL. Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina. **Porto em Números 2011-2015** (2016). Disponível em:<<http://www.portosdoparana.pr.gov.br/arquivos/File/portoemnumeros.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2016.

<sup>6</sup>BRASIL. **Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina** (2016). Disponível em:<<http://www.portosdoparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=79>>. Acesso em: 03 ago. 2016.

<sup>7</sup>BRASIL. **Agência Nacional de Transportes Aquaviários** (2001). Disponível em:<<http://www.antaq.gov.br/portal/anuarios/portuario2001/Portos/Paranagua.htm>>. Acesso em: 09 nov. 2015.

<sup>8</sup>BRASIL. Conselho de Autoridade Portuária do Porto de Paranaguá. **Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Paranaguá** (2012). Disponível em:<[http://www.autoridadeportuaria.pr.gov.br/arquivos/File/1\\_PDZ\\_do\\_Porto\\_de\\_Paranagua\\_Volume\\_1.pdf](http://www.autoridadeportuaria.pr.gov.br/arquivos/File/1_PDZ_do_Porto_de_Paranagua_Volume_1.pdf)>. Acesso em: 03 ago. 2016.

<sup>9</sup>BRASIL. **Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina** (2016). Disponível em:<<http://www.portosdoparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=340>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

<sup>10</sup>BRASIL. **Agência de Notícias do Paraná** (2016). Disponível em:<<http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=88440>>. Acesso em: 10 set. 2016.

<sup>11</sup>BRASIL. **Secretaria dos Portos da Presidência da República** (2016). Disponível em:<<http://www.portosdobrasil.gov.br/home-1/noticias/portos-tem-movimentacao-recorde-de-cargas-em-2015>>. Acesso em: 03 ago. 2016.

CERETTA, P. S.; NIEDERAUER, C. A. P. Rentabilidade e eficiência no setor bancário brasileiro. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 5, n. 3, p. 7-26, 2001.

CHANG, V.; TOVAR, B. Efficiency and productivity changes for Peruvian and Chilean ports terminals: A parametric distance functions approach. **Transport Policy**, v. 31, p. 83–94, 2014.

CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração**: uma visão abrangente da moderna administração das organizações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

CORTEZ, L. C. S.; OLIVEIRA, L. R.; MARTINS, E. F.; JESUS, I. R. D.; MELLO, J. C. C. B. S. Análise da eficiência na gestão de portos públicos brasileiros em relação ao papel das autoridades portuárias. **Journal of Transport Literature**, v. 7, n. 2, p. 78-96, 2013.

CULLINANE, K.; WANG, T.-F. The efficiency of European container ports: A cross-sectional data envelopment analysis. **International Journal of Logistics**, v. 9, n. 1, p.

19–31, 2006.

FIGUEIREDO DE OLIVEIRA, G.; CARIOU, P. The impact of competition on container port (in)efficiency. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 78, p. 124–133, 2015.

GOMES, C. F. S. *et al.* Eficiência Operacional Dos Portos Brasileiros : Fatores Relevantes – Estudo De Caso. **Sistemas & Gestão**, v. 8, p. 14–24, 2013.

GONZÁLEZ, M. M.; TRUJILLO, L. Reforms and infrastructure efficiency in Spain's container ports. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 42, n. 1, p. 243–257, 2008.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. S.; FRANCO, F. M. M. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001. 2922 p.

LIBERAÇÃO de carga importada pode demorar até 16 dias em alguns portos. *Jornal Nacional*, São Paulo, 17 out. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2013/10/liberacao-de-carga-importada-pode-demorar-ate-16-dias-em-alguns-portos.html>>. Acesso em: 17 out. 2015.

LIN, L.C.; TSENG, C. C. Operational performance evaluation of major container ports in the Asia-Pacific region. **Journal of Maritime Policy and Management**, v. 34, n. 6, p. 535-551, 2007.

LOZANO, S.; VILLA, G.; CANCA, D. Application of centralised DEA approach to capital budgeting in Spanish ports. **Computers & Industrial Engineering**, v. 60, p. 455–465, 2011.

INNOVATION Bulk Carrier. Marine Traffic. Disponível em: <<http://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:755641/mmsi:636015613/imo:9622667/vessel:INNOVATION>>. Acesso em: 18 set. 2016.

MEZA, L. A. *Data Envelopment Analysis (DEA) na determinação da eficiência dos programadas de pós-graduação da COPPE/UFRJ*. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.

MONTEIRO, E. J. **Análise da Eficiência Econômica Relativa das Empresas de Seguros dos Segmentos de Danos e Pessoas**: uma abordagem através do DEA para avaliar ganhos de escala e escopo. 2014. 67 f. Dissertação (Mestrado em Economia). Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2014.

NÓRCIO, L. Fila de caminhões para descarregar safra de grãos no Porto de Paranaguá chega a 33 quilômetros. **Agência Brasil**. 05 nov. 2015. Disponível em: <<http://www.amambainoticias.com.br/brasil/fila-de-caminhoes-para-descarregar-safra-de->

graos-no-porto-de-paranagua-chega-a-33-quilometros>. Acesso em: 10 nov. 2015.

PANAYIDES, P. M. *et al.* The effect of institutional factors on public – private partnership success in ports. **Transportation Research Part A**, v. 71, p. 110–127, 2015.

PIMENTEL, R. C.; CASA NOVA, S. P. de C. Modelo integrado de avaliação da rentabilidade e liquidez: estudo da aplicação da *data envelopment analysis* (DEA) a empresas brasileiras. In: XI CONGRESSO INTERNACIONAL DE CUSTOS, 2005, Florianópolis. **A Gestão de Custos na Era da Gestão do Conhecimento**. Disponível em: <[http://www.intercostos.org/documentos/custos\\_636.pdf](http://www.intercostos.org/documentos/custos_636.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2015.

PJEVČEVIĆ, D. *et al.* DEA Window Analysis for Measuring Port Efficiencies in Serbia. **PROMET - Traffic&Transportation**, v. 24, n. 1, 2012.

PRANDI, Jair. Maior navio graneleiro do mundo. **Gigantes do Mundo**. 18 dez. 2015. Disponível em: <<http://gigantesdomundo.blogspot.com.br/2015/12/maior-navio-graneleiro-do-mundo.html>>. Acesso em: 28 set. 2016.

RAFAELI, L. **A Análise Envoltória de Dados como Ferramenta para Avaliação do Desempenho Relativo**. 2009. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

ROLL, Y.; HAYUTH, Y. Port performance comparison applying data envelopment analysis (DEA). **Maritime Policy Management**, v. 20, n. 2, p. 153-161, 1993.

SÃO PAULO. Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-LOG). Universidade de São Paulo. **Projeto Benin – Produto 3**. 113 p. Piracicaba, 2014.

SCHWAB, K. The Global Competitiveness Report 2014-2015. Columbia University. In: WORLD ECONOMIC FORUM, 2014, New York. **Committed to improving the state of the world**. Disponível em: <[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GlobalCompetitivenessReport\\_2014-15.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2014-15.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2015.

SUTOMO, H.; SOEMARDJITO, J. Assessment Model of the Port Effectiveness and Efficiency (Case Study : Western Indonesia Region). **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 43, p. 24–32, 2012.

TALLEY, W. K.; NG, M.; MARSILLAC, E. Port service chains and port performance evaluation. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 69, p. 236–247, 2014.

TAVASSOLI, M.; FARAMARZI, G. R.; SAEN, R. F. Efficiency and effectiveness in airline performance using a SBM-NDEA model in the presence of shared input. **Journal of Air**

**Transport Management**, v. 34, p. 146–153, 2014.

TONGZON, J. Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis. **Transportation Research Part A**, v. 35, 2001.

WU, Y. C. J.; GOH, M. Container port efficiency in emerging and more advanced markets. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 46, n. 6, p. 1030–1042, 2010.

YUEN, A. C.; ZHANG, A.; CHEUNG, W. Foreign participation and competition : A way to improve the container port efficiency in China ? **Transportation Research Part A**, v. 49, p. 220–231, 2013.