



FEAC
FACULDADE DE ECONOMIA,
ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

BRUNO HENRIQUE ALVES FERREIRA

EFICIÊNCIA TÉCNICA

UMA APLICAÇÃO À ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS AOS TERMINAIS
PORTUÁRIOS BRASILEIROS NO ANO DE 2019.

Maceió
2021

BRUNO HENRIQUE ALVES FERREIRA

EFICIÊNCIA TÉCNICA

UMA APLICAÇÃO À ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS AOS TERMINAIS
PORTUÁRIOS BRASILEIROS NO ANO DE 2019.

Monografia submetida ao Curso de Graduação em Ciências Econômicas, da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador (a) Prof^a. Dra. Alexandra Maria Rios Cabral.

Maceió
2021

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

F383e Ferreira, Bruno Henrique Alves.

 Eficiência técnica : uma aplicação à análise envoltória de dados aos terminais portuários brasileiros no ano 2019 / Bruno Henrique Alves Ferreira. – 2021.
 36 f. : il.

 Orientadora: Alexandra Maria Rios Cabral.

 Monografia (Trabalho de Conclusão Curso em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Maceió, 2021.

 Bibliografia: f. 33-35.

 1. Análise de envoltória de dados. 2. Transportes em containers. 3. Portos - Brasil. 4. Integração vertical nas indústrias. 5. Custo de transação. I. Título.

 CDU: 351.813.12



ANEXO III

REGULAMENTO PARA TCC DO CURSO DE ECONOMIA

FICHA DE AVALIAÇÃO DO TCC

TÍTULO DO TCC: EFICIÊNCIA TÉCNICA RELATIVA: UMA APLICAÇÃO À ANÁLISE ENVOLTÓRIA DOS DADOS AOS TERMINAIS PORTUÁRIOS BRASILEIROS NO ANO DE 2019

ALUNO(A): BRUNO HENRIQUE ALVES FERREIRA

Nº MATRÍCULA: 15211178

DATA DA APRESENTAÇÃO: 26/08/2021

BANCA EXAMINADORA

PROF. ORIENTADOR: ALEXANDRA MARIA RIOS CABRAL

PROF. AVALIADOR 1: CID OLIVAL FEITOSA

PROF. AVALIADOR 2: VALDEMIR DA SILVA

NOTAS ATRIBUÍDAS

MEMBROS DA BANCA	NOTA TRABALHO ESCRITO (NTE) Peso 08 (NTE x 8) / 10	NOTA DEFESA ORAL (NDO) Peso 02 (NDO x 2) / 10	NOTA FINAL	ASSINATURA DOS PROFESSORES
1. PROF. ORIENTADOR	7,6	1,9	9,5	<i>Alexandra dos Rios Cabral</i>
2. PROF. AVALIADOR 1	7,6	1,9	9,5	<i>Cid Olival Feitosa</i>
3. PROF. AVALIADOR 2	7,6	1,9	9,5	<i>Valdemir da Silva</i>
MÉDIA FINAL DO TCC [(1+2+3)/3]				

OBSERVAÇÕES

Maceió, ____/____/____

Prof. Dr. Roberto Resende Simiqueli
Coordenador do Curso de Economia

RESUMO

Este trabalho se propôs a mensurar a eficiência técnica relativa dos terminais portuários que movimentaram pelo menos 1% do total de contêineres, no Brasil, no ano de 2019. Para tanto foi utilizado o modelo DEA - *Data Envelopment Analysis* - orientado ao *output*. Foram utilizadas 6 variáveis sendo elas 3 *inputs* e 3 *outputs*. O cálculo da eficiência foi baseado nos modelos DEA, CCR e BCC. As variáveis *inputs* utilizadas foram: profundidade e comprimento médio dos berços, além da quantidade de berços. Já as variáveis *outputs* foram: quantidade de contêineres movimentados no ano, taxa de consignação e prancha média. O objetivo do trabalho foi calcular a eficiência técnica relativa, identificar os terminais que operaram com retornos variáveis de escala e apontar os *benchmarking*. Dentre os resultados encontrados pode-se destacar o fato de que 7 terminais foram considerados eficientes em ambos os modelos, com destaque para os terminais BTP, Santos Brasil e TVV. Constatou-se que apenas dois terminais - BTP e Terminal Portuário Do Pecém - operaram com retornos decrescentes de escala. O trabalho conclui que esta indústria está passando por importantes transformações via processo de integração seja ela vertical ou horizontal, e que isso impõe aos terminais menores um desafio para melhorar a produtividade e com isso se tornarem mais eficientes.

Palavras Chave: DEA, terminal de container, portos brasileiros, eficiência técnica, integração vertical, custos transacionais.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Etapas do Modelo.....	14
Gráfico 1 - Movimentação anual dos terminais.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis <i>Inputs</i> e <i>Outputs</i> do modelo.....	15
Tabela 2 – DMU's Seleccionadas.....	16
Tabela 3–Modelo DEA-CCR e DEA-BCC.....	18
Tabela 4 -Eficiência dos terminais para os modelos DEA-CCR e DEA-BCC.....	20
Tabela 5 - Terminais apontados como <i>benchmarks</i> pela modelagem BCC.....	22
Tabela 6- Terminais que tem o terminal de Vila Velha como benchmark pela modelagem BCC.....	28
Tabela 7- Terminais que tem o terminal Portonave como benchmark pela modelagem BCC.....	29

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	6
TEMA E PROBLEMATIZAÇÃO	6
JUSTIFICATIVA	7
OBJETIVOS	7
Objetivo Geral	7
Objetivos Específicos	7
REVISÃO DE LITERATURA	8
METODOLOGIA	14
ESCOLHA DAS VARIÁVEIS	14
DEFINIÇÃO DAS DMU'S	15
O MODELO	17
ANÁLISES E RESULTADOS	20
CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS	32
GLOSSÁRIO	39

1. INTRODUÇÃO

1.1. TEMA E PROBLEMATIZAÇÃO

O projeto de pesquisa em questão tem como tema central os terminais portuários brasileiros. Eles são um elo importante dentro da estrutura portuária e do comércio global. De acordo com o Ministério da Indústria e Comércio Exterior (MDIC¹), no Brasil, 81,79% do volume exportado e 70,62% do volume importado se deu por via marítima em 2019.

Outro ponto que chama a atenção é a evolução na demanda por serviços portuários. De acordo com um levantamento feito junto a Agência Nacional dos Transportes (ANTAQ²), a movimentação de contêineres no Brasil, entre os anos de 2010 e 2018, revelou um crescimento acumulado de 48,87%. Isso evidencia uma taxa de 5,1% a.a em média. A título de comparação, de acordo com a *United Nations Conference on Trade and Development* (UNCTAD³), a movimentação de contêineres no mundo mostrou um crescimento acumulado de 41,63%, o que nos fornece uma taxa de 4,45% a.a, menor que a observada para o Brasil.

Além disso, quando olhamos os dados brasileiros de forma desagregada entre transporte de longo curso, transporte de cabotagem e transporte por vias interiores, o crescimento acumulado nos transportes de cabotagem e vias interiores alcançou valores acumulados de 204,99% e 61,18% no mesmo período citado acima, o que nos dá uma taxa de 13,19% a.a e 5,45% a.a, respectivamente.

O foco deste trabalho será, portanto, os terminais portuários brasileiros que movimentaram contêineres no ano de 2019. Este recorte se deve ao fato de que a aplicação da técnica DEA⁴ - *Data Envelopment Analysis* - requer que os terminais avaliados utilizem os mesmos *inputs* e *outputs*, variando apenas na quantidade de cada um.

Para atender a este objetivo, será coletado um conjunto de dados junto a fontes secundárias como a ANTAQ e sites dos terminais, com a finalidade de responder ao seguinte problema de pesquisa: Quais terminais portuários foram

¹ Ministério da Indústria e Comércio Exterior

² Agência Nacional dos Transportes

³ *United Nations Conference on Trade and Development*

⁴ *Data Envelopment Analysis*

eficientes do ponto de vista técnico no ano de 2019? Além disso, como os terminais considerados ineficientes podem melhorar sua eficiência com base nos dados dos terminais considerados eficientes?

Por fim, este trabalho está organizado da seguinte forma: além desta primeira seção onde são apresentados o tema, as justificativas e os objetivos gerais e específicos, temos a segunda seção onde é feita uma revisão literária. Na terceira seção é apresentada a metodologia utilizada neste trabalho. Por último serão apresentadas nossas conclusões e as referências bibliográficas citadas.

1.2. JUSTIFICATIVA

Um dos problemas econômicos que a microeconomia se propõe a estudar diz respeito às tecnologias de produção mais eficazes para se produzir um bem.

Varian (2014) define tecnologia de produção como sendo a combinação de insumos necessária para a obtenção de um determinado produto.

Já no que diz respeito ao conjunto de produção, Varian (2014) afirma que são as diferentes possibilidades de combinações entre os insumos que são capazes de gerar produtos.

Assim sendo, na economia costuma-se agrupar os diversos insumos produzidos em três grandes categorias: terra, capital e trabalho.

Este trabalho se justifica diante da necessidade de avaliar a produtividade deste setor uma vez que os terminais, em sua grande maioria, são concessões públicas. Além disso, existem poucos estudos com esta temática voltado para o setor de terminais de contêineres.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

O objetivo desta pesquisa será mensurar a eficiência técnica relativa dos terminais portuários que movimentaram contêineres no ano de 2019.

1.3.2. Objetivos Específicos

No que se refere aos objetivos específicos, este trabalho buscará:

- Realizar o levantamento dos terminais portuários que serão objeto do estudo;
- Identificar as variáveis *inputs* e *outputs* que serão utilizadas no modelo;
- Calcular a eficiência técnica relativa destes terminais via modelagem DEA-CCR e DEA-BCC;
- Identificar os terminais que operaram com retorno de escala constante, crescente ou decrescente.
- Apontar os terminais tidos como *benchmarking*, este termo diz respeito a um conjunto de empresas que possuem excelência em algum processo produtivo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Formulada e desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), a análise envoltória dos dados (DEA) permite-nos comparar processos produtivos que atuam em diferentes escalas com o auxílio da fronteira de produção, isto nos possibilita um processo de ranqueamento segundo um critério de desempenho previamente definido.

O objetivo do DEA é caracterizar as unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Units* – DMU's) como eficientes ou ineficientes, bem como apontar ajustes aos *inputs* e *outputs* das DMU's ineficientes para que estas atinjam a eficiência. O ajuste dos *inputs* e ou *outputs* devem levar em consideração a orientação do modelo. (CABRAL; RAMOS, 2014).

Ainda sobre a modelagem DEA, é possível utilizar modelos radiais e não radiais. No primeiro caso, a orientação deve ser definida para *input* ou *output*, onde na orientação ao *input* é fixado o *output* e busca-se utilizar a menor quantidade de *input* possível. Já no caso da orientação ao *output*, o objetivo é obter o máximo deste, mantendo a quantidade de *input* fixa. No caso dos modelos não radiais o objetivo é otimizar ao mesmo tempo *input* e *output*.

Uma das vantagens de utilizar esta técnica está no fato de que, com ela, é possível trabalhar com múltiplos *outputs*, o que não é possível com o uso da análise da fronteira de produção estocástica (SPF) onde apenas um *output* pode ser levado em consideração, além do que, o peso de cada insumo é avaliado de forma isolada (CABRAL; RAMOS, 2014).

A Análise Envoltória dos Dados tem sido frequentemente utilizada para avaliar a eficiência técnica dos portos em vários países. O termo eficiência técnica aqui empregado diz respeito à produtividade relativa ao longo do tempo, espaço ou ambos, e que pode ser melhorada através de uma melhor alocação das diferentes entradas para produzir as saídas pretendidas (CABRAL; RAMOS, 2014).

Wang e Cullinane (2006) utilizaram a DEA para avaliar a eficiência técnica, bem como as possíveis correlações entre escala produtiva e localização geográfica,

de 104 portos Europeus distribuídos por 29 países, no ano de 2003. A pesquisa trabalhou com a modelagem DEA-CCR e DEA-BCC com orientação ao *input*.

O estudo apontou que boa parte dos portos analisados atuavam de forma ineficiente, além de sugerir que a captação de carga poderia ser ampliada aproximadamente 2,3 vezes usando os mesmos insumos produtivos.

Podemos citar ainda o estudo elaborado por Sun et al. (2017) que avaliou o grau de eficiência de 17 portos chineses no ano de 2013. Este trabalho chama a atenção pois além de trabalhar com a modelagem DEA-CCR tradicional, o autor utiliza a modelagem DEA não radial. Esta última abordagem se diferencia da anterior pois, enquanto os modelos radiais como CCR e BCC permitem otimizar os *outputs* ou somente os *inputs*, os modelos não radiais possibilitam otimizar simultaneamente *output* e *input*.

Outro ponto que merece destaque neste estudo é a utilização de dados relativos à emissão de CO₂ como *output* para avaliar a eficiência dos portos. Como resultado, o trabalho de Sun et al. (2017) aponta que, na média, a eficiência dos portos chineses é menor quando se leva em consideração fatores ambientais. Além disso, os autores verificaram que, na média, os portos de médio e grande porte são mais ineficientes, quando se leva em conta fatores ambientais. O autor conclui ainda que variáveis como: número de berços de atracação, localização geográfica e quantidade de ativos fixos, afeta significativamente o grau de eficiência dos portos.

No Brasil, Acosta, Silva e Lima (2011) procuraram identificar portos que servissem como referência em eficiência técnica relativa fazendo uso da modelagem DEA-BCC com orientação ao *input*. A pesquisa utilizou quatro variáveis, sendo elas três *inputs* e um *output*. As variáveis *inputs* foram: profundidade do canal, extensão de cais e área de armazenagem; já o *output* foi a movimentação geral de carga. A amostra conteve 27 unidades portuárias, entre elas TUPs e portos públicos, que movimentaram cargas no ano de 2005. Os principais resultados sugeriram 5 DMU's como referência em termos de eficiência técnica relativa, entre as 27 DMU's da amostra. O estudo indicou ainda que boa parte dos terminais apresentavam retornos crescentes de escala, ou seja, os portos estavam subutilizados.

Cabral e Ramos (2014) também fizeram uso da DEA para avaliar 25 terminais portuários brasileiros no ano de 2009. O trabalho elencou 6 variáveis para estimar a eficiência técnica dos terminais, dentre elas 3 *inputs* e 3 *outputs*. As variáveis elencadas foram: extensão do berço (m), profundidade do berço (m), nº.de berços (unidades), movimentação de contêineres (unidades), prancha média (unidades de contêineres/h) e taxa de consignação (unidades de contêineres/navio). A pesquisa utilizou a modelagem DEA CCR e BCC, ambos orientados aos *outputs*.

Dentre os principais resultados encontrados estava a caracterização do cais público do porto de Belém e dos terminais Tecon e Tecondi do porto de Santos como principais *benchmarks*. Outra constatação importante diz respeito à subutilização de boa parte dos terminais considerados como ineficientes. Por fim, não foi verificada uma correlação entre o porte do terminal e o grau de eficiência.

Wanke e Barros (2016) avaliaram 27 unidades portuárias que movimentaram carga entre os anos de 2007 e 2011. O autor utilizou a modelagem, DEA-CCR e a DEA-BCC, ambas orientadas aos *outputs*. Este estudo diferencia-se dos demais pelo fato de ter trabalhado com 13 variáveis, sendo elas sete *inputs* e seis *outputs*.

O resultado do estudo aponta que boa parte dos terminais operam com retorno de escala crescente. Isso sugere que tais terminais trabalham abaixo da sua capacidade máxima, o que possibilita ampliar a captação de carga sem ampliar os insumos produtivos. Por fim, o estudo aponta alguns fatores tais como: grau de acessibilidade, rodoviária e ferroviária, modelo de administração, público ou privado, como decisivos para obtenção de uma maior eficiência técnica.

Souza (2018) estimou a eficiência dos principais portos do Nordeste do Brasil, são eles: Itaqui (MA), Fortaleza (CE), Natal (RN), Pecém (CE), Salvador (BA) e Suape (PE), no período compreendido durante 2010 a 2015. Para tanto, a pesquisadora utilizou a modelagem DEA-BCC orientado para *inputs* e *outputs* que permitiu estimar retornos variáveis de escala. O trabalho dividiu as Unidades portuárias (DMU's) em dois grupos, um grupo contendo dois portos, Pecém (CE), Suape (PE) e o outro grupo contendo os demais portos. O estudo conclui que não há diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos avaliados, no que

diz respeito à eficiência. Outra conclusão a que o estudo chegou foi sobre a ligeira superioridade do porto de Suape em relação a Pecém quanto ao grau de eficiência.

Por fim, temos o trabalho de Bontempo (2018), que procurou identificar quais portos brasileiros atuaram com maior eficiência na atração e consolidação de navios e as principais variáveis determinantes para tal. O trabalho avaliou 30 unidades portuárias nos anos de 2012 e 2017 e utilizou a modelagem DEA-BCC orientada para *inputs*.

Os resultados encontrados, para o ano de 2012, apontam os portos de Maceió, Santos, Paranaguá, Itajaí, Porto Velho, São Sebastião, Vila do Conde, Areia Branca, Santarém, Antonina e Santana como referência em termos de eficiência técnica. Já para o ano de 2017 o estudo aponta os portos de São Sebastião, Santos, Paranaguá, Itaguaí, Porto Velho, Salvador, Itaqui, Areia Branca, Santarém, Antonina e Santana.

A presença de retornos crescentes de escala é ponto comum nas pesquisas apresentadas nesses trabalhos. Esta pesquisa buscará investigar se este fenômeno ainda está presente na indústria de terminais portuários no ano de 2019.

O quadro 1 nos dá um resumo dos trabalhos apresentados nesta seção.

Quadro 1 – Referencial Teórico

Autores	Objetivos	Descrição dos dados	Modelo proposto	Inputs	Outputs	Resultados
Wang e Cullinane (2006)	Avaliar a eficiência técnica e suas correlações entre escala produtiva e localização geográfica	104 portos Europeus distribuídos por 29 países, no ano de 2003	DEA-CCR DEA-BCC com orientação ao input	Área e comprimento do terminal	Movimentação de contêineres	boa parte dos portos analisados atuavam de forma ineficiente, além de sugerir que a captação de carga poderia ser ampliada aproximadamente 2,3 vezes usando os mesmos insumos produtivos
Sun et al. (2017)	Avaliar a eficiência técnica de 17 portos Chineses no ano de 2013	17 portos Chineses no ano de 2013	DEA-CCR e DEA não radial	Nº de funcionário Valor de capital empregado	Custos operacionais Lucro líquido Quantidade de carga movimentada Quantidade de NOx emitida	Na média, a eficiência dos portos chineses é menor quando se leva em consideração fatores ambientais. Além disso, os autores verificaram que, na média, os portos de médio e grande porte são mais ineficientes, quando se leva em conta fatores ambientais.
Acosta et al (2011)	identificar portos que servissem como referência em eficiência técnica relativa no Brasil em 2005	27 portos que movimentaram carga no ano de 2005.	DEA-BCC com orientação ao input	Profundidade do Canal Extensão de Cais Área de Armazenagem	Movimentação Geral	5 DMU's como referência em termos de eficiência técnica relativa, entre as 27 DMU's da amostra. O estudo indicou ainda que boa parte dos terminais apresentavam retornos crescente de escala, ou seja, os portos estavam subutilizados.
Cabral e Ramos (2014)	Estimar a eficiência técnica relativa de terminais Brasileiros para o ano de 2009	25 terminais portuários brasileiros		Extensão do berço (m) Profundidade do berço (m) N. de berços	Movimentação de contêineres (unidades) Prancha média (unidades de contêineres/h) Taxa de consignação (unidades de contêineres/navio)	Caracterização do cais público do porto de Belém e dos terminais; Tecon e Tecondi do porto de Santos como principais benchmarks. Outra constatação importante diz respeito a subutilização de boa parte dos terminais considerados como ineficientes.
Wanke e Barros (2016)	Identificar benchmarkings em portos brasileiros utilizando a técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA).	27 unidades portuárias entre os anos de 2007 e 2011	DEA-BCC	Comprimento do cais (m) Profundidade máxima do cais (m) Número de berços	Horas de carregamento de grãos sólidos (por ano) Horas de carregamento de	Boa parte dos terminais operam com retorno de escala crescente. fatores decisivos para obtenção de uma maior eficiência técnica.; grau de acessibilidade rodoviária e

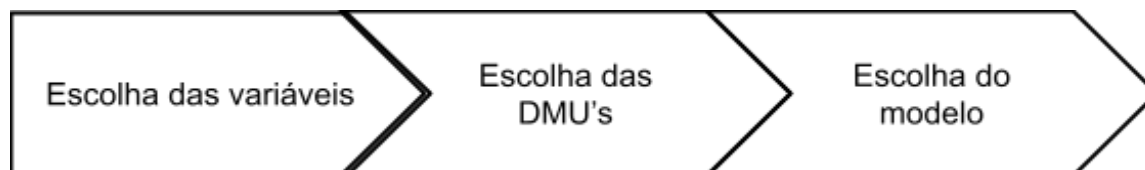
				Área de armazenamento (m ²) Área do pátio (m ²) largura do canal (m) profundidade do canal (m).	contêineres (por ano) Movimentação de granéis sólidos (toneladas / ano) Movimentação de contêineres (contêineres / ano) Frequência de granéis sólidos (embarques / ano) Frequência de contêineres (embarques por ano)	ferroviária, modelo de administração público ou privado.
Sousa. (2018)	Avaliar a eficiência dos principais portos do Nordeste do Brasil	Os portos analisados foram: Itaqui (MA) Fortaleza (CE) Natal (RN) Pecém (CE) Salvador (BA) Suape (PE) Período compreendido durante 2010 a 2015.	BCC orientado a input e output	Quantidade de Berços Calado Máximo (m) Número de Píeres.	Movimentação de Contêineres (Unidade) Movimentação de Contêineres (Tonelada) Movimentação de Contêineres (TEU).	Inexistência de diferenças estatisticamente significativas no que diz respeito a eficiência técnica relativa entre os dois grupos avaliados.
Bontempo (2018)	Identificar quais os portos brasileiros que atuam com maior eficiência na atração e consolidação de navios e as principais variáveis determinantes para tal.	A amostra contém 30 unidades portuárias avaliadas nos anos de 2012 e 2017	BCC orientado a input	Quantidade de berços Área de armazenagem total disponível para estocagem e movimentação de cargas (m ²) Quantidade de acessos.	Movimentação de Contêineres (TEUS) Movimentação Granel Sólido (ton) Atracação de Navios (unidades).	O estudo aponta que boa parte dos portos brasileiros atuam com retornos crescente de escala quer seja no ano de 2012 ou de 2017. O estudo sugere ainda que uma das formas de melhorar a eficiência dos porto é descentralizar a gestão dos portos.

Fonte: Essa pesquisa

3. METODOLOGIA

De acordo com Gavião et al. (2020), a aplicação da modelagem DEA a um determinado problema deve conter três etapas conforme o diagrama abaixo;

Figura 1 - Etapas do modelo



Fonte: Gavião, et al. (2020)

Isso se deve ao fato de que os critérios utilizados em cada fase do processo afetam-se mutuamente, por exemplo. O número de variáveis no modelo determina o número mínimo de DMU's necessárias à pesquisa. Já a escolha do modelo afeta a quantidade de DMU's consideradas eficientes (CABRAL; RAMOS, 2014).

Banker, Charnes e Cooper (1984), apontam a quantidade de variáveis contida no modelo como fator importante no momento de determinar a quantidade de DMU's que farão parte do espaço amostral. Segundo o autor, a quantidade de DMU's tem que ser no mínimo três vezes o somatório das variáveis contidas no modelo ou o produto das variáveis *inputs* e *outputs*.

3.1. ESCOLHA DAS VARIÁVEIS

Dado o exposto no tópico acima, fica claro que a escolha das variáveis é parte fundamental no processo de construção da modelagem DEA, uma vez que o objetivo da DEA neste trabalho será identificar as tecnologias de produção mais eficientes dentro da indústria em questão.

Conforme já mencionado, a tecnologia de produção pode ser dividida em três grandes grupos que se complementam, a saber: terra, capital e trabalho. Desta forma, um modelo que se propõe capturar a melhor tecnologia de produção tem que possuir variáveis *inputs* que se vinculam com estas três grandes categorias.

O trabalho em questão carece de informações a respeito das variáveis capital e trabalho. Isso se deve à falta de informações confiáveis a respeito da quantidade

de mão de obra utilizada pelas DMU's e/ou valor aportado em capital fixo. Entretanto, Cabral e Ramos (2014), chamam atenção ao fato de que estas deficiências podem ser amenizadas caso os *inputs* escolhidos tenham correlação com os *inputs* que porventura não estejam no modelo.

Assim sendo, foram selecionadas seis variáveis: três *inputs* e três *outputs*. A tabela abaixo lista todas elas.

Tabela 1 - Variáveis *Inputs* e *Outputs* do modelo

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Números de berços • Comprimento dos berços (m) • Profundidade dos berços (m) 	<ul style="list-style-type: none"> • Movimentação de contêineres (unidades) • Prancha média (unidades de contêineres/h) • Taxa de consignação (unidades de contêineres/navio)

Fonte: Essa pesquisa

As informações a respeito do n° de berços, movimentação de contêineres (unidades), prancha média (unidades de contêineres/h) e taxa de consignação (unidades de contêineres/navio), foram obtidas junto a fonte secundária, mais especificamente no Estatístico Aquaviário (ANTAQ).

Já as informações referentes ao comprimento e profundidade dos berços, foram retiradas dos planos de zoneamento de cada porto (PDZ) a que o terminal pertence. Tais informações estão disponíveis no site do Ministério da Infraestrutura. Além disso, no caso dos TUPs - Terminal de Uso Privado - as informações foram coletadas junto aos sites dos terminais ou da Capitania dos portos a que o terminal está vinculado.

3.2. DEFINIÇÃO DAS DMU'S

Outra parte importante do processo, intrinsecamente relacionado com o processo de escolha das variáveis do modelo, mais especificamente com a quantidade de variáveis escolhida, é a escolha das DMU's. De acordo com Banker et al. (1989), o número de DMU's deve respeitar os seguintes critérios:

Formalmente seja:

x_i = Variáveis *input* i , $i = 1, \dots, j$

y_i = Variáveis *output* i , $i = 1, \dots, j$

O número de DMU's deve ser igual a:

$$\sum_{i=1}^j (x_i + y_i)^3 \quad (3.1)$$

ou

$$\sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^m x_i y_i \quad (3.2)$$

Adota-se o critério que resulte o maior valor. Portanto, como foram escolhidas três variáveis *inputs* e três *outputs*, a quantidade ótima de DMU's do modelo é de no mínimo dezoito.

Com efeito, além do critério de seleção acima mencionado, será adotado um recorte adicional que selecione apenas DMU's que tenham movimentado valor igual ou superior a 1% do total dos contêineres (unidades) no Brasil no ano de 2019.

ou seja;

y = Quantidade de contêineres movimentado (un.)

i = DMU

$$\frac{y_i}{\sum_{i=1}^n y_i} \geq 0,01 \quad (3.3)$$

Este critério será adotado devido à dificuldade de se obter dados relativos a *inputs* que sejam confiáveis para as DMU's que ficariam fora do recorte.

Portanto, diante dos critérios adotados, a amostra contará com 19 unidades portuárias que juntas respondem por 99,99% do total de contêineres movimentados no Brasil naquele ano. As DMU's selecionadas podem ser visualizadas na tabela 3 abaixo.

Tabela 2 – DMU's Seleccionadas

Terminal	UF	Terminal	UF
Dp World Santos	SP	Rio De Janeiro (Libra T1)	RJ
Itaguaí (Tecon)	RJ	Rio De Janeiro (Multi-Rio T2)	RJ
Itajaí (Cais Arrendado)	SC	Rio Grande (Tecon)	RS
Paranaguá (Tcp)	PR	Salvador (Tecon)	BA
Porto Chibatão)	AM	Santos (Btp)	SP
Porto Itapoá Terminais Portuários	SC	Santos (Libra Terminais S/A)	SP
Portonave-Terminais Portuários De Navegantes	SC	Super Terminais Comércio E Indústria	AM
Santos Brasil	SP	Terminal Portuário Do Pecém	CE
Tecon Suape	PE	Vila Do Conde (Terminal De Múltiplo Uso -1)	PA
Vitória (Tvv)	ES		

Fonte: Esta pesquisa

3.3. O MODELO

Uma vez seleccionadas as variáveis do modelo e extraída nossa amostra representativa da indústria, falta-nos escolher o modelo DEA a ser aplicado e sua orientação.

Em primeiro lugar é importante pontuar que existem diversos modelos DEA, cada um com suas especificidades. Basicamente podemos dividi-los em dois grupos: os modelos radiais e não radiais. Nos modelos radiais deve-se escolher uma orientação, seja ela para *input* ou *output*. Já os modelos não radiais podem ser orientados simultaneamente a *input* e *output* (COOPER; SEIFORD; TONE, 2007).

O que está por trás da orientação do modelo é o que se busca otimizar. Os modelos orientados a *input* promovem a otimização fixando-se os *output_s* e minimizando os *input_s*. Já nos modelos orientados a *output_s*, fixa-se os *input_s* e maximiza-se os *output_s*. Com efeito, nos modelos não radiais, o que se busca é otimizar, simultaneamente, os *input_s* e *output_s*.

O presente trabalho utilizará os modelos DEA, CCR e BCC, orientados ao *output*. Dado que não temos conhecimento prévio a respeito dos rendimentos de escala das DMU's e esta informação é de grande valor em nossa análise, o modelo DEA-BCC será aplicado. O modelo DEA-CCR também será útil para compararmos os terminais eficientes em ambos os modelos. De acordo com Cabral e Ramos

(2014), espera-se que os terminais eficientes via modelo DEA-CCR também o sejam no modelo BCC, não sendo o contrário verdadeiro.

O ponto de partida da modelagem DEA está relacionado com o conceito de produtividade total. Matematicamente este conceito pode ser descrito da seguinte forma:

$$Pt = \frac{\sum_{i=1}^j u_i y_i}{\sum_{r=1}^s v_r x_r} \quad (3.4)$$

Onde:

- Pt = Produtividade total dos fatores de produção
- x_r e y_j representam as variáveis, $input_s$ r , $r = 1, \dots, s$ e $output_s$ i , $i=1, \dots, j$
- v_r e u_i são pesos atribuídos às variáveis $input_s$ r e $output_s$ i respectivamente

Não obstante, Banker et al. (1989) e Charnes, Cooper e Rhodes (1978) tomam esta relação como ponto de partida e desenvolvem os modelos DEA-CCR e BCC. Inicialmente o modelo tem a forma de um problema de otimização fracionária, como descrito na equação 3.5 abaixo. Como podemos notar, a diferença entre as equações 3.4 e 3.5 está na adição do termo k , $k = 1, \dots, n$, onde este termo serve para sinalizar que a construção do modelo exige a realização de um problema de otimização para cada DMU do modelo.

$$Pt = \frac{\sum_{i=1}^j u_i y_{ik}}{\sum_{r=1}^s v_r x_{rk}} \quad (3.5)$$

A resolução de problemas de otimização fracionária é de extrema complexidade, no entanto, para contornar esta barreira, Banker et al. (1989) e Charnes, Cooper e Rhodes (1978), procuraram transformaram o problema de otimização fracionária em um problema de otimização linear, como é apresentado na tabela abaixo.

Tabela 3 - Modelo DEA-CCR e DEA-BCC

Tipo de Fronteira	Orientação ao <i>output</i>	Orientação ao <i>input</i>
CCR	$\text{Max } = h_0$ sujeito a $x_{ro} - \sum_{k=1}^n x_{rk} \lambda_k \geq 0 \forall r$ $- h_0 y_{i0} + \sum_{k=1}^n y_{ik} \lambda_k \geq 0 \forall i$ $\lambda_k \geq 0 \forall k$	$\text{Min } = h_0$ sujeito a $h_0 x_{ro} - \sum_{k=1}^n x_{rk} \lambda_k \geq 0 \forall r$ $- y_{i0} + \sum_{k=1}^n y_{ik} \lambda_k \geq 0 \forall i$ $\lambda_k \geq 0 \forall k$
BCC		$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$

Fonte: Mello et al. (2005)

Por último, é importante destacar algumas diferenças entre os modelos DEA-CCR e DEA-BCC. Conforme Gavião et al. (2020) destaca, o modelo DEA-CCR está sustentado no axioma da proporcionalidade. Este axioma condiciona a eficiência daquelas DMU's que apresentem retornos constantes de escalas, ou seja, as DMU's eficientes serão aquelas que, ao variar os *Inputs*, em uma determinada proporção, terá como efeito uma variação na mesma proporção no *outputs* e vice versa. Já o modelo DEA-BCC está assentado no axioma da convexidade, assim sendo, o modelo admite retornos constantes, crescentes ou decrescentes. Na prática isto significa que incrementos de insumos, em uma determinada proporção, podem ter como resultado um aumento no produto da mesma proporção, é o caso de rendimentos constantes; numa proporção superior, é o caso de rendimentos crescentes; ou numa proporção inferior, é o caso de rendimentos decrescentes.

4. ANÁLISES E RESULTADOS

Para o cálculo da eficiência técnica relativa dos terminais pertencentes à amostra foi utilizado o software SIAD versão 3.0 desenvolvido por Meza et al. (2005). Como dito na seção anterior, foram utilizados os modelos DEA-CCR e DEA-BCC, ambos orientados ou output.

O modelo DEA-CCR identificou 7 DMU's eficientes, já o modelo DEA-BCC identificou 12 DMU's eficientes. A diferença quanto ao número de DMU's considerada eficiente entre os dois modelos se deve basicamente ao fato do modelo DEA-BCC admitir retornos variáveis de escala, enquanto que o modelo DEA-CCR admite apenas retornos constantes de escala. A tabela 5 mostra um resumo dos valores encontrados para cada modelo.

Tabela 4 - Eficiência dos terminais para os modelos DEA-CCR, DEA-BCC (terminal eficiente= 1; terminal ineficiente < 1)

UF	Terminal	CCR	BCC	Retornos de Escala
SP	Dp World Santos	1	1	Constante
AM	Porto Chibatão	1	1	Constante
SC	Portonave - Terminais Portuários De Navegantes	1	1	crescente
SP	Santos (Btp)	1	1	Decrescentes
SP	Santos (Libra Terminais S/A)	1	1	crescente
SP	Santos Brasil (Santos)	1	1	Constante
ES	Vitória (Tvv)	1	1	crescente
SC	Porto Itapoá Terminais Portuários (0,994621	1	crescente
RJ	Rio De Janeiro (Libra T1)	0,941483	1	crescente
PE	Tecon Suape	0,785161	1	crescente
RS	Rio Grande (Tecon)	0,782784	1	crescente
PA	Vila Do Conde (TMU-1)	0,366019	1	crescente
BA	Salvador (Tecon)	0,816313	0,975772	crescente
SC	Itajaí (Cais Arrendado)	0,703014	0,9031	crescente
PR	Paranaguá (Tcp)	0,698719	0,829684	crescente
RJ	Rio De Janeiro (Multi-Rio T2)	0,719383	0,82011	crescente
RJ	Itaguaí (Tecon)	0,67614	0,806446	crescente
AM	Super Terminais Comércio E Indústria	0,457456	0,6023	crescente
CE	Terminal Portuário Do Pecém	0,497747	0,574936	Decrescentes

Fonte: Essa pesquisa.

Uma das informações importantes que consta na tabela 5, e que atende a um dos objetivos específicos deste trabalho é a identificação das DMU's que operam com retornos variáveis de escala. De acordo com os dados, aproximadamente 74% das DMU's operavam, no ano de 2019, com retornos crescentes de escala. Tal constatação está em linha com os estudos com foco em terminais de contêineres brasileiros, como o estudo de Cabral e Ramos (2014).

Isso sugere que boa parte destes terminais tinham capacidade para ampliar a captação de carga utilizando-se da mesma quantidade de fatores produtivos, bastando para isso, dentre outras coisas, melhorar a produtividade destes fatores.

Dos 19 terminais da amostra, apenas dois apresentaram retornos decrescentes de escala. São eles: BTP (Brasil Terminais Portuários) que opera no porto de Santos e o Terminal Portuário Do Pecém, operado pela empresa *APM Terminals*, ambos os terminais tem como seu controlador o grupo *A.P.Moller-Maersk*.

Como este trabalho foi orientado ao *output*, o fato destes terminais apresentarem retornos decrescentes de escala está relacionado com a possível queda na produtividade em função de uma expansão do volume movimentado por estes terminais.

De acordo com Varian (2014) o retorno variável de escala está relacionado com o impacto que uma variação percentual - em uma variável input - tem em uma variável output ou vice-versa.

Um fato que chama a atenção e que pode nos ajudar a entender o surgimento do fenômeno de retorno decrescente de escala a que estes terminais estão sujeitos é a restrição quanto ao tamanho das embarcações que estes terminais podem receber.

No que diz respeito ao terminal da BTP, até 2019 o comprimento máximo dos navios que aportavam nesse terminal era de 336 metros, conforme consta no boletim divulgado pela BTP em fevereiro de 2021. Os navios que possuem essa dimensão são capazes de transportar no máximo 9 mil TEU's. Contudo, esta restrição está relacionada com a profundidade do canal de acesso ao porto de Santos

No entanto, vale destacar que, desde fevereiro de 2021, essas restrições foram revistas e o comprimento máximo dos navios autorizados a aportar no porto de Santos passou a ser de 366 metros de comprimento. Essa alteração possibilitou aos terminais operar navios com capacidade máxima de 14 mil TEU's.

No caso do Terminal Portuário Do Pecém, conforme consta no site do Governo do Estado do Ceará (2020), somente em 2020 é que este terminal passou a ter permissão para receber embarcações com 366 m de comprimento. Até então, o calado máximo recomendado era de até 14,5m e com a alteração feita em 2020 o terminal passou a receber embarcações com calado de até 15,3m.

Em ambos os casos o tamanho das embarcações tem impacto na produtividade devido a diversos fatores, um em específico merece destaque. Nos navios com maior comprimento a quantidade de contêineres movimentados por fileiras permite um melhor desempenho no que diz respeito à prancha média.

Isso porque, dado que a movimentação dos portêineres entre fileiras leva um tempo considerável, quanto maior a quantidade de contêineres por fileira, menor a necessidade de movimentação destes equipamentos.

Outro objetivo deste trabalho é destacar os terminais tido como *benchmarks*. No modelo DEA-CCR foram os 5 terminais tidos como tal, já no modelo DEA-BCC foram 11 os terminais considerados como referência.

Dois terminais foram destaque como *benchmarks* são eles: Terminal Portonave e Terminal de Vila Velha (TVV). A tabela 6 abaixo nos mostra os terminais apontados como *benchmarks* e o número de citações.

Tabela 5 - Terminais apontados como *benchmarks* pela modelagem BCC

UF	Terminal	Eficiência		N° de citações	
		Modelo-CCR	Modelo-BCC	Modelo-CCR	Modelo-BCC
SP	Dp World Santos	1,000	1	6	3
AM	Porto Chibatão	1,000	1	3	1
SC	Portonave	1,000	1	9	3
SP	Santos (Btp)	1,000	1	6	2
SP	Santos (Libra Terminais S/A)	1,000	1	1	0
SP	Santos (Santos Brasil)	1,000	1	2	1
ES	Vitória (Tvv)	1,000	1	0	6
RJ	Rio De Janeiro (Libra T1)	0,941	1	0	3
PE	Suape (Tecon Suape)	0,785	1	0	2
RS	Rio Grande (Tecon)	0,783	1	0	1

Fonte: Essa pesquisa.

No caso do terminal Portonave, que opera no município de Navegantes em Santa Catarina desde 2007, esse aparece como *benchmarks* para 9 terminais pelo modelo DEA-CCR e 3 terminais pelo modelo DEA-BCC. Com base em dados disponibilizados pela ANTAQ (2020), o terminal é especializado em carga containerizada, com 100% de suas operações concentradas neste tipo de carga, sendo que 97,5% do volume movimentado por ele, no ano de 2019, eram cargas oriundas de importação ou exportação. A cabotagem representa apenas 2,5% da carga movimentada.

Ainda em relação a este terminal, ele foi o 7° colocado em termos de movimentação dentre os terminais pertencentes na amostra, o 7° na taxa de consignação e o 1° no que se refere à prancha média. Chama a atenção o fato desse terminal ter tido um indicador de prancha média superior a terminais mais relevantes em termos de movimentação de carga no ano de 2019, tais como: terminal Santos Brasil e terminal BTP. Só para se ter uma dimensão da relevância desses dois terminais, juntos eles foram responsáveis por 32,44% do total movimentado no ano de 2019, em todo o Brasil.

Já o terminal de Vila Velha (TVV), operado pela empresa *Log-In*, obteve o maior número de citações pelo modelo DEA-BCC, 6 no total. Diferentemente do terminal Portonave, no ano de 2019, boa parte de suas operações foi focada na cabotagem, 71,5% do total. O transporte de longo curso representou 28,5% do total

movimentado por este terminal, estes dados estão disponíveis para consulta no site da ANTAQ (2020).

A preponderância de movimentação de cargas oriunda da cabotagem reflete a estratégia de mercado da empresa que controla este terminal. Como dito anteriormente, este terminal é controlado pela empresa *Log-In*, esta atua no segmento de navegação de cabotagem no Brasil desde 2008.

Outra diferença entre os terminais TVV e Portonave é quanto ao grau de especialização. Percebe-se que o Terminal de Vila Velha atua como um terminal multipropósito, uma vez que possui na carga containerizada 88.2% de suas operações, enquanto a carga em geral representa 11,8%, sendo que desta, 7,6% refere-se à movimentação de mármore e granito.

Desta forma, pode se dizer que o terminal apresenta economia de escopo, uma vez que utiliza o mesmo espaço operacional para movimentar outros tipos de cargas.

Analisando os *outputs* utilizados para mensurar a eficiência relativa das operações desse terminal, o que apresenta melhor desempenho é a taxa de consignação, com um valor de 868 contêineres movimentados por navio em média. Para se ter uma ideia, esta é a 5º melhor taxa de consignação para o ano de 2019, só ficando atrás de terminais como Chibatão, BTP, Santos Brasil e terminal T37 do grupo Libra.

Já no que diz respeito ao indicador de prancha média, esse terminal movimentou, no ano de 2019, 35 contêineres por hora, ficando atrás de 17 terminais da amostra.

Quando se compara o indicador de prancha média deste terminal com o de outros, como Portonave por exemplo, podemos sugerir que a melhora desse indicador está condicionada à adoção de tecnologias produtivas que deem maior produtividade às operações.

Como exemplo de tecnologias, podemos citar os guindastes mais modernos que permitem uma movimentação de contêineres mais rápida. Outro fator que pode melhorar a produtividade é o treinamento da mão de obra de modo a prepará-la para operar equipamentos mais modernos.

Os terminais da Santos Brasil e BTP são destaque em termos de escala de produção. Juntos, estes dois terminais foram responsáveis por quase $\frac{1}{3}$ do total de contêineres movimentados pelo país, no ano de 2019, 32,44% mais precisamente.

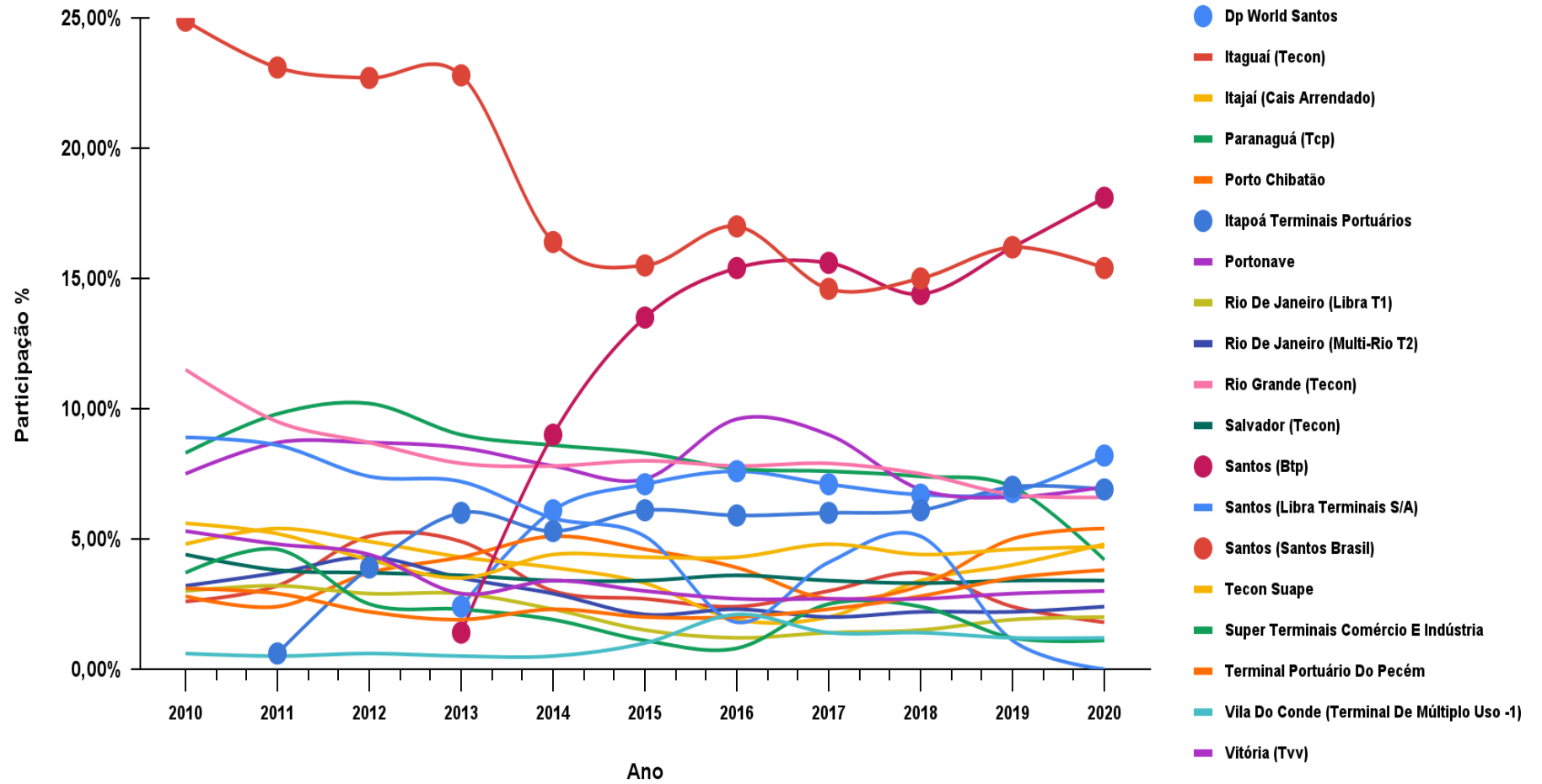
Vale ressaltar que, este valor só leva em conta o terminal da Santos Brasil localizado no porto de Santos. Contudo, tal terminal possui dois outros terminais, Tecon Vila do Conde e Tecon Imbituba.

A título de comparação, a Brasil Terminal Portuário foi o terminal que mais movimentou contêineres em 2019, aproximadamente 2,3 vezes o montante movimentado pelo terminal TCP em Paranaguá, 3º colocado em termos de movimentação anual de contêineres.

Quando se observa os indicadores de consignação e prancha média, esse terminal obteve o 2º melhor indicador, com 1.285 contêineres movimentados por navio e 85 contêineres movimentados por hora.

Chama a atenção a evolução anual desse terminal em termos de participação no total desta indústria. Como podemos ver no gráfico 1, as operações no terminal tiveram início em 2013, na esteira das mudanças introduzidas pela lei nº 12.815

Gráfico 4.1 - Movimentação anual dos terminais



Fonte: Esta pesquisa

Dentre as principais alterações introduzidas pelo novo marco regulatório está a figura jurídica do porto privado ou TUP. Muito embora esta figura jurídica já existisse, esta lei inova ao permitir ao terminal privado a movimentação de carga de terceiros, como nos mostra Farranha et al. (2015).

O gráfico 1 mostra ainda que, já em 2015, o Brasil terminal e o Santos Brasil, ambos localizados no porto de Santos, disputavam a liderança nesta indústria. Contudo, como podemos perceber, a partir de 2016 a disputa se acirra e em 2020 o terminal da Santos Brasil fica em 2º lugar com 15,35% de participação no setor.

A evolução na participação de mercado da Brasil Terminal Portuário está relacionada com a estratégia de integração vertical do grupo *A.P.Moller-Maersk*, da qual a empresa faz parte. A *Maersk* é um dos principais armadores do mundo e, como nos mostra Cullinane e Khanna (2000), busca adequar-se às transformações pelas quais o setor passa.

De acordo com esse autor, o aumento no tamanho das embarcações traz a necessidade de se investir em terminais que sejam capazes de atender estes grandes navios.

A estratégia de verticalização, como nos ensina Kupfer (2013), está ligada à necessidade de reduzir os custos de transação. Tais custos aparecem quando o mercado utilizado para obter produtos ou serviços se depara com alguns fenômenos tais como: a complexidade dos ativos, o oportunismo, a racionalidade limitada dos agentes e/ou a incerteza na transação.

Este é o caso da empresa *A.P.Moller-Maersk*, que vem investindo em grandes navios e tem dificuldade de encontrar terminais que possuam capacidade de atender sua demanda.

Diante disso, a empresa fundou a Brasil Terminal, mas este não é o único, a empresa possui ainda o Terminal Portuário de Pecém, localizado no estado do Ceará, e o terminal de Itajaí, localizado no estado de Santa Catarina. Ambos os terminais são administrados pela *APM Terminals*.

Já o terminal da Santos Brasil, situado no porto de Santos, ficou em 2º lugar em termos de movimentação de contêineres no ano de 2019. Apresentou também a 3º melhor taxa de consignação e de prancha média da amostra.

Este terminal também tem adotado uma estratégia de integração, contudo, do tipo horizontal. Diferente do terminal da BTP, a estratégia da Santos Brasil visa ampliar a capacidade de acumulação do grupo atuando em outros segmentos de terminais portuários, aproveitando as sinergias entre os terminais do grupo e reduzindo custos com economia de escala e escopo.

Ainda de acordo com Kupfer (2013), quanto maior o volume de produção mais diluídos serão os custos, provocando uma queda no custo médio, até certo ponto. Isso configura a economia de escala.

Já a economia de escopo se deve à utilização de um mesmo espaço para a produção de produtos ou serviços distintos. Neste caso, os custos são reduzidos devido a uma redução na ociosidade dos ativos.

Só para se ter uma ideia, de acordo com os dados disponibilizados pelo site da ANTAQ, no ano de 2019 o terminal de Imbituba, localizado no estado de Santa Catarina, atuou como um terminal multipropósito. A prova disso é que o terminal teve, no granel sólido, aproximadamente 80% de suas operações. A carga containerizada foi responsável por 15%, aproximadamente. Quando olhamos a carga containerizada em específico, vemos que 99% é oriunda do transporte de cabotagem.

Já o terminal Vila do Conde, localizado no estado do Pará, também tem atuado como um terminal multipropósito, uma vez que 83% de suas operações, de acordo com o site da ANTAQ, são movimentações de granéis sólidos. A movimentação de carga containerizada foi responsável por 11% das operações.

No que se refere ao tipo de navegação, 69% diz respeito à navegação de longo curso e a cabotagem responde por 19% das operações.

Com relação aos terminais tido como ineficientes temos a tabela 7 que nos dá um panorama das metas a serem cumprida por estes terminais, com base no modelo BCC.

O foco neste modelo se deve ao fato de que os terminais tidos como ineficientes por este modelo também o será pelo modelo CCR, o que reforça a tese de que tais terminais são ineficientes.

O terminal Super-terminais localizado no estado do Amazonas é o que necessita de um maior esforço para chegar à fronteira de eficiência.

Tabela 6 - Alvos para os terminais ineficientes se tornarem eficientes (modelagem BCC).

Uf	Terminal	x1	x2	x3	y1	Alvo	y2	Alvo	y3	Alvo
ES	Vitória (Tvv)	11,700	223,710	2	173.514		0 868	0 35	0	
	Super Terminais Comércio E									
AM	Indústria	35,000	240,000	2	70.142	160.442	390 779	25 42		
RJ	Itaguaí (Tecon)	14,000	307,500	3	144.535	310.765	479 809	58 72		
BA	Salvador (Tecon)	13,100	307,500	2	205.222	210.317	395 589	59 60		
SC	Itajaí (Cais Arrendado)	14,000	278,650	2	239.712	265.432	572 836	45 51		
PR	Paranaguá (Tcp)	12,800	285,000	3	424.943	512.174	610 885	57 69		
RJ	Rio De Janeiro (Multi-Rio T2)	13,000	300,000	2	130.225	158.798	391 532	52 63		

Fonte: Esta pesquisa.

Nota: x1= Profundidade média do berço (m); x2= Comprimento médio dos berços (m); x3= n° de berços (unidades); y1= Total movimentado no ano (unidade de contêineres); y2=Taxa de consignação (contêineres/navio);y3= Prancha média (contêineres/hora).

De acordo com o modelo, para que o terminal aumente sua eficiência relativa e se torne eficiente, seria necessário um incremento de 129%, aproximadamente, no volume anual de contêineres movimentados passando de 70.142 contêineres movimentados por ano para 160.442 contêineres movimentados por ano.

No que diz respeito à taxa de consignação, seria necessário um aumento de 99,74%, aproximadamente, passando de 390 contêineres movimentados por navio para 779. Com relação a prancha média, seria necessário um incremento de 67%, passando de 25 contêineres movimentados por hora para 42.

O terminal de Itaguaí localizado no estado do Rio de Janeiro também necessita de um esforço significativo para se tornar eficiente. No que diz respeito a movimentação anual o modelo propõe um aumento de 115%, aproximadamente passando de 144.535 contêineres movimentados por ano para 310.765 contêineres movimentados por ano.

Já em relação à taxa de consignação, seria necessário um aumento de 69%, aproximadamente, passando de 479 contêineres movimentados por navio para 809.

Por último, quanto a prancha média, seria necessário um incremento de 24%, passando de 58 contêineres movimentados por hora para 72.

No caso do Tecon Salvador, como podemos ver, o maior esforço tem que ser no que diz respeito à taxa de consignação. O modelo propõe um incremento de 49% aproximadamente nesta variável.

Para os terminais, Itajaí - localizado no estado de Santa Catarina - e TCP Paranaguá - localizado no estado do Paraná - o esforço também deve ser o de aumentar o volume de contêineres movimentados por navio. Para esta variável o modelo projeta um aumento de 46,11% para o terminal Itajaí e 45,15% para o terminal TCP.

Temos também o terminal Multi-Rio com uma necessidade de expandir em 36,06% a taxa de consignação, 21,15% a prancha média e 21,94% a movimentação anual de contêineres.

Tabela 7 - Alvos para os terminais ineficientes se tornarem eficientes (modelagem BCC)

Uf	Terminal	x1	x2	x3	y1	Alvo	y2	Alvo	y3	Alvo
PR	Portonave	16,000	400,000	2	423.106	0	722	0	76	0
CE	Terminal Portuário Do Pecém	15,600	366,000	4	213.305	547.099	518	901	53	93
RJ	Itaguaí (Tecon)	14,133	270,000	3	144.535	310.766	479	809	58	72
PR	Paranaguá (TcP)	12,800	285,000	3	424.943	512.174	610	885	57	69

Fonte: Esta pesquisa.

Nota: x1= Profundidade média do berço (m); x2= Comprimento médio dos berços (m); x3=nº de berços (unidades); y1= Total movimentado no ano (unidade de contêineres); y2=Taxa de consignação (contêineres/navio); y3=Prancha média (contêineres/hora).

Por fim, temos a tabela 8 que nos mostra os terminais que têm o terminal Portonave como *benchmark*. O destaque neste caso fica com o terminal de Pecém, este terminal precisa de um esforço considerável para se tornar eficiente.

No que diz respeito a prancha média esse terminal necessita de uma expansão de aproximadamente 74%, passando de 53 contêineres movimentados por hora, para 93. Com relação a taxa de consignação o terminal precisa de um

aumento em torno de 74%, passando de 518 contêineres movimentados por navio, para 901. Por último, o modelo propõe um aumento de 156% na movimentação anual, saindo de 213.305 contêineres movimentados por ano para 547.099.

Como podemos observar todos os terminais possuem infraestrutura igual ou superior no que se refere ao terminal de Vila Velha, no que diz respeito às variáveis inputs. O mesmo podemos dizer com relação ao terminal Portonave.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho se propôs a mensurar a eficiência técnica relativa dos terminais que movimentaram contêineres no ano de 2019. Para tanto, foi utilizada a modelagem DEA-CCR e DEA-BCC - ambas orientadas ao *output* - com os seguintes objetivos: calcular a eficiência técnica relativa, identificar os terminais que operaram com retorno de escala constante, crescente ou decrescente e apontar os terminais tidos como *benchmarks*.

Podemos concluir que os objetivos foram alcançados podendo chegar às seguintes conclusões.

Com relação a eficiência 7 o foram em ambos os modelos, o que nos dá sustentação para apontá-los como tal com base nos dados apresentados. Dentre os terminais temos: Dp World Santos, Porto Chibatão (Amazonas), Portonave, Btp (Santos), Libra Terminais (Santos), Santos Brasil (Santos), Tvv (Vitória).

Já com relação aos terminais que operaram com retornos variáveis de escala temos 73,78% dos terminais operando com retornos crescentes de escala. Isso, somado aos alvos proposto pelo modelo para os terminais ineficientes, nos dá subsídios para concluir que, boa parte dos terminais operaram, no ano de 2019, abaixo de sua capacidade máxima ou seja estavam subutilizados.

Dois terminais apresentaram retornos decrescentes de escala são eles: Btp (Santos) e Terminal Portuário Do Pecém. Embora encontrar as causas dos retornos variáveis de escala não faça parte do escopo deste trabalho, Varian (2014) chama a atenção ao fato de que o fenômeno de retorno decrescente de escala pode estar relacionado com o nível de produção e com alguma variável não prevista no modelo.

Desta forma podemos sugerir que o fenômeno de retorno decrescente de escala, tanto no terminal da BTP como no Terminal Portuário Do Pecém, pode estar relacionado com o impacto de alguma variável input não prevista no modelo tais como: profundidade do canal de acesso ao terminal - nos caso do terminal BTP - nº de guindastes para a movimentação de contêineres entre o navio e o costado - no

caso do Terminal Portuário de Pecém, etc.

Já com relação aos *benchmarks* dois terminais se destacam são eles: Tvv (Vitória) e Portonave. Como já foi dito, o primeiro foi destaque no que se refere a taxa de consignação, enquanto o segundo foi destaque na prancha média.

A análise dos terminais que tem Portonave e/ou Vitória TVV como *benchmark* nos dá uma ideia de como os terminais considerados ineficientes podem melhorar sua produtividade.

O incremento na quantidade de contêineres movimentados por navios foi um desafio imposto a todos os terminais ineficientes. O aumento no volume de contêineres oriundo da navegação de cabotagem pode ser uma forma de melhorar este indicador, como nos mostra o terminal de Vila Velha.

Uma melhor taxa de consignação pode ter como consequência uma melhora no indicador de prancha média, uma vez que os terminais poderiam utilizar outros fatores produtivos como, guindastes e outros equipamentos, de forma mais racional.

Desta forma podemos concluir que os terminais ineficientes têm que identificar a melhor forma de se colocar neste mercado, haja vista as transformações pela qual este setor está passando.

Para finalizar, outras pesquisas se fazem necessárias para avaliar as possíveis causas dos retornos decrescentes de escalas apresentados por alguns terminais. Além disso, é importante avaliar como a aquisição de terminais por empresas de navegação vem afetando a concorrência neste mercado.

6. REFERÊNCIAS

ACOSTA, C. M. M.; SILVA, A. M. V. DE A. DA; LIMA, M. L. P. DE. **Aplicação de análise envoltória de dados (DEA) para medir eficiência em portos brasileiros**. Revista de Literatura dos Transportes, v. 5, p. 88–102, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DOS TRANSPORTES. **Estatístico Aquaviário**, 2020. Disponível em: <<http://anuario.antaq.gov.br>>. Acesso em: 25 ago. 2020.

BANKER et al. **An introduction to data envelopment analysis with some of its models and their uses**. 1. ed. [s.l: s.n.]. v. 5

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. **Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis**. Management Science, v. 30, n. 9, p. 1078–1092, set. 1984.

BONTEMPO, F. T. **Análise de eficiência relativa dos portos brasileiros e principais variáveis determinantes utilizando a Análise Envoltória de Dados (DEA)**. 2018.

BTP. **BTP parabeniza Marinha e SPA pela homologação de navio 366 no Porto de Santos**. Disponível em: <<https://www.btp.com.br/btp-parabeniza-marinha-e-spa-pela-homologacao-de-navio-366-no-porto-de-santos/>>. Acesso em: 6 maio. 2021.

CABRAL, A. M. R.; RAMOS, F. DE S. **Cluster analysis of the competitiveness of container ports in Brazil**. Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 69, p. 423–431, nov. 2014.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. **Measuring the efficiency of decision making units**. European Journal of Operational Research, v. 2, n. 6, p. 429–444, nov. 1978.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software**. 2nd ed ed. New York: Springer, 2007.

CULLINANE, K.; KHANNA, M. **Economies of scale in large containerships: optimal size and geographical implications**. Journal of Transport Geography, v. 8, n. 3, p. 181–195, set. 2000.

FARRANHA, A. C.; FREZZA, C. DA S.; BARBOSA, F. DE O. **Nova lei dos portos: desafios jurídicos e perspectivas de investimentos**. Revista Direito GV, v. 11, n. 1, p. 89–116, jun. 2015.

GAVIÃO, L. O. et al. **Avaliação de investimentos em modernização dos portos por análise envoltória de dados**. Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha - Publicação Online. **Anais...** In: XIX SIMPÓSIO DE PESQUISA

OPERACIONAL & LOGÍSTICA DA MARINHA. Rio de Janeiro, Brasil: Editora Blucher, maio 2020. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/34480>>. Acesso em: 6 out. 2020.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. **Porto do Pecém eleva capacidade operacional com nova batimetria.** Disponível em: <<https://www.ceara.gov.br/2020/07/02/porto-do-pecem-eleva-capacidade-operacional-com-nova-batimetria/>>. Acesso em: 11 maio. 2021.

KUPFER, D. (ED.). **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil.** 2. ed. rev. e ampliada ed. Rio de Janeiro: Elsevier [u.a.], 2013.

MELLO, J. C. C. B. S. DE et al. **Curso de análise de envoltória de dados.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL. Gramado, RS: set. 2005. Disponível em: <<http://ws2.din.uem.br/~ademir/sbpo/sbpo2005/pdf/arq0289.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2020.

MEZA, L. A. et al. **SIAD – Sistema Integrado de Apoio a Decisão.** Rio de Janeiro, Brasil: [s.n.]

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. **Comex Stat,** 2020. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>>. Acesso em: 16 out. 2020.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Plano de Desenvolvimento e Zoneamento - PDZ.** Disponível em: <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/politica-e-planejamento/politica-e-planejamento/plano-de-desenvolvimento-e-zoneamento-pdz>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

SOUSA, V. B. DE. **Aplicação do modelo DEA na análise de eficiência dos portos do Nordeste do Brasil.** 2018.

SUN, J. et al. **Performance evaluation of Chinese port enterprises under significant environmental concerns: An extended DEA-based analysis.** Transport Policy, v. 60, p. 75–86, nov. 2017.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. **Unctadstat,** 2020. Disponível em: <<https://unctadstat.unctad.org/wds/ReportFolders/reportFolders.aspx>>. Acesso em: 1 set. 2020.

VARIAN, H. R. **Intermediate microeconomics: a modern approach.** Ninth edition ed. New York London: W.W. Norton & Company, 2014.

WANG, T.-F.; CULLINANE, K. **The Efficiency of European Container Terminals and Implications for Supply Chain Management.** Maritime Economics & Logistics, v. 8, n. 1, p. 82–99, mar. 2006.

WANKE, P.; BARROS, C. P. **New evidence on the determinants of efficiency at Brazilian ports: a bootstrapped DEA analysis.** *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, v. 8, n. 3, p. 250, 2016.

7. GLOSSÁRIO

Benchmarks : Termo utilizado para caracterizar empresas que sejam referência em eficiência no setor em que atuam.

Canal de Acesso: É o que permite o tráfego das embarcações desde a barra (local que demarca a entrada do porto e a partir de onde se torna necessária uma adequada condição de sinalização) até as instalações de acostagem e vice-versa.

DMU: Decision Making Units.

Navegação de Longo Curso: A realizada entre portos brasileiros e estrangeiros.

Navegação de Cabotagem: A realizada entre portos ou pontos do território brasileiro, utilizando a via marítima ou esta e as vias navegáveis interiores.

Plano de Desenvolvimento e Zoneamento Portuário – PDZ: É o instrumento de planejamento da Administração Portuária que visa, no horizonte temporal, considerado o ambiente social, econômico e ambiental, o estabelecimento de estratégias e de metas para o desenvolvimento racional e a otimização do uso de áreas e instalações do porto organizado.

Portêiner: São guindastes cuja função consiste em agilizar a movimentação dos contêineres no momento de carga e descarga em estações de logística intermodal.

Prancha média: Média aritmética obtida pelo quociente do somatório das quantidades de contêineres movimentados (em unidades) dividido pelo tempo total de atracação (ou de atendimento) dos navios.

Taxa de Consignação: Média aritmética obtida pelo quociente do somatório das quantidades movimentadas de contêineres pelas quantidades de navios.

Terminal Portuário de Uso Privativo Exclusivo - TUP: A instalação, não integrante do patrimônio do porto público, construída ou a ser construída por empresa privada ou entidade pública para a movimentação ou movimentação e armazenagem de carga própria, destinada ou proveniente de transporte aquaviário.

TEU: Trata-se da medida padrão para medir capacidade de contêineres em navios, trens, etc. Equivale a um container padrão de 6.10m (comprimento) x 2.44m (largura) x 2.59m (altura), ou aproximadamente 39 m³.