

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS COMO INSTRUMENTO  
PARA AVALIAR A CAPACIDADE DA INFRAESTRUTURA  
PORTUÁRIA BRASILEIRA DE ATENDER À DEMANDA  
FUTURA DE EXPORTAÇÃO DE GRANÉIS VEGETAIS**

**CARLOS ALBERTO AYUPE VITOI**

**ORIENTADOR: CARLOS HENRIQUE ROCHA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TRANSPORTES**

**PUBLICAÇÃO: T.DM-001/2019  
BRASÍLIA/DF, FEVEREIRO DE 2019.**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS COMO INSTRUMENTO PARA  
AVALIAR A CAPACIDADE DA INFRAESTRUTURA PORTUÁRIA  
BRASILEIRA DE ATENDER À DEMANDA FUTURA DE  
EXPORTAÇÃO DE GRANÉIS VEGETAIS**

**CARLOS ALBERTO AYUPE VITOI**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TRANSPORTES DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM TRANSPORTES.**

**APROVADA POR:**

---

**Carlos Henrique Marques da Rocha, Ph.D. (PPGT/UnB)  
(Orientador)**

---

**Sérgio Ronaldo Granemann, Dr. (PPGT/UnB)  
(Examinador Interno)**

---

**Alexandre Nascimento de Almeida, Dr. (FUP/UnB)  
(Examinador Externo)**

**BRASÍLIA/DF, 07 DE FEVEREIRO DE 2019.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

VITOI, CARLOS ALBERTO AYUPE

Análise Envoltória de Dados como Instrumento para Avaliar a Capacidade da Infraestrutura Portuária de Atender à Demanda Futura de Exportação de Granéis Vegetais [Distrito Federal] 2019.

xiv, 116p, 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Transportes, 2019).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Terminais portuários

2. Eficiência

3. Demanda por exportação

4. Granéis Vegetais

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

VITOI, C. A. A. (2019). Análise da implementação da Política Nacional de Mobilidade por meio dos seus instrumentos. Dissertação de Mestrado em Transportes, Publicação T.DM-001/2019, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 116p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Carlos Alberto Ayupe Vitoi

TÍTULO: Análise da implementação da Política Nacional de Mobilidade Urbana por meio dos seus instrumentos

GRAU/ANO: Mestre/2019

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Carlos Alberto Ayupe Vitoi

[betovitoi@gmail.com](mailto:betovitoi@gmail.com)

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais: Carlos Vitoi (*in memoriam*) e Maria Luiza Vitoi; à minha esposa Isabele; e às minhas filhas: Luísa e Laura.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço aos meus familiares por todo apoio e torcida durante a minha caminhada acadêmica.

Ao meu orientador professor Carlos Henrique Marques da Rocha por sua dedicação e paciência ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho.

Aos membros da banca de avaliação, professores Sérgio Granemann e Alexandre de Almeida, pela disponibilidade e contribuições nos seminários e na defesa final.

A todos os professores do PPGT – Programa de Pós-Graduação em Transportes da Universidade de Brasília pelos conhecimentos transmitidos.

Aos colegas do PPGT pela parceria e pelas experiências compartilhadas nas aulas e nos eventos acadêmicos, momentos que ficarão sempre na memória.

Por último, e não menos importante, agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente, para a conclusão deste trabalho com seus conhecimentos ou simples palavras de incentivo.

## RESUMO

### **ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS COMO INSTRUMENTO PARA AVALIAR A CAPACIDADE DA INFRAESTRUTURA PORTUÁRIA BRASILEIRA DE ATENDER À DEMANDA FUTURA DE EXPORTAÇÃO DE GRANÉIS VEGETAIS**

A produção e a exportação de grãos vegetais são atividades de grande relevância para a economia brasileira, em função da capacidade da agricultura de gerar expressivos montantes de divisas, além de renda e empregos para a população. Para que o país continue sendo competitivo frente aos principais concorrentes internacionais, além da produtividade no campo, é crucial que as operações de embarque nos portos sejam eficientes. Assim, esta dissertação avalia de maneira quantitativa se os complexos portuários brasileiros possuem capacidade operacional para lidar com a crescente demanda externa por grãos sólidos vegetais. Inicialmente foram calculadas as projeções de demanda por exportação, a partir do emprego do Método dos Mínimos Quadrados Ordinários, tendo como regressores: renda per capita mundial ( $Y^*$ ), taxa de câmbio ( $E$ ) e cotação do produto ( $F$ ) nos principais mercados internacionais. A amostra compreende os anos de 1997 a 2017. Os dados monetários estão a preços de 2017 e foram obtidos no Banco Mundial, Banco Central do Brasil e na Bolsa de Chicago. Após a realização de testes econométricos de raiz unitária, cointegração, correlação serial dos resíduos e multicolinearidade, constatou-se correlação entre  $Y^*$  e  $F$ , como também que a variável explicativa  $F$  não é estatisticamente significativa ao nível de 5%, tendo esta sido retirada da equação. A partir do modelo ajustado, foram realizados testes de previsão de demanda para os anos de 2018 a 2021, cujos resultados apresentaram erros estatisticamente aceitáveis. As projeções de demanda se tornaram os *outputs* do modelo para avaliação da capacidade operacional dos portos nacionais, para o qual foi empregado o método Análise Envoltória de Dados. De acordo com este método, os terminais portuários brasileiros que manuseiam o granel vegetal foram considerados unidades tomadoras de decisão, sendo empregadas três variáveis da infraestrutura dos portos como *inputs*: comprimento de berço, capacidade estática e taxa de produção dos equipamentos de embarque. Ao final, foi possível concluir que os portos brasileiros têm capacidade para lidar com as exportações esperadas de grãos sólidos vegetais, considerando a operação na fronteira de produtividade, e desde que os investimentos programados sejam concretizados.

## **ABSTRACT**

### **DATA ENVELOPMENT ANALYSIS AS AN INSTRUMENT TO EVALUATE THE CAPACITY OF THE BRAZILIAN PORT INFRASTRUCTURE TO ENDURE THE FUTURE DEMAND FOR THE EXPORT OF VEGETABLE BULKS**

The production and export of vegetable bulks are activities of great relevance to the Brazilian economy, due to the capacity of agriculture to generate significant amounts of foreign exchange, as well as income and jobs for the population. In order for the country to remain competitive vis-à-vis major international competitors, in addition to productivity in the field, it is crucial that port embarkation operations are efficient. Thus, this dissertation evaluates in a quantitative way if the Brazilian port complexes have the operational capacity to deal with the growing external demand for solid vegetable bulks. Initially, export demand projections were calculated from the use of the Ordinary Least Squares Method, taking as regressors the world per capita income ( $Y^*$ ), the exchange rate ( $E$ ) and the quotation of the product ( $F$ ) in the main markets countries. The sample comprises the years of 1997 to 2017. Monetary data are priced at 2017 and were obtained from the World Bank, Central Bank of Brazil and the Chicago Board of Trade. After the realization of unit root, cointegration, serial correlation of the residues and multicollinearity tests, we verify correlation between  $Y^*$  and  $F$ , as well as that the explanatory variable  $F$  is not statistically significant at the 5% level, and it has been withdrawn of the equation. From the adjusted model, demand forecasting tests were performed for the years 2018 to 2021, the results of which presented statistically acceptable errors. The demand projections became the outputs of the model for the evaluation of the operational capacity of the national ports, for which the Data Envelopment Analysis method was used. According to this method, the Brazilian port terminals handling the solid vegetable bulk material were taken as decision units and as inputs three variables of infrastructure of the ports were used: crib length, static capacity and production rate of boarding equipment. In the end, it was possible to conclude that the Brazilian ports have the capacity to deal with the expected exports of solid vegetable bulk, considering the operation at the productivity frontier, and provided that the scheduled investments be materialized.

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA .....	5
1.2	OBJETIVOS .....	6
1.3	METODOLOGIA DA PESQUISA .....	6
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	7
<b>2</b>	<b>REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA</b> .....	9
2.1	OS IMPACTOS MACROECONOMICOS DA EFICIÊNCIA PORTUÁRIA .....	12
2.2	OS MÉTODOS MATEMATICOS PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA .....	13
2.3	A APLICAÇÃO DOS MÉTODOS NOS PORTOS .....	16
<b>3</b>	<b>O SISTEMA PORTUÁRIO</b> .....	23
3.1	OS MARCOS REGULATÓRIOS DOS PORTOS NO BRASIL .....	23
3.2	INFRAESTRUTURA E GESTÃO PORTUÁRIA .....	25
3.2.1	Infraestrutura dos Portos .....	26
3.2.2	Modelos de Gestão Portuária .....	27
3.3	DESEMPENHO E CAPACIDADES DA OPERAÇÃO PORTUÁRIA .....	28
3.3.1	Desempenho Portuário .....	28
3.3.2	Capacidades Operacionais Portuárias .....	29
<b>4</b>	<b>OS GRANÉIS SÓLIDOS VEGETAIS</b> .....	33
4.1	A SOJA: PRODUÇÃO, PRODUTIVIDADE E MERCADO INTERNACIONAL.....	33
4.2	O TRANSPORTE DO GRANEL SÓLIDO VEGETAL .....	38
4.3	A OPERAÇÃO DO GRANEL SÓLIDO VEGETAL NO PORTO.....	40
<b>5</b>	<b>REFERENCIAL METODOLÓGICO</b> .....	45
5.1	PREVISÃO DA DEMANDA .....	45
5.1.1	Testes Econométricos.....	46
5.1.1.1	Estacionariedade – Teste da Raiz Unitária .....	46
5.1.1.2	Cointegração .....	48
5.1.1.3	Multicolinearidade.....	48
5.1.1.4	Autocorrelação Serial dos Resíduos .....	52
5.1.2	Testes de Previsão .....	54
5.2	MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA.....	55
<b>6</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA</b> .....	60
6.1	MODELO DE PREVISÃO .....	60
6.1.1	Testes Econométricos .....	64



6.1.2 Teste de Previsão .....	68
6.2 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA .....	70
6.2.1 Definição dos <i>Inputs</i> e dos <i>Outputs</i> .....	71
6.2.2 Identificação das Instalações Portuárias e Seleção das DMUs.....	72
6.2.3 Construção de cenários .....	76
<b>7 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>81</b>
7.1 EFICIÊNCIA VERIFICADA.....	81
7.2 CENÁRIOS PROJETADOS .....	83
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>88</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>91</b>
APÊNDICE A – EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS.....	103
APÊNDICE B – DETALHAMENTO DOS COMPLEXOS PORTUÁRIOS.....	105
APÊNDICE C – PARÂMETROS DAS VARIÁVEIS .....	110
APÊNDICE D – PESOS DAS VARIÁVEIS DO MODELO.....	114
APÊNDICE E –ALVOS E FOLGAS PARA OS <i>INPUTS</i> .....	115

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Área de plantio de soja.....	35
Tabela 4.2: Indicadores de produção de soja para 2016 .....	36
Tabela 4.3: Distribuição regional da produção e exportação da soja .....	37
Tabela 4.4: Complexos portuários brasileiros exportadores de soja.....	39
Tabela 5.1: Níveis de multicolinearidade.....	52
Tabela 6.1: Evolução percentual do comércio internacional e do PIB mundial .....	61
Tabela 6.2: Resultados obtidos da regressão com n=21.....	64
Tabela 6.3: ANOVA para a regressão da demanda por exportação de soja .....	65
Tabela 6.4: Resultados do Teste da Raiz Unitária, para n=21 .....	65
Tabela 6.5: Matriz de correlação.....	66
Tabela 6.6: Dados para o cálculo de $\chi^2$ .....	66
Tabela 6.7: Comparação do FIV .....	67
Tabela 6.8: Resultados obtidos da nova regressão, com n=21 .....	67
Tabela 6.9: Resultados obtidos da regressão, com n=21.....	68
Tabela 6.10: Projeções para a exportação do granel brasileiro .....	69
Tabela 6.11: Outra projeção para exportação dos principais graneis vegetais.....	70
Tabela 6.12: Portos brasileiros que operam com graneis vegetais.....	72
Tabela 6.13: Portos e terminais brasileiros exportadores de graneis vegetais .....	74
Tabela 6.14: Investimentos em terminais portuários que operam graneis vegetais .....	80
Tabela 7.1: Aplicação das modelagens DEA-CCR e DEA-BCC para dados de 2017 .....	81
Tabela 7.2: Capacidade de atendimento da demanda com a infraestrutura atual .....	83
Tabela 7.3: Avaliação da capacidade de atendimento considerando os investimentos .....	85
Tabela A.1: Exportações brasileiras em 2017 .....	103
Tabela A.2: Evolução das exportações brasileiras de soja.....	103
Tabela A.3: Participação da China nas exportações brasileiras de soja.....	104
Tabela A.4: Exportações de milho em grãos.....	104
Tabela C.1: Parâmetros dos <i>inputs</i> e do <i>output</i> por terminal .....	110
Tabela D.1: Comparação entre os pesos dos <i>inputs</i> .....	114
Tabela E.1: Alvos e Folgas para cada terminal portuário .....	115

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Comparativo entre DEA e SFA.....	15
Quadro 2.2: Estudos sobre eficiência nos portos .....	21

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Subsistemas do porto .....	26
Figura 4.1: Calendário agrícola do milho.....	40
Figura 4.2: Fluxo sintético do processo de manuseio do granel para exportação.....	43
Figura 5.1: Regra para identificação da autocorrelação. ....	54
Figura 6.1: Distribuição geográfica das instalações portuárias selecionadas.....	75

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1: Distribuição anual das publicações sobre eficiência dos portos .....	11
Gráfico 2.2: Distribuição por país das publicações sobre eficiência dos portos .....	11
Gráfico 4.1: Participação dos países no mercado mundial da soja .....	34
Gráfico 4.2: Evolução da produção mundial de soja .....	35
Gráfico 4.3: Evolução da produtividade dos países exportadores de soja .....	36
Gráfico 4.4: Distribuição das exportações de grãos sólidos vegetais em 2017.....	41

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

Agrostat - Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro

Antaq – Agência Nacional de Transportes Aquaviário

ANTT - Agência Nacional de Transportes Aquaviários

BCC – Banker, Charnes e Cooper

CCR – Charnes, Cooper e Rhodes

CEFTRU – Centro Interdisciplinar de Estudos em Transportes da Universidade de Brasília

Comexstat – Estatísticas de Comércio Exterior

Conab – Companhia Nacional de Abastecimento

CRS – *Constant Returns to Scale*

DEA – *Data Envelopment Analysis* ou Análise Envoltória de Dados

DMUs – *Decision Making Units*

ESALQ/CEPEA – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

FAO/ONU – *Food and Agriculture Organization* ou Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

FIV - Fator de Inflação da Variância

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDA – Indicador de Desenvolvimento Ambiental

IMF/FMI - *Internacional Monetary Fund* /Fundo Monetário Mundial

IMEA – Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária

Labtrans/UFSC – Laboratório de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio

MTPA - Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil

OMC – Organização Mundial do Comércio

PPGT – Programa de Pós-Graduação em Transportes da Universidade de Brasília

SEP – Secretaria Nacional dos Portos

SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão

UNCTAD – *United Nations Conference on Trade and Development* - Conferência das Nações Unidas para o Comércio e o Desenvolvimento

# 1 INTRODUÇÃO

Em 2017 as exportações brasileiras alcançaram US\$ 217,7 bilhões, superando as importações em US\$ 66,9 bilhões. Este é o melhor resultado da série histórica iniciada em 1989, em valores correntes, e representa o terceiro resultado positivo consecutivo, após o déficit de US\$ 2,04 bilhões ocorrido em 2014 (Comexstat - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio, 2018).

Dentre os principais produtos exportados pelo Brasil em 2017, em valores monetários, destacam-se as *commodities* agrícolas e minerais, carnes bovinas e de frango, além de produtos industrializados como aviões e automóveis. Do montante anteriormente citado, os produtos oriundos do agronegócio representaram 44%, contribuindo, com isso, para a geração de divisas e para o crescimento da economia, na qual participou com 21,59% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil naquele ano (ESALQ/CEPEA, 2018).

Em relação a um dos componentes do agronegócio, o granel sólido vegetal, natureza de carga composta, predominantemente, pela soja, milho, açúcar e o farelo de soja (MTPA, 2015), evidenciou-se expressiva contribuição da citada natureza de carga para a balança comercial brasileira, tendo esses produtos atingido, de maneira agregada, 24,8% do montante de recursos gerados e 16% do volume movimentado em 2017 (Comexstat/MDIC, 2018; Anuário Antaq, 2018). Cabe destacar que o café, por exemplo, listado em sétimo lugar no ranking de produtos exportados pelo Brasil em montante transacionado, não é contabilizado como granel vegetal, tendo em vista que ser manuseado em sacas de 60kg, fazendo com que seja classificado como carga geral no processo de exportação.

Na liderança do *ranking* de exportações em 2017, com 11,81% do valor total (Tabela A1 - Apêndice A), as vendas ao mercado internacional do denominado complexo soja (grão, farelo e óleo) cresceram 470% no período entre 1997 e 2017, ou 9% ao ano, conforme pode ser verificado na Tabela A2 - Apêndice A, a partir de dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2018). Ainda em relação à 2017, último ano com dados consolidados até a conclusão desta pesquisa, foram exportadas 83 milhões de toneladas do produto, o que representou o montante de aproximadamente US\$ 32 bilhões, dos quais 76,7% corresponderam ao grão, 21,4% ao farelo e 1,9% ao óleo de soja.

De maneira semelhante ao complexo soja, o milho em grão apresentou avanço expressivo no montante de recursos gerados com a exportação tendo passado de US\$ 41,4 milhões em 1997, para US\$ 4,57 bilhões em 2017. Em relação ao volume de carga exportado, o desempenho dos últimos vinte anos pode ser visto na Tabela A4 - Apêndice A.

Diversos fatores são identificados como causadores do aumento da produção e da exportação de grãos sólidos vegetais. De acordo com Coronel et al (2009), dentre os fatores que impulsionaram as exportações de grãos, está a Lei Kandir, que desonerou as exportações de produtos *in natura* do Imposto sobre Circulação de Mercadorias (ICMS), embora, por outro lado, tenha desestimulado a venda de produtos que poderiam ter maior valor agregado, como farelo e o óleo de soja. Outro fator que colaborou para o crescimento das exportações não só dos grãos, mas das *commodities* em geral, foi a desvalorização cambial iniciada em 1999.

Além das razões relacionadas às políticas cambial e tributária brasileiras, cabe mencionar que a produção mundial de soja vem se expandindo desde o final da Segunda Grande Guerra Mundial, com esse crescimento podendo ser explicado, conforme Lima (2012), por seu emprego na produção de óleo para alimentação e ração animal, constituindo-se numa excelente fonte de proteínas, sendo possível traçar um paralelo entre o aumento da demanda de soja com o crescimento do consumo de carnes bovina, suína e de frango no mundo. Além disso, o autor considera que o aumento das restrições ao uso de complementos alimentares com base em produtos animais na União Europeia, decorrente dos casos registrados da doença de Creutzfeld-Jacob (popularmente conhecida como “doença da vaca louca”), o consumo de farelo de soja adquiriu importância ainda maior na alimentação de rebanhos, elevando a demanda e impulsionando a cotação da soja no mercado mundial.

Ademais, o crescimento econômico da China gerou grande incremento nas exportações brasileiras de produtos agrícolas e minerais, tendo a participação do país asiático no volume exportado do complexo soja, por exemplo, passado de 9,4% em 1997, para 65% em 2017, conforme pode ser evidenciado na Tabela A3 - Apêndice A.

Porta de saída da produção de grãos vegetais com destino aos mercados internacionais, o sistema portuário brasileiro apresenta histórico de carência de infraestrutura e deficiências na prestação do serviço, situações que transcendem aos marcos regulatórios e à organização do setor, seja no período anterior à 1990, após a edição e vigência da Lei nº 8.630/1993 e o período



atual, posterior à publicação da Lei nº 12.815/2013. Em que pese os marcos legais dos portos serem tratados em ponto específico desta dissertação, é significativo abordar, mesmo que de maneira sintética, o ambiente institucional e organizacional, as carências da infraestrutura e as deficiências operacionais do sistema portuário na vigência das citadas legislações, como contribuição ao estabelecimento do cenário que justifica esta pesquisa.

A Lei nº 8.630/1993 alterou o modelo então vigente, no qual os portos eram mantidos por uma empresa estatal controladora das Companhia Docas, permitindo que a iniciativa privada explorasse os serviços portuários por meio de delegação. Dessa forma, Pontes et al (2009) apontam que o sistema portuário brasileiro sob a égide da Lei nº 8.630/1993, comportava duas realidades: a do terminal especializado e a do cais de uso público. Os terminais especializados obtiveram ganhos de produtividade em consequência da melhor gestão da iniciativa privada, a partir da Lei nº 8.630/1993, o que possibilitou a modernização de equipamentos e processos de movimentação das cargas. Já a situação no cais público, administrado pelo poder público via Companhias Docas, era extremamente preocupante pela obsolescência e mau estado dos equipamentos e das instalações. Os autores complementam o cenário dos portos brasileiros ao sintetizar os principais problemas logísticos verificados:

- Falta de infraestrutura adequada;
- Grandes congestionamentos no acesso terrestre (rodoviário e ferroviário) ao porto durante o escoamento da safra de soja;
- Falta de equipamentos (carregadores de navio e esteiras) modernos para o carregamento e descarregamento dos navios;
- Grandes congestionamentos no acesso marítimo (navios) para atracação nos portos durante a safra de soja.

Silva et al (2011) também analisaram a configuração do sistema portuário anteriormente à vigência da Lei dos Portos de 2013, classificando-a como complexa em virtude de seus distintos agentes. Essa complexidade se estendia para o desenho da infraestrutura portuária, classificada em três estruturas: aquaviária, portuária e dos terminais portuários, fazendo com que a eficiência operacional do sistema dependesse das condições mínimas de cada uma dessas estruturas, de maneira conjunta, apesar de serem gerenciadas por atores diferentes.

Relatos sobre as deficiências na prestação do serviço portuário são recorrentes na literatura, no período de vigência da Lei dos Portos de 1993, relacionados à precariedade dos acessos

rodoviários e ferroviários, falta de dragagem e calado insuficiente (Tovar & Ferreira, 2006; Campos Neto et al, 2009), como também de problemas históricos que comprometem a competitividade de nossos portos, inerentes à burocracia dos procedimentos alfandegários, fazendo com que o tempo médio para liberação das cargas no Brasil fosse superior aos valores médios de referência dos demais países (Souza, 2014).

Mais recentemente foi estabelecido um novo marco legal para o setor portuário brasileiro, com a edição da Medida Provisória nº 595, de 6 de dezembro de 2012, convertida na Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013, eliminando a distinção de tipo de carga a ser movimentada no terminal, sepultando a diferença até então existente entre terminais privativos de uso exclusivo e de uso misto, mas mantendo o regime jurídico aplicável a elas inalterado, qual seja, a outorga de autorização (Paoliello, 2014).

As recentes alterações legais e normativas, a qual se inclui o Decreto nº 9.048/2017, simplificam os processos de outorga para autorização de instalação privada e flexibilizam a gestão dos contratos com vistas a aumentar a eficiência das operações. As mudanças abrem diversas possibilidades de adequação para os inúmeros terminais arrendados e privados no Brasil, de acordo com suas especificidades, dentro do interesse público e das políticas traçadas para o setor, com o objetivo de aumentar a competitividade e, por consequência, o desenvolvimento do país, revertendo as deficiências logísticas, por meio da ampliação, principalmente, dos investimentos privados em infraestrutura e gestão portuária (Pinto, 2017; Barbosa, 2017). Vale lembrar que 2013, ano da publicação da Lei nº 12.815, foi marcado por filas nos portos para descarregamento da soja, fato que acarretou a decisão, por parte dos importadores, de cancelamento das compras por atraso no embarque, conforme relatado por Shuping & Thukral (2013). Como causas, esses autores apontaram a colheita de uma safra recorde, com um grande volume chegando aos portos brasileiros, enquanto que a capacidade de movimentação dos terminais foi considerada abaixo do ideal.

Iniciativas administrativas recentes do governo federal têm como objetivo a redução das ocorrências de atraso e filas nos portos, por meio da implementação de mecanismos de coordenação entre os diversos atores envolvidos no processo de escoamento das safras. Como exemplo desta afirmação, foi editada a Portaria Interministerial nº 231/2013, que constituiu o Grupo de Trabalho de Acompanhamento do Escoamento de Safra, de caráter permanente, composto por representantes dos Ministérios da Agricultura e Transportes, e da Agência

Nacional de Transportes Terrestres – Antaq e a Agência Nacional de Transportes Aquaviários - ANTT, dentre outros, tendo como um dos objetivos, “monitorar a movimentação de grãos desde as regiões produtoras até os portos e terminais de destinos, a fim de identificar os gargalos existentes nos principais eixos de transportes que compõem os corredores logísticos e propor alternativas de escoamento, considerando a existência de instalações que permitam o transbordo, as armazenagens de cargas e a integração entre os modos de transportes”. No âmbito do mencionado grupo foi celebrado Convênio de Cooperação entre as citadas agências, que permitiu, por exemplo, ação fiscalizadora da ANTT nas malhas internas dos complexos portuários, como também a intensificação da fiscalização quanto à obrigatoriedade do agendamento dos terminais (Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, 2015).

Em que pese a possibilidade de melhor operação do sistema, a tendência de aumento do volume de grãos vegetais exportado verificada nos últimos anos, ainda se contrapõe ao montante de investimentos em infraestrutura. De acordo com Souza et al. (2015), entre 2001 e 2011 os investimentos nos portos brasileiros corresponderam a apenas 0,04% do PIB, em média, sendo que os investimentos em infraestrutura no Brasil entre 2001 e 2011 foram de 2,17% do PIB. Neste mesmo período, a China investiu no setor 13,4% do PIB, a Índia 4,8% e o Chile 5,1%.

Considerando a expansão das exportações dos grãos vegetais, combinada às limitações de recursos públicos para ampliação da infraestrutura portuária, fazem com que a aferição da capacidade do sistema portuário brasileiro se constitua em tema de grande relevância para o setor de transporte e para a economia nacional. Dessa forma, a construção de procedimentos para aferir essa capacidade permitirá dotar os gestores, públicos e privados, de informações que visem à tomada de decisão, seja pela adoção de medidas que ampliem a eficiência operacional dos terminais portuários, seja pela identificação das carências e necessidades da infraestrutura, permitindo a eficaz alocação dos recursos, tendo como objetivo atender às demandas por escoamento das safras agrícolas.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Diante da exposição precedente (histórico de dificuldades na exportação de grãos, aumento da demanda verificada nos últimos anos), tem-se a seguinte pergunta de pesquisa: Os complexos portuários dispõem de capacidade instalada com vistas a atender à demanda futura de exportações de grãos sólidos vegetais?

## 1.2 OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivos

- Estimar a demanda agregada futura de exportação dos principais grãos sólidos vegetais (soja, farelo de soja, açúcar e milho).
- Avaliar a capacidade do sistema portuário brasileiro de atender à demanda de exportação de grãos sólidos vegetais.

## 1.3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A presente dissertação tem gênero metodológico, com objetivo experimental, de abordagem quantitativa e natureza aplicada, na qual serão utilizadas ferramentas econométricas e técnicas de programação matemática para alcance dos objetivos traçados.

Para avaliar a capacidade dos portos nacionais para atendimento das demandas de grãos sólidos vegetais é necessário executar as seguintes etapas:

- a) Coletar dados históricos de exportação de grãos sólidos vegetais, taxa cambial, Produto Interno Bruto *per capita* mundial (descontando o Brasil) e a cotação dos grãos no mercado de futuros.
- b) Estimar a demanda por exportação brasileira de grãos sólidos vegetais, empregando o Método dos Mínimos Quadrados ao modelo clássico de demanda por exportações;
- c) Efetuar os testes econométricos clássicos de qualidade da equação estimada;
- d) Realizar os testes de previsão clássicos para verificação da qualidade das estimativas de demanda;
- e) Identificar, na literatura, os métodos para a avaliação da eficiência, com auxílio à tomada de decisão, selecionando aquele de maior aplicação em portos e instalações portuárias;
- f) Realizar estudo de caso, aplicando método para avaliação da eficiência ao sistema portuário. Para isso é necessário:
  - i. Identificar os portos e terminais que operam com o granel vegetal;
  - ii. Mapear cada porto identificado, apurando as características de cada terminal que opera com produtos do granel vegetal;
  - iii. Definir as variáveis (*inputs* e *outputs*) do modelo;
  - iv. Definir os terminais que serão “unidades tomadoras de decisão”;

- v. Coletar dados e informações sobre os processos operacionais e de infraestrutura (atual e projetada) dos terminais de granéis sólidos vegetais selecionados;
  - vi. Estabelecer cenários para o volume futuro de granel sólido vegetal para cada terminal selecionado;
  - vii. Aplicar o método selecionado para os respectivos anos para os quais foram estimadas as demandas por exportação.
- g) Proceder a avaliação dos resultados encontrados quanto ao atendimento das demandas futuras de exportação de granéis sólidos vegetais.

A equação de demanda de exportação de granéis sólidos vegetais será estimada por meio do Método dos Mínimos Quadrados e testada por meio de seguintes testes econométricos, nesta ordem: (a) teste de raiz unitária (Dickey-Fuller), (b) teste de cointegração (Engle-Granger), (c) teste de correlação serial dos resíduos (Durbin-Watson), (d) teste de multicolinearidade (Farrar-Glauber e o Fator de Inflação da Variância - FIV) e (e) teste de acurácia das estimativas.

Os dados para o modelo de demanda, referentes ao período de 1997 a 2017, têm as seguintes fontes: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (volume anual de exportação em toneladas dos granéis sólidos vegetais), Banco Mundial (valor anual do PIB per capita mundial em dólar), Banco Central do Brasil (taxa real de câmbio, considerando-se as cotações do último dia de cada ano analisado), CBOT, *Chicago Board of Trade* (série de dados históricos do preço dos granéis sólidos vegetais).

As projeções para a taxa de câmbio e para a renda *per capita* mundial, compreendendo o período de 2018 a 2021, serão coletadas no Banco Central do Brasil e no Fundo Monetário Internacional, respectivamente.

Os dados portuários serão obtidos a partir de consulta aos Planos Mestres, Planos de Desenvolvimento e Zoneamento dos complexos portuários, Sistema do Anuário da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Antaq) e nas páginas oficiais na *internet* dos portos públicos e terminais de uso privado (TUP).

#### 1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido da seguinte forma: no Capítulo 2 é apresentada a revisão sistemática da literatura, sintetizando a pesquisa científica que trata da eficiência operacional dos portos. O

Capítulo 3 aborda o sistema portuário brasileiro, os elementos da infraestrutura e da gestão dos portos, além dos referenciais para avaliação das capacidades e do desempenho da operação nos terminais. O Capítulo 4 descreve os processos de produção e transporte do granel vegetal até o porto, com destaque para a produtividade e a competitividade da soja brasileira frente ao mercado internacional, como também a distribuição mensal dos fluxos dos principais grãos vegetais que integram a pauta de comércio internacional do Brasil. No Capítulo 5 é apresentado o arcabouço teórico que embasa este trabalho, contendo as teorias referentes aos testes econométricos de qualidade para o modelo clássico de demanda de exportação, os testes de previsão e o método de programação matemática para análise da eficiência. Já o Capítulo 6 contém a implementação da metodologia desta pesquisa, descrevendo a aplicação dos métodos citados anteriormente, a definição dos parâmetros e das variáveis para os modelos que compõe esta pesquisa. No Capítulo 7, os resultados encontrados são analisados e as principais conclusões são apontadas; já no Capítulo 8 estão apresentadas as considerações finais, contendo as recomendações para trabalhos futuros, como também as limitações desta pesquisa.

## 2 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A medição e a avaliação do desempenho de operações e de processos de produção têm relevância estratégica para as organizações, haja vista auxiliar na tomada de decisões e contribuir para a maximização de resultados. De acordo com Corrêa & Corrêa (2017), em uma visão mais mercadológica e numa lógica competitiva, as organizações, para atingir seus objetivos, buscam satisfazer a seus clientes (e a outros grupos de interesse) de forma mais eficiente e eficaz que seus concorrentes. Assim, para que se possa delimitar o escopo da abordagem desta pesquisa, inicialmente serão apresentados a conceituação dos termos eficiência e eficácia:

- Eficácia refere-se à extensão segundo a qual os objetivos são atingidos, ou seja, as necessidades dos clientes e outros grupos de interesse da organização (e. g., funcionários, governo, sociedade) são satisfeitas;
- Eficiência, por outro lado, é a medida de quão economicamente os recursos da organização são utilizados quando promovem determinado nível de satisfação dos clientes e outros grupos de interesse.

Diretamente relacionada com a eficiência, a produtividade é a razão entre o que foi produzido e que foi empregado nesta produção, ou seja, a capacidade de realizar um determinado processo produtivo obtendo o máximo de *outputs* (produtos e serviços), a partir da minimização de *inputs* (insumos, recursos e procedimentos). Peña (2008) considera que um processo é produtivo do ponto de vista tecnológico quando emprega o menor nível de insumos possível para produzir um nível dado de produção, ou quando obtém o maior nível de produção possível com um dado nível de insumo. Já um método é mais produtivo do ponto de vista econômico que outro, quando o primeiro consegue uma quantidade de produto igual ao do segundo com menor custo, ou quando com o mesmo custo se obtém um nível de produção maior. Enquanto isso, a eficiência compara o que foi produzido, dados os recursos disponíveis, com aquilo que poderia ter sido produzido com a utilização dos mesmos recursos. De maneira geral, pode-se dizer que a eficiência é o resultado da divisão entre um indicador e seu correspondente máximo (Almeida et al, 2006), fazendo com que a medida da eficiência possa ser obtida a partir da medição da produtividade (Equação 2.1).

$$Eficiência = P/P_{max} \text{ ou } \frac{\frac{Output (Produção) \text{ Realizada}}{Input (Insumo)}}{\frac{Output (Produção) \text{ Máxima}}{Input (Insumo)}} \quad (2.1)$$

Em que:

$P$  = produtividade atual da unidade produtora;

$P_{\max}$  = produtividade máxima que pode ser alcançada pela unidade produtora.

De maneira semelhante à produtividade, a eficiência é subdividida em dois ramos específicos: técnico e econômico. Enquanto o primeiro relaciona a maior produção possível com a menor quantidade de insumos aplicados, o segundo se caracteriza pelo processo que combina maior geração de produto a partir do menor custo de investimento, o que, conseqüentemente, gera maior lucro.

Kutin et al (2017) relembram que Debreu (1951) estabeleceu a primeira medida de eficiência produtiva com seu conceito do coeficiente de utilização de recursos e que Farrell (1957) propôs um método semelhante de medir a eficiência, incluindo múltiplas entradas e saídas. Merkel & Holmgren (2017) abordam a análise de eficiência, originalmente concebida por Farrell (1957), como sendo o quantitativo que uma *Decision Making Unit* (DMU, em português Unidade de Tomada de Decisão), geralmente uma empresa, é capaz de produzir em um nível máximo de produção, dado um conjunto de insumos, combinando-os de uma maneira ótima. O primeiro desses componentes, a maximização do *output*, dado um conjunto de entradas, é o que chamamos de eficiência técnica. A segunda, a seleção ótima de proporções de entrada, é chamada de eficiência alocativa. Combinados, eles fornecem uma medida de eficiência econômica.

Peña (2008), por sua vez, considera a eficiência econômica como uma extensão da eficiência técnica, em virtude de envolver, além dos aspetos físicos, os monetários. A produção para ser economicamente eficiente requer a máxima eficiência técnica. Porém uma organização tecnicamente eficiente pode ser ineficiente em termos econômicos, se ela não usa a melhor combinação dos insumos que minimiza os custos.

À luz dos conceitos anteriormente descritos, a Revisão Sistemática da Literatura foi estruturada para se identificar o conhecimento científico em relação aos impactos da eficiência e da produtividade dos portos na economia local e mundial; os métodos empregados na avaliação da eficiência no setor portuário; a aplicação destes métodos e os respectivos resultados. Para isso, foram consultadas as bases *Web of Science* e *Scopus*. Os resultados obtidos indicaram a atualidade do estudo do tema, conforme pode ser verificado no Gráfico 2.1, que aponta a



evolução do número de publicações a partir de 2010, com destaque para 2018, com 24 publicações selecionadas.

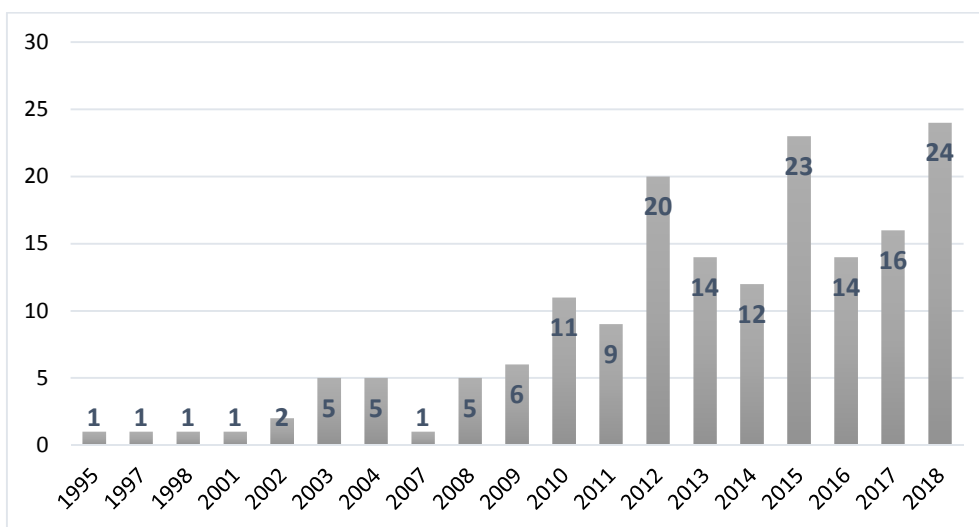


Gráfico 2.1: Distribuição anual das publicações sobre eficiência dos portos  
 Fonte: Elaborado pelo autor com levantamento realizado na base Web of Science

A partir da mesma amostra, detectou-se que a China é o país com maior número de artigos publicados sobre o tema, com o Brasil ocupando o 13º lugar, com sete publicações (Gráfico 2.2). Destacam-se, ainda, Holanda e Cingapura, com 17 e 9 publicações respectivamente, países que ocupam os primeiros lugares no ranking de competitividade global, no quesito qualidade da infraestrutura portuária (Schwab, 2017).

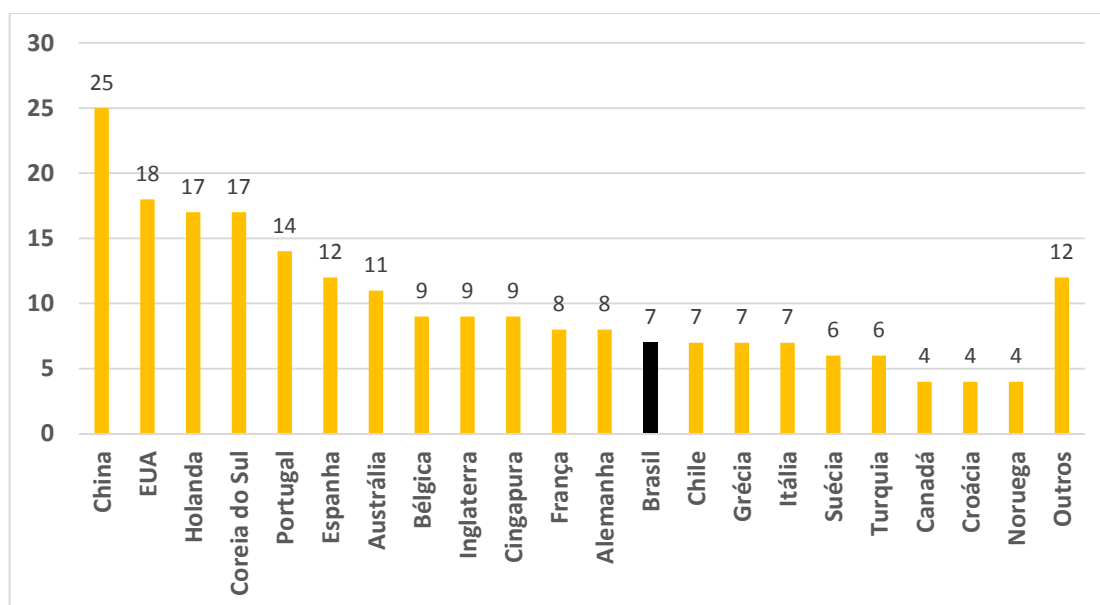


Gráfico 2.2: Distribuição por país das publicações sobre eficiência dos portos  
 Fonte: Elaborado pelo autor com levantamento realizado na base Web of Science

Além do descrito anteriormente, nas seções deste capítulo estão consolidados os achados da Revisão Sistemática da Literatura, sistematizando a investigação sobre o conhecimento gerado para as questões formuladas nesta pesquisa.

## 2.1 OS IMPACTOS MACROECONOMICOS DA EFICIÊNCIA PORTUÁRIA

A operação eficiente e eficaz traz reflexos que transcendem a própria organização. Especificamente no setor portuário, a infraestrutura e a operação estão diretamente relacionadas com o desenvolvimento econômico do planeta, conforme destacado por (Kutin et al, 2017) em pesquisa que tratou da existência dessa correlação no progresso das Nações do Sudeste Asiático (ASEAN). Ademais, os portos desempenham papel de elo vital na cadeia de fornecimento global (Min et al, 2017), sendo, ainda, elementos-chave para o incremento e desenvolvimento dos negócios e do comércio internacional (Madeira Júnior et al, 2012; Min et al, 2017).

Assim, o pleno desempenho dessas atribuições está intrinsecamente atrelado à capacidade das infraestruturas portuárias de operarem de maneira eficiente, produtiva e com custos reduzidos. Especialmente no que se refere à relação da eficiência dos terminais, portos e do próprio sistema portuário com o desenvolvimento da economia e do comércio, Bottaso et al (2018) apontam que a temática tem sido objeto de diversos estudos de organismos internacionais e também de pesquisas científicas.

Em relação ao primeiro grupo, estudo do Banco Mundial (2016) destacou que a logística eficiente conecta empresas aos mercados domésticos e internacionais através de cadeias de suprimentos. Por outro lado, os países caracterizados por baixo desempenho logístico enfrentam altos custos, não apenas os custos de transporte, mas também em função de uma cadeia de suprimentos não confiável, o que gera uma grande desvantagem na integração e competição em nível global.

Já no âmbito da pesquisa científica, Bottaso et al (2018) destacam a atuação essencial da logística na ligação entre diferentes redes de transportes e no fomento das cadeias internacionais de produção, podendo-se, ainda, apontar a pesquisa de Bensassi et al (2015), por meio da qual foi evidenciado que os efeitos da eficiência portuária transcendem as atividades estritamente realizadas no terminal marítimo, tais como praticagem, estiva, armazenamento e depósito de carga, mas também para outras atividades administrativas, incluindo requisitos aduaneiros, e

para uma grande proporção de transações relacionadas ao comércio internacional. Como exemplo dessa afirmação, Clark et al (2004), utilizando uma medida da eficiência portuária fornecida pelo Relatório de Competitividade Global de 1999 do Fórum Econômico Mundial, obtiveram resultados que indicam que este fator tem um impacto marcante no comércio. Mais especificamente, eles entendem que uma melhoria na eficiência portuária a partir do 25º para o 75º percentil reduziria os custos de transporte marítimo em mais de 12%, equivalente a 5000 milhas em termos de distância, o que implicaria um aumento de 25% no comércio bilateral.

Os impactos da eficiência portuária afetam de maneira diferente os diversos países, em função da importância relativa que a balança comercial tem para cada economia em particular. O Brasil se insere no grupo de países em que o volume de recursos movimentados nos portos, principalmente em função das exportações, é significativo para a economia e para o equilíbrio das contas nacionais. Wu & Goh (2010) destacam que as economias dos países emergentes, como o Brasil, a Rússia, a Índia e a China (BRIC), crescem em decorrência do aumento acentuado da demanda por *commodities*, sendo este um fator que alimenta o desenvolvimento da infraestrutura desses países. Para testar se essa maior demanda é manuseada de maneira eficiente, Wu & Goh (2010), compararam, a partir de dados até 2005, os portos de países emergentes (Porto de Santos, representando o Brasil) com instalações portuárias de países desenvolvidos, concluindo que os portos (exceto os da China, Brasil e Bangladesh) precisam melhorar urgentemente suas instalações e capacidade, para evitar sofrer de graves gargalos operacionais à medida que o volume de negócios se expande.

## 2.2 OS MÉTODOS MATEMÁTICOS PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA

Inicialmente, identificou-se que a avaliação da eficiência nos processos produtivos é comumente realizada por meio de procedimentos paramétricos e não-paramétricos.

Os modelos paramétricos são caracterizados por funções lineares, cujos dados da amostra decorrem de algum tipo de distribuição de probabilidade, sendo realizadas inferências sobre os parâmetros dessa distribuição; os dados podem ter baixa ou alta correlação, mas o resultado apontará uma interpretação mais concisa dos dados em decorrência do grau dessa correlação.

Já os modelos não paramétricos não utilizam inferências estatísticas, nem medidas de tendência central, testes de coeficientes ou formalizações de análises de regressão (Ferreira e Gomes, 2009), e objetivam definir a fronteira de produção por meio do emprego da programação

matemática. As principais características (e vantagens) do método não paramétrico são a sua flexibilidade, já que podem tratar múltiplos insumos e produtos, impondo menores restrições quanto à tecnologia de produção, evitando restrições desnecessárias sobre a função de produção, além de operar com amostras pequenas, nas quais os dados da amostra devem estar altamente correlacionados para se obter informações mais precisas, estimando-se as funções de fronteira (Gillen & Lall, 1997).

Na literatura foi identificado um expressivo quantitativo de pesquisas que avaliam a eficiência dos equipamentos portuários, por meio da utilização de modelos não paramétricos. Dentre esses, se destacam o DEA (*Data Envelopment Analysis*, em português Análise Envoltória de Dados) e o SFA (*Stochastic Frontier Analysis*, em português Análise da Fronteira Estocástica), métodos de larga utilização no setor portuário e que serão abordados a seguir.

Os conceitos de eficiência trazidos por Farrel (1957) permitiram o estabelecimento do método da Análise Envoltória de Dados (DEA), caracterizada como uma técnica não paramétrica que compara o desempenho de unidades de produção que possuem objetivos e executam tarefas semelhantes, a partir do tratamento de um determinado quantitativo de variáveis de saídas (*outputs*) e entradas (*inputs*).

Já a Análise da Fronteira Estocástica (SFA), proposta concomitantemente por Aigner et al (1977) e Meeusen & Van den Broeck (1977), consiste na estimativa de uma função de custo ou produção de fronteira estocástica:

$$\ln(y_{it}) = f(X_{it} \beta) + V_{it} - U_{it}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.2)$$

Nessa função,  $y_{it}$  representa a produção da  $i$ -ésima observação para a empresa  $t$ ;  $f(X_{it} \beta)$  representa a função de produção;  $V_{it}$  contabiliza erros e outros fatores aleatórios, tais como efeitos de clima, greves, etc., no valor da variável de produção, adicionado à variável ( $U_{it}$ ), que representa um erro composto que inclui um fator de ruído simétrico e um fator de ineficiência não negativo aleatório (Tongson & Heng, 2005).

O modelo é chamado de função de produção de fronteira estocástica porque os valores de produto são limitados por cima pela variável aleatória estocástica ( $X_{it} \beta + V_{it}$ ). O componente

aleatório  $V_{it}$  pode ser positivo ou negativo e, assim, a fronteira estocástica de produção varia sobre a parte determinística da fronteira,  $(X_{it} \beta)$  (Silveira et al, 2009).

A especificação da fronteira de produção é complementada pela Equação 2.3, cujo objetivo é identificar o valor da ineficiência de cada unidade por meio das variáveis explicativas (Tongson & Heng, 2005):

$$u_{it} = Z_{it}\delta + W_{it} \quad (2.3)$$

Em que:

$u_{it}$ , representa a ineficiência técnica;

$Z_{it}$ , é um vetor de variáveis explicativas relacionadas com a ineficiência técnica;

$\delta$ , é um vetor de parâmetros escalares desconhecidos a serem estimados; e,

$W_{it}$ , são as variáveis explicativas.

As semelhanças e diferenças entre DEA e SFA foram sintetizadas por González e Trujillo (2009) nos quesitos que estão mostrados no Quadro 2.1, a seguir:

Quadro 2.1: Comparativo entre DEA e SFA

<b>DEA</b>	<b>SFA</b>
Não paramétrica	Não paramétrica
Determinística	Não determinística
Não considera ruído aleatório	Considera ruído aleatório
Não permite que hipóteses estatísticas sejam realçadas	Permite que hipóteses estatísticas sejam realçadas
Não impõe suposições sobre a distribuição do termo de ineficiência	Impõe suposições sobre a distribuição do termo de ineficiência
Não inclui erro	Inclui um termo de erro associado: dividido em simétrico e unilateral
Não requer a especificação de uma forma funcional	Requer a especificação de uma forma funcional
Sensível ao número de variáveis, erros de medição e <i>outliers</i>	Pode confundir ineficiência com uma especificação pobre do modelo
Método de estimativa: programação matemática	Método de estimativa: econométrica

Fonte: González & Trujillo (2009)

Os métodos anteriormente citados são aplicados na análise comparativa de diversos objetos de avaliação, não sendo diferente para a avaliação da eficiência dos transportes, em especial das

instalações portuárias. Em que pese o grau de diversidade das operações portuárias, composta por inúmeras fontes de entradas e saídas, além de diferenças inerentes à organização e à gestão, a comparação das performances entre instalações que possuem finalidade e objetivo semelhantes, permite se estabelecer, portanto, as unidades mais eficientes em detrimento das demais.

### 2.3 A APLICAÇÃO DOS MÉTODOS NOS PORTOS

O estudo da eficiência do setor portuário e dos seus componentes de maneira individualizada (portos e terminais) concentra-se em abordagens nos campos econômico, operacional e ambiental. Além da importância macroeconômica, tratada na Seção 2.1, a avaliação da eficiência tem significativa importância para as unidades avaliadas, tendo em vista que conhecer o próprio desempenho, comparando-o com metas previamente estipuladas e, principalmente, situando-o em um ambiente competitivo é fundamental para a sobrevivência de todo e qualquer empreendimento.

Considerando esse ambiente competitivo, as avaliações da eficiência fornecem uma ferramenta para que gestores portuários realizem *benchmarking* das performances organizacionais dos terminais concorrentes situados nas respectivas *hinterlands*, ou em ambientes nacionais e internacionais, com o objetivo de fazer o emprego mais efetivo de seus recursos, de modo a conseguir vantagem competitiva no transporte global, por meio da melhoria da produtividade, da qualidade do serviço e da agilidade na cadeia de suprimentos dos terminais (Birgun & Akten, 2005).

Especificamente no que se refere à eficiência e à produtividade no transporte marítimo, um dos parâmetros mais representativos é o tempo total consumido pelos navios para embarque ou desembarque de mercadorias, desde a espera pela atracação até a saída do cais, em virtude de o tempo das embarcações ser um insumo oneroso. A velocidade de manuseio das cargas e o consequente tempo de resposta da embarcação é uma questão crucial em termos de competitividade para as autoridades e operadores portuários. Assim, melhorias substanciais de produtividade são geralmente necessárias para permitir que os portos atendam aos rigorosos requisitos de serviço de seus clientes e obtenham vantagens competitivas. Portanto, o nível de eficiência pode ser representado pela rapidez com que as cargas são manipuladas e a consequente agilidade com que as embarcações são giradas nos complexos portuários. Quanto maior o nível de eficiência de uma operação em um porto ou terminal, mais usuários poderão

escolhê-lo, o que, por sua vez, fará com que a porto ganhe fatias de mercado (Tongzon & Heng, 2005).

González & Trujillo (2009) citam duas maneiras de melhoria do processo produtivo no setor portuário, por meio do qual os portos ineficientes poderiam ser aproximar da fronteira da eficiência: introdução de progresso técnico, por exemplo, através de novos equipamentos para manuseio de mercadorias; melhor qualificação dos trabalhadores para usar equipamentos mecânicos novos e mais sofisticados, o que geraria aumento da produtividade. Entretanto, antes de implementar esses avanços, inicialmente é necessário medir o nível de desempenho das instalações portuárias, empregando, para isso, métodos para avaliação da eficiência.

Ao revisarem a literatura sobre o tema, González & Trujillo (2009) definiram três grupos de modelos de avaliação da eficiência dos portos. O primeiro composto por estudos que empregam indicadores de produtividade parcial do sistema portuário e a produtividade total dos fatores; estudos com uma abordagem de engenharia que usam simulações e a teoria de filas constituem o segundo grupo; enquanto o terceiro, mais recente, abrange as estimativas das fronteiras tecnológicas, que derivam dos índices de eficiência das empresas portuárias. Em comum, todos esses têm como característica desenvolver uma ferramenta para orientar a tomada de decisões, tanto de uma perspectiva de negócios quanto de política econômica.

Nesse contexto, Choi (2011) ao analisar os principais portos do Nordeste da Ásia, quanto ao desejo da Região de se tornar, de maneira sustentável, um centro de uma rede logística global, identificou que a maioria dos portos se mostrou mais forte em eficiência pura (*pure efficiency* – PE) e mais fraco em eficiência de escala (*scale efficiency* - SE), componentes da eficiência técnica, concluindo que as políticas de promoção para se tornarem um *hub* sob a rede logística em rápida mudança devem ser baseadas na inovação, na governança eficaz das empresas âncoras e na formação de alianças estratégicas com parceiros globais.

Por sua vez, Serebrisky et al (2016) analisaram os direcionadores da eficiência técnica, utilizando o modelo SFA em um painel de dados com 63 portos da América Latina e do Caribe que operam com contêineres, com os resultados indicando que os ganhos de eficiência estão relacionados com a participação do setor privado na indústria portuária. Por outro lado, destacaram que os níveis de renda nacional e a corrupção no setor público não causam impactos significativos nas medidas de eficiência portuária. Esses resultados são uma indicação de que a

eficiência portuária tende a ser mais dependente de variáveis específicas do porto, em vez de variáveis de nível macro, como instituições nacionais e riqueza.

Cullinane et al (2006) analisaram os principais portos ao redor do mundo que operam primordialmente com contêineres, empregando, para o mesmo conjunto de dados, os métodos DEA e SFA, comparando as propriedades de eficiência e de escala derivadas dessas duas abordagens. Embora o objetivo principal fosse comparar os resultados encontrados entre os dois métodos, os autores apontaram que as estimativas permitem fornecer subsídios ao monitoramento e à definição de ações relacionadas com a política portuária governamental, seja no nível da autoridade portuária, seja em relação aos operadores de terminais.

Em relação à eficiência financeira, as pesquisas científicas recentes têm avaliado os impactos decorrentes da propriedade dos portos, seja pública ou privada, como também da comparação entre infraestruturas antes e após o processo de privatização (Wanke & Barros, 2015; Gong et al, 2012), ou ainda os efeitos da atuação da autoridade portuária (Panayides et al, 2017). Valentine & Grey (2001) procuraram determinar se existe um tipo particular de propriedade e estrutura organizacional que leve a um porto ser mais eficiente, utilizando o método DEA para avaliar a eficiência relativa de uma amostra de portos e a análise de cluster para examinar suas estruturas organizacionais. Callistus & Donatus (2012) avaliaram a produtividade e eficiência dos portos da Nigéria, empregando o SFA, com o viés de identificar eventual melhoria da produtividade após a transferência da gestão dos portos para os operadores privados, concluindo que a baixa eficiência registrada nesses portos, em grande parte, deve-se à subutilização da infraestrutura portuária, enquanto que a baixa contribuição dos insumos de mão de obra para a produção desses portos sugere baixa mecanização da movimentação de carga.

No que diz respeito à eficiência dos portos brasileiros, Wanke (2013) destacou estudos próprios (Wanke et al, 2011 e Wanke, 2012) nos quais foram ratificadas as evidências que indicavam a insuficiência da capacidade portuária brasileira de atender às demandas crescentes, os quais se relacionavam com carências da infraestrutura e com as ineficiências no processo de carregamento das cargas. Assim, o autor utilizou o método DEA para os dois fatores anteriormente citados (infraestrutura e operação de carregamento), concluindo que uma administração privada exerce um impacto positivo nos níveis de eficiência da infraestrutura física.



Ainda em relação aos portos brasileiros, Beuren et al (2018) avaliaram e compararam a eficiência dos principais portos brasileiros utilizando a análise envoltória de dados, utilizando como insumos a capacidade de carga, comprimento do cais e calado máximo e as saídas sendo o volume de carga e o número de chamadas de envio, com o objetivo de reunir elementos para tentar identificar se a natureza da carga movimentada, ou o modelo de gestão adotado, afetam significativamente a eficiência. Os resultados indicaram que o porto de Paranaguá seria o mais eficiente do Brasil, não se encontrando diferenças significativas de eficiência com base em diferentes modelos de gestão ou natureza da carga manuseada.

Empregando-se o método DEA, a partir da combinação de variáveis operacionais e financeiras para se identificar a proximidade dos portos marítimos italianos com a fronteira das melhores práticas, Barros (2006) testou o papel desempenhado pela dimensão da instalação e da força de trabalho na eficiência dos portos marítimos analisados.

Entretanto, a aplicação dos modelos para avaliação de eficiência dos portos não se limita aos fatores operacionais e econômicos, com destaque, também, para a análise da influência das atividades portuárias para o meio ambiente e a eficiência ambiental dos portos e terminais. Guimarães et al (2014) avaliaram o desempenho das operações de terminais de contêineres utilizando o conceito de ecoeficiência, que combina diferentes objetivos de eficiência (maior movimentação de carga com uso mínimo de recursos) e redução de influências ambientais. A partir da utilização do modelo DEA identificou-se, ao final, os portos que alcançaram a fronteira da eficiência ecológica, aqueles considerados benchmarks, o que significa que atingiram 100% para a ecoeficiência relativa, e determinaram quanto cada terminal não ecoeficiente deveria ser melhorado e o que eles devem fazer melhor para alcançar a fronteira de ecoeficiência.

Guimarães et al (2014) observaram, ainda, que os portos são compostos por diferentes tipos de terminais, que operam cargas de natureza diversa, sendo que o impacto ambiental irá variar em função do tipo de carga manipulada. Além disso, múltiplos fatores contribuem para os indicadores de desempenho ambiental nos portos, alguns desses não pertencentes à operação portuária em si, como a movimentação de embarcações no acesso marítimo e a chegada e saída das cargas por modo rodoviário ou ferroviário.

Leal Jr. & Guimarães (2013) elaboraram um ranking dos portos brasileiros em termos de desempenho em ecoeficiência, com a utilização de uma técnica de auxílio multicritério à

decisão conhecida como Análise Relacional Grey, combinando indicadores relacionados ao valor do serviço e influências ambientais.

Em virtude da contemporaneidade dos citados estudos, identifica-se o avanço recente do interesse em relação à eficiência ambiental da operação de portos e terminais portuários, particularmente em função da concentração de pesquisas realizadas por pesquisadores brasileiros. Acredita-se que esse tema ganhará maior relevância no Brasil, tendo em vista que a compatibilização dos transportes aquaviário e terrestre com a preservação do meio ambiente é um princípio do gerenciamento e da operação das infraestruturas, estando incluído nas ações do órgão regulador do transporte aquaviário (Antaq), além da sustentabilidade ambiental constar das agendas nacional e internacional.

A partir da pesquisa realizada, dois aspectos despertam a atenção: a expressiva prevalência de trabalhos que tratam de terminais e portos que operam com contêineres, em detrimento daqueles que trabalham com as demais naturezas de cargas; a concentração das pesquisas entre os tipos de eficiência operacional, financeira, infraestrutura e superestrutura, nas quais foram identificados estudos que avaliam as eficiências de maneira isolada ou que combinam esses tipos de eficiências na análise, com poucas referências à eficiência ambiental.

Quanto à natureza de carga, da amostra selecionada, somente a pesquisa de Barros (2006) considerou os quantitativos do granel seco (*dry bulk*) manuseados como um *output*.

Em síntese, pode-se concluir que o estudo da análise da eficiência portuária tem caráter atual, nas abordagens econômica, operacional e, mais recentemente, ambiental, além das respectivas repercussões desse desempenho sobre a economia e a sociedade. No que se refere aos procedimentos para identificação da *performance* dos terminais portuários, cabe destacar que métodos preferencialmente empregados são o DEA e o SFA. Ademais, como amostra da predominância dos mencionados métodos, e como forma de se identificar o tratamento dado a esse tipo de avaliação, estão tabulados no Quadro 2.2 uma compilação de pesquisas sobre eficiência nos portos e terminais portuários, no qual estão descritas as variáveis de entrada e saída empregadas (*inputs e outputs*), as unidades analisadas (DMU):

Quadro 2.2: Estudos sobre eficiência nos portos

<b>Autores (Ano)</b>	<b>Método</b>	<b>Inputs</b>	<b>Outputs</b>	<b>DMU</b>
Al-Eraqi et al (2008)	DEA	Comprimento do berço Área de armazenamento Equipamentos para manuseio de carga	Carga transportada Número de chamadas de envio (número de navios enviados para atracação)	Portos africanos
Almawshaki & Shah (2015)	DEA	Área do terminal Comprimento do cais Equipamentos de pátio Calado máximo	Contêineres transportados (TEU)	19 terminais de contêineres do Oriente Médio
Bichou (2012)	DEA	Área do terminal Calado máximo Taxa de produção dos guindastes do cais Comprimento do cais Portões para área de empilhamento	Contêineres transportados (TEU)	420 terminais de contêineres
Barros (2006)	DEA	Capital investido Custos operacionais Pessoal envolvido	Granel líquido Granel seco Número de navios Passageiros Vendas Contêineres (com e sem TEU)	Autoridade portuária Italiana
Barros & Athanassiou (2004)	DEA	Trabalho Capital	Número de navios Fretes realizados Carga movimentada Contêineres movimentados	Portos gregos e portugueses
Beuren et al (2017)	DEA	Capacidade de carga Comprimento do cais Calado máximo	Volume de carga Número de chamadas de envio (número de navios enviados para atracação)	Portos brasileiros
Cullinane et al (2002)	SFA	Comprimento do cais Área do terminal Número de equipamentos para mov. carga	Contêineres transportados (TEU)	Portos e terminais internacionais
Cullinane et al (2006)	DEA	Comprimento do cais Área do terminal Número de guindastes no cais Número de “straddle carries” Número de guindastes de pórtico	Contêineres transportados (TEU)	30 portos de contêineres
Gonzales & Trujillo (2008)	DEA e paramétrico	Área do terminal Comprimento do terminal Número de empregados	Contêineres Passageiros Granel líquido Outras cargas	10 portos espanhóis
Hung et al (2010)	DEA	Área do terminal Comprimento do terminal Berços de contêineres Guindastes de pórticos para contêineres	Contêineres transportados (TEU)	31 portos de contêineres na Ásia-Pacífico

Quadro 2.2: Estudos sobre eficiência nos portos

<b>Autores (Ano)</b>	<b>Método</b>	<b>Inputs</b>	<b>Outputs</b>	<b>DMU</b>
Tongzon (2001)	DEA	Número de guindastes Número de rebocadores Número de berços de contêineres Área do terminal Trabalho Tempo de atraso	Número de navios TEU movimentados	4 portos australianos e outros 12 portos internacionais
Tongzon & Heng (2005)	SFA	Comprimento do cais Participação privada Área do terminal Número de guindastes de pórtico Tamanho do porto	Contêineres transportados (TEU)	Terminais internacionais
Wanke (2013)	DEA	Número de berços Área de armazém Área de pátio Frequência de embarque de contêineres	Contêineres transportados (TEU)	27 portos brasileiros
Wu & Goh (2010)	DEA	Área do terminal Comprimento do cais Número de equipamentos	Número de contêineres (TEU)	21 dos principais portos de contêineres internacionais

Fontes: Elaborado pelo autor a partir da consolidação de artigos selecionados e das coletâneas de Gunar (2015), Merkel & Holmgren (2017) e Kutin et al (2017)

Por fim, cabe destacar que, embora se trate de objeto regular de pesquisa, o estudo da eficiência abre a possibilidade para uma diversidade de aplicações, como é, por sinal, o objetivo desta pesquisa, que podem ampliar o conhecimento científico sobre essa temática.

Entretanto, antes mesmo de se aprofundar nos procedimentos para verificação da eficiência dos complexos portuários na operacionalização da produção agrícola, e em função da significância de se conhecer os ambientes em que se processam essa operação, nos Capítulos 3 e 4 serão contextualizados, respectivamente, a organização do sistema portuário brasileiro e a produção, competitividade e a logística do granel vegetal brasileiro.

### **3 O SISTEMA PORTUÁRIO**

Para melhor contextualização do ambiente em que este estudo está inserido, a seguir estão descritas a organização do sistema portuário brasileiro e as recentes alterações legislativas e regulatórias, que visam modernizar o setor e atrair investimentos. Além disso, neste capítulo estão elencados os elementos da infraestrutura dos portos e os mecanismos da gestão portuária, componentes de significativa relevância para a eficiência das operações que ocorrem nos terminais portuários, independentemente da natureza da carga.

#### **3.1 OS MARCOS REGULATÓRIOS DOS PORTOS NO BRASIL**

A história dos portos brasileiros começa com as primeiras estruturas instaladas pós descobrimento do país e vai até os especializados complexos portuários de hoje, estabelecidos ao longo de toda a costa (Oliveira & Fernandes, 2013).

Desde o início dessa história, o sistema portuário passou por diversas transformações em relação ao modelo de gestão, regulação e definição de políticas. Em períodos mais recentes, pode-se citar a Lei nº 8.630/93, conhecida como Lei de Modernização dos Portos, que alterou o modelo portuário até então vigente, que era composto por portos administrados diretamente pelo Governo Federal de forma centralizada e a participação do setor privado resumia-se a movimentação de carga do próprio agente privado (Rios, 2015).

De acordo com o sistema legal anterior à 1993, cada porto detinha o monopólio do embarque e desembarque de mercadorias em uma dada área de jurisdição, ou hinterlândia. Assim, mercadorias provenientes da, ou para, a área de jurisdição de um porto teria obrigatoriamente de transitar pelas instalações daquele porto. A única forma de fugir ao monopólio de um porto era a construção e operação de instalação portuária de uso próprio, definidos pelo Decreto-Lei nº 5/66. No modelo estatal pré-1993, as tarifas portuárias eram fixadas pelo governo, com base nos custos portuários. As relações trabalhistas não obedeciam à dinâmica de mercado, sendo as fainas e serviços, bem como a remuneração dos trabalhadores, fixadas através de Resoluções editadas pela Superintendência Nacional da Marinha Mercante (SUNAMAM) e sujeitas às pressões políticas e interesses corporativos sindicais (Rocha et al, 2016).

Goularti Filho (2007) reforça o entendimento de que a Lei nº 8.630/93 ampliou a participação do agente privado na gestão portuária, destacando que isso se tratava de uma aposta,

caracterizada como única solução, para reverter o grave problema portuário criado a partir da extinção da empresa pública Portobrás (Empresa de Portos do Brasil), ocorrida em 1990, que resultou na dispersão das funções administrativas e na deterioração das estruturas existentes no setor.

Por sua vez, para Silva et al (2011) a Lei nº 8.630/1993 apresentou quatro possibilidades para exploração do porto e das operações portuárias: (a) concessão do porto organizado; (b) qualificação do operador portuário; (c) arrendamento de instalação portuária; e (d) autorização de instalação portuária pública de pequeno porte, de estação de transbordo de cargas ou de terminal de uso privativo.

Já em 2013 entrou em vigor a Lei nº 12.815, conhecida como Lei dos Portos, que manteve a convivência entre o público e o privado na exploração do serviço portuário, embora trazendo alterações significativas para a modelagem das concessões e arrendamentos dos portos organizados brasileiros, descritos no art. 2º da Lei como “bem público construído e aparelhado para atender as necessidades de navegação, de movimentação de passageiros ou de movimentação e armazenagem de mercadorias, e cujo tráfego e operações portuárias estejam sob jurisdição de autoridade portuária”. Farranha et al (2014) sintetizam as citadas alterações, ao apontar que referem-se ao estabelecimento de metas e prazos para o alcance de níveis de serviço; regulação da tarifa cobrada; alterações de competências do Poder Concedente e dos demais entes envolvidos; mudança no critério de julgamento das licitações, entre outros.

Entretanto, além da concessão (delegação) do porto organizado, a nova Lei dos Portos trouxe inovações, nas quais se destacam a caracterização jurídica dos arrendamentos de áreas (autorização) dentro do porto organizado como concessão de uso de bem público e a sua aproximação com o instituto da concessão de serviço público, como também a flexibilização para o estabelecimento de terminais de uso privativo (TUPs), ao se retirar o critério de comprovação da preponderância de carga própria para se adquirir o direito de uso desses terminais (Bracarense et al, 2018).

No que se refere ao ambiente concorrencial, Fernandes (2016) considera que a nova legislação tenta corrigir as vulnerabilidades do setor portuário, evidenciadas nas décadas de 1990 e 2000, exemplificadas no grau de abertura dos contratos de arrendamento de serviços portuários, o que permitiu cobranças de tarifas não expressamente outorgadas aos particulares pelo Poder

Público, como também a existência de óbices ao desenvolvimento da competição entre portos distintos, em virtude do modelo de delegações previsto na Lei de 1993 e as limitações ao uso de terminais privados imposta em normas setoriais da Antaq.

Fernandes (2016) complementa destacando o caráter da Lei nº 12.815/13, que busca atrair investimentos privados para o setor e intensificar significativamente a competição entre portos públicos e privados. Para alcance desses objetivos, foi reformulado o modelo de autorização de serviços portuários e abolida a regra prevista na legislação anterior, que previa que os terminais de uso privativo somente poderiam se destinar à movimentação de cargas próprias do operador portuário, estabelecendo-se a diferenciação entre “cargas próprias” e “de terceiros”, o que permite aos terminais de uso privativo operarem com cargas exclusivamente de terceiros.

Quanto à infraestrutura do sistema portuário brasileiro, na atualidade, esta é composta por 37 portos públicos organizados. Em 19 destes a administração exercida é pela União por meio de sete Companhias Docas, empresas de economia mista com a maior parte de seu capital social pertencendo ao Governo Federal. Vinculadas ao Ministério da Infraestrutura estão localizadas nos estados da Bahia, Ceará, Espírito Santo, Pará, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte e São Paulo. Já os outros 18 portos tiveram as respectivas gestões delegadas ou concedidas pela União aos governos estaduais, municipais ou consórcios públicos. Todas essas entidades que administram pelo menos um porto público, também denominado de porto organizado, são definidas como autoridades portuárias. Além dos portos citados, a infraestrutura portuária conta com portos fluviais, sob a gestão da Secretaria Nacional de Portos do Ministério da Infraestrutura, Instalações Portuárias Públicas de Pequeno Porte (IP4) e os Terminais de Uso Privado (TUP), instalações portuárias exploradas mediante autorização e localizada fora da área do porto organizado (Secretaria Nacional de Portos/MTPA, 2018a).

### 3.2 INFRAESTRUTURA E GESTÃO PORTUÁRIA

O porto é uma área abrigada das ondas e das correntes marítimas, localizado, na maioria das vezes, à beira de um oceano, lago ou rio, destinado ao atracamento de barcos e navios, com o objetivo de embarque e desembarque de diversos tipos de mercadorias. Para que o porto opere, são necessários, além do capital humano, instalações e equipamentos para o transbordo das cargas entre os diversos os modos de transporte (Rojas, 2014), como também regras regulatórias e um modelo de gestão que defina as competências e responsabilidades entre os atores envolvidos.

### 3.2.1 Infraestrutura dos Portos

Peixoto (2011) considera o que o porto é um sistema composto por quatro subsistemas: Acesso Terrestre, Estruturas de Retroárea ou Retroporto, Estruturas de Atracação e de Acesso Marítimo. A localização destes subsistemas no porto está mostrada na Figura 2.1.

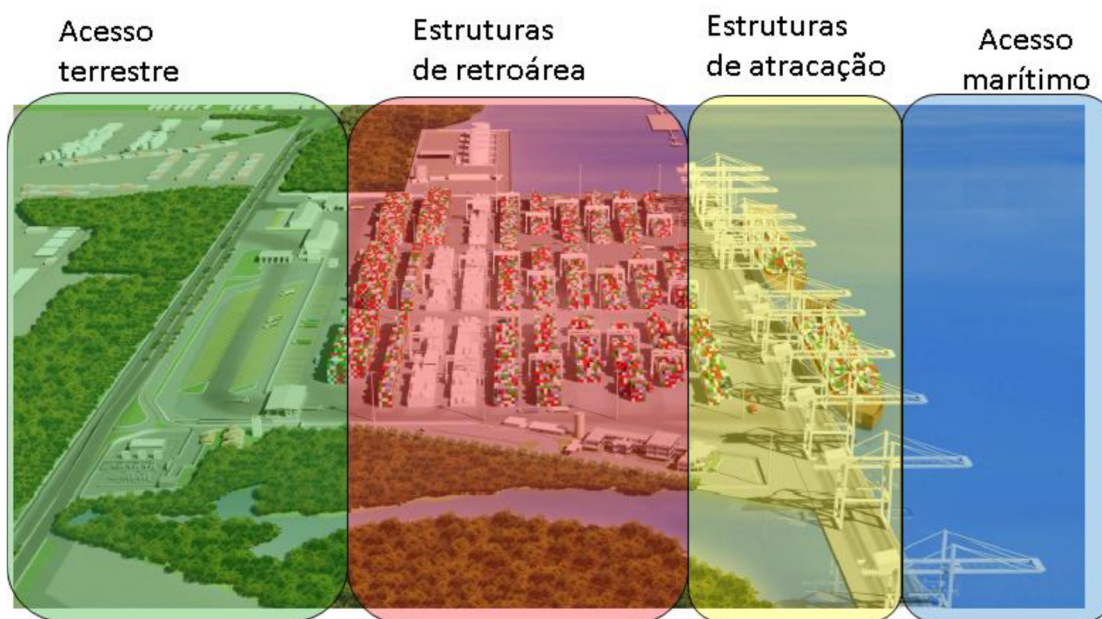


Figura 3.1: Subsistemas do porto  
Fonte: Peixoto (2011)

Cada um desses subsistemas desempenha funções específicas, sendo compostos por elementos da infraestrutura e superestrutura, o que permite que essas funções sejam operacionalizadas.

- a) Acesso marítimo ou aquaviário: composto por anteporto, canais de acesso e de atracagem, bacia de fundeio ou atracagem, profundidade ou calado, o acesso marítimo tem a função de encaminhar as embarcações às estruturas de atracação, contando, para isso, com obras de abrigo (quebra-mares, espigões e molhes), o que representa a condição primordial de proteção para que as embarcações possam ter acesso à costa (acostagem).
- b) Estruturas de atracação, locais em que são realizados carregamento e o descarregamento, podendo ser estruturas contínuas (cais corridos) ou descontínuas (píeres), nos quais se instalam os elementos básicos da operação no terminal, os denominados berços de atracação. Estes são destinados ao atendimento de uma natureza de carga específica, possuindo comprimentos e profundidades compatíveis com as dimensões da embarcação de projeto adotado para operar na referida instalação.



- c) Área de retroporto ou retroárea: áreas terrestres próprias para movimentação de cargas (armazenamento/estocagem/administração portuária) e passageiros, sendo composta por pátios e armazéns, equipamentos para movimentação de carga (moegas, correias transportadoras, tubulações, guindastes, etc.), área para serviços e estacionamento de caminhões.
- d) Acessos terrestres: são necessários acessos rodoviários e/ou ferroviários e/ou dutoviários, para prover eficientemente a chegada ou retirada de cargas e passageiros no porto.

Para que esses subsistemas operem de maneira articulada, os portos possuem a figura da autoridade portuária, estruturas administrativas que se relacionam com a propriedade da terra e com uma jurisdição (cumprimento das leis e regulamentos na sua área de atuação), atuando, convencionalmente, como: locador/senhorio, administrando os ativos portuários sob sua jurisdição; regulador, definindo a estrutura de planejamento, ou seja, taxas, serviços de subcontratação e segurança, bem como a aplicação de regras e regulamentos nacionais e portuários; operador, fornecendo os serviços do dia a dia aos navios (por exemplo, pilotagem e reboque) e às mercadorias, por exemplo, carga/descarga e armazenamento (Rodrigue, 2017).

### 3.2.2 Modelos de Gestão Portuária

A partir dos modos de atuação da autoridade portuária se definem os modelos clássicos de gestão dos portos, sendo que os mais utilizados mundialmente são o *Landlord Port*, *Tool Port*, *Private Service Ports* e *Public Service Port* e *Private Service Ports*.

O modelo *Landlord* é o mais comum, caracterizado pela repartição das atribuições entre o público e privado, com a autoridade portuária permanecendo como responsável pela infraestrutura, atuando ainda na regulação, enquanto a operação portuária, especialmente a movimentação de cargas, está sob a gestão do agente privado. Já no modelo *Public Service Port*, todos os serviços, incluindo a manipulação de carga e armazenagem, são fornecidos pela autoridade portuária, o que significa que a autoridade possui, mantém e opera todas as infraestruturas portuárias, superestrutura, equipamentos e ativos portuários, incluindo movimentação de carga. No modelo *Tool Port*, os equipamentos dos terminais, como guindastes e empilhadeiras, são de propriedade da autoridade portuária, com a movimentação de carga em embarcações de bordo e no cais realizadas por empresas privadas de movimentação de carga ou estiva. Em alguns casos, o *Tool Port* é usado fazer a transição de *Public Service*

*Port para Landlord Port. Private Service Ports* são instalações portuárias totalmente privatizadas, inclusive a autoridade portuária, com a maioria das funções portuárias sob controle privado, embora o setor público goze de poderes de supervisão regulatória (Banco Mundial, 2007).

O modelo mais empregado no Brasil atualmente também é o *Landlord Port*. Entretanto, com a nova Lei dos Portos, estabeleceu-se a possibilidade de a concessão do porto organizado ser estendida à administração do porto, existentes e futuros, na forma denominada por Britto et al (2015) como *Landlord Privado*, nos quais o poder público, através de uma autoridade portuária está envolvido apenas nas atividades de regulamentação e supervisão.

### 3.3 DESEMPENHO E CAPACIDADES DA OPERAÇÃO PORTUÁRIA

De acordo com Britto et al (2015) as cargas movimentadas nos portos podem ser agrupadas em quatro tipos: carga geral, granéis, *neo-bulk* e cargas unitizadas. As cargas gerais são mercadorias de vários tamanhos e pesos embaladas em sacos, caixotes, fardos, etc. Os granéis consistem em mercadorias sólidas (*dry bulk*) ou líquidas (*liquid bulk*) movimentadas em grandes volumes, tais como minério de ferro, soja e petróleo. O *neo-bulk* diz respeito a carregamentos inteiros de um único produto não granel, tais como automóveis (denominado Ro-Ro, oriunda da expressão *Roll-on/Roll-off*), madeiras e sucata de metal. As cargas unitizadas são aquelas formadas a partir do agrupamento de mercadorias distintas por meio de acessórios específicos, tal como o contêiner.

Para cada tipo de carga há distinção entre os elementos que integram a operação no porto, como guindastes, correias transportadoras, áreas de armazenagem e estocagem. Esses elementos, como também o fator humano, procedimentos legais e administrativos, conexões entre os subsistemas do porto, são fatores fundamentais para a definição da capacidade operacional e da produtividade dos terminais portuários.

#### 3.3.1 Desempenho Portuário

Em 1987, a Conferência das Nações Unidas para o Comércio e o Desenvolvimento (UNCTAD, do inglês *United Nations Conference on Trade and Development*), por ocasião da publicação do referencial “*Measuring and Evaluating Port Performance and Product*”, afirmava que a mensuração do desempenho portuário havia sido objeto de diversos estudos que, embora apresentassem avanços substanciais, nem sempre os resultados conseguiam agradar os

pesquisadores, tendo em vista o desafio que é avaliar um ambiente que congrega uma série de fatores, dentre eles: o grande número de parâmetros envolvidos; a falta de dados atualizados, padronizados, confiáveis e disponíveis; a inexistência de entendimento sobre determinados conceitos; a grande influência de fatores locais nos dados; e diferentes interpretações por diferentes interessados sobre resultados idênticos.

Desde então, considerável avanço foi desenvolvido nessa área, com a aplicação de diversos procedimentos, seja por análise direta ou por meio da comparação com outras infraestruturas e operações similares, como é o caso dos métodos de Análise Envoltória de Dados e Análise da Fronteira Estocástica, que são ferramentas que suportam esta pesquisa e foram sintetizados no Capítulo 2.

Assim como a eficiência, a identificação das capacidades operacionais é peça fundamental no processo de mensuração e avaliação do desempenho dos sistemas portuários, sendo os seus conceitos mais relevantes sintetizados a seguir.

### 3.3.2 Capacidades Operacionais Portuárias

Quando se trata da mensuração da capacidade de operações realizados nos portos há uma gama de procedimentos metodológicos e conceitos na literatura. O Laboratório de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina - Labtrans/UFSC (2013b), por ocasião do Plano Mestre do Complexo Portuário de Rio Grande, destacou que essas divergências explicam os resultados dissonantes observados para um mesmo terminal, quando os cálculos são realizados por diferentes profissionais.

Os mais recentes Planos Mestres dos complexos portuários brasileiros, publicados a partir de 2012, empregam a premissa de que o cálculo da capacidade deriva de sua associação íntima com os conceitos de utilização, produtividade e nível de serviço. Um terminal não tem uma capacidade inerente ou independente; sua capacidade é função direta do que é percebido como uma utilização plausível, produtividade alcançável e nível de serviço desejável. Colocando de forma simples, a capacidade do porto depende da forma como suas instalações são operadas. Além disso, as capacidades dependem do *mix* de produtos que serão movimentados em um trecho de cais em cada ano. Como o *mix* de produtos varia por conta da projeção da demanda, e uma vez que as produtividades de movimentação diferem de carga a carga, pode ocorrer uma

variação da capacidade de movimentação de uma carga particular ao longo do tempo (Labtrans, 2013b).

Para a confecção dos planos mestres mencionados no parágrafo anterior, foi desenvolvida uma metodologia<sup>1</sup> para mensuração das capacidades dos terminais. Por se tratar de um referencial que baliza o planejamento das autoridades portuárias brasileiras, seus resultados serão utilizados como insumos neste trabalho.

A metodologia desenvolvida pelo Labtrans/UFSC (2018e) tem o objetivo de calcular a capacidade de diferentes terminais de carga, e segue três passos: a) o terminal é “convertido” em uma sequência de componentes de fluxo (cais e armazenagem); b) a capacidade de cada componente é calculada utilizando uma fórmula algébrica; c) a capacidade do componente mais limitante é identificada e assumida como capacidade do terminal inteiro (o “elo fraco”).

Ademais, essa metodologia considerou que a capacidade de movimentação no cais seria o parâmetro que melhor representa a capacidade do terminal, em especial para granéis, tendo em vista a capacidade estática, ou de armazenamento, ter menores limitações, já que estes produtos podem, sem maiores dificuldades, ser armazenados distantes do cais, sendo a transferência armazém-cais ou vice-versa feita por correias ou dutos.

Por meio do procedimento estabelecido pelo Labtrans, o valor estimado para a capacidade anual do trecho de cais foi calculado por meio de uma fórmula, na qual foram considerados as seguintes variáveis: o tempo disponível no ano operacional (h/ano); o índice de ocupação de cais admissível (adimensional); número de berços do trecho de cais (adimensional); tempo médio de atendimento para o trecho de cais (h/navio); lote médio atendido no trecho de cais (unidades/navio), tendo, para isso, sido estipulados tempos admissíveis para essa operação.

Cabe destacar algumas simplificações da metodologia, já que não foram identificados fatores de redução para o tempo anual disponível decorrentes de limitações e de fatos supervenientes. Assim, entende-se que essa capacidade calculada nos planos mestres pode ser definida como “capacidade nominal”, já que não considera as perdas do sistema produtivo nem seus fatores

---

<sup>1</sup> Projeto “Pesquisas e estudos para a logística portuária e desenvolvimento de instrumentos de apoio ao planejamento portuário”, resultado da parceria entre a Universidade de Santa Catarina, representada pelo Laboratório de Transportes e Logística (LabTrans) e pela Secretaria Nacional dos Portos (MTPA).

limitantes, em contraposição à capacidade efetiva que se apropria de todos esses fatores (Caldeira et al, 2015).

Em que pese ter se definido a capacidade dos berços como referencial para a capacidade dos terminais, importante destacar que em determinados casos, outros componentes podem ser o limitador do processo, sendo que esse gargalo logístico/operacional definirá o ritmo da produção e a capacidade máxima de movimentação das cargas (ou mercadorias), o que em operações portuárias é denominado “giro de berço” (Slack et al, 2002 *apud* Caldeira et al, 2015).

A conexão entre o porto e a hinterlândia é um importante componente de fluxo das mercadorias, e pode ser limitante da capacidade de uma instalação portuária, caso a capacidade de escoamento da carga pelas conexões seja inferior à movimentação do terminal, especialmente em períodos de safra e a capacidade estática não seja compatível.

A capacidade estática dos portos, ou capacidade de estocagem, definida pelo conjunto das instalações de armazenagem, tem caráter estritamente temporário em um porto, com a finalidade de impedir a ocorrência de interrupções ou atraso nas movimentações que ocorrem no cais. Em relação ao papel das estruturas de armazenagem na capacidade portuária, procura-se fazer com que a restrição de capacidade fique nos berços, que são obras mais onerosas (LabTrans, 2013b).

Em relação ao armazenamento, é relevante destacar que a sua capacidade não pode ser considerada somente no âmbito do porto, como também em toda cadeia desde a produção. De acordo com recomendação da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura), a capacidade estática dos armazéns de um país deve ser igual ou superior a 1,2 vezes sua produção agrícola anual (Mendes e Padilha Junior, 2007). Como exemplo, de acordo com a Pesquisa de Estoques do IBGE (2017), no primeiro semestre de 2017, o Brasil possuía 168 milhões de toneladas de capacidade de armazenamento de grãos, quantitativo inferior à produção colhida na safra 2016/2017, que alcançou 238,7 milhões de toneladas, de acordo com o levantamento publicado pela Conab (2017). Assim, considerando a relação entre a capacidade de armazenamento e a produção de grãos, pode-se afirmar que a capacidade estática de grãos no Brasil não está alinhada aos padrões internacionais.

Em que pese a importância das instalações para armazenagem, é inegável que os equipamentos para manuseio de carga no cais possuem grande influência na capacidade operacional do terminal, contribuindo significativamente para a produtividade nos berços e impactando no tempo de carregamento dos navios atracados. No caso da movimentação de graneis sólidos, os grandes terminais possuem equipamentos, conhecidos como “*shiploaders*”, com capacidade de carregamento variando, em função do modelo, de 600 a 3.000 toneladas por hora. Em síntese, é significativo mencionar que as capacidades de cada etapa do processo logístico da exportação de grãos, desde o produtor até o navio atracado, exercem significativa influência na competitividade no país, tendo em vista que um sistema de armazenagem correto e a logística bem definida, além de proporcionar um aumento significativo de lucro aos agricultores, também podem contribuir para que haja uma diminuição dos maiores problemas brasileiros quando se diz respeito à logística de exportação: filas para descarga nos portos (Aleixo & Silva, 2015).

No que se refere à competitividade, fluxos logísticos e gargalos operacionais, no próximo capítulo estão descritas a distribuição ao longo do ano das exportações de graneis sólidos vegetais brasileiros, a participação do Brasil no mercado internacional da soja, principal produto agrícola do País, e ainda as principais etapas do processo de embarque dessa natureza de carga nos portos, fatores que permitem subsidiar a compreensão sobre toda a cadeia que envolve a exportação do granel vegetal.

## 4 OS GRANÉIS SÓLIDOS VEGETAIS

Conforme destacado no Capítulo 1, em decorrência da relevância para a economia brasileira, tanto na geração de empregos quanto de divisas para o país, a produção e o escoamento das safras de grãos sólidos vegetais necessitam ocorrer de maneira otimizada, de modo que esses produtos mantenham-se competitivos no mercado internacional. Por isso, neste capítulo, serão brevemente relatados os processos de produção e a produtividade do principal produto agrícola brasileiro, a soja, a distribuição anual das exportações dos principais grãos vegetais, como também os fluxos de transporte desses produtos desde a lavoura até o seu manuseio nos complexos portuários.

### 4.1 A SOJA: PRODUÇÃO, PRODUTIVIDADE E MERCADO INTERNACIONAL

A soja é uma planta originária da região denominada Manchúria, que fica no nordeste da China, tendo sido levada para a Europa no século XVII, durante o período conhecido como das grandes navegações, onde permaneceu por mais de 200 anos apenas como uma curiosidade botânica, nos jardins botânicos das cortes europeias. Chegou aos Estados Unidos da América por volta do ano 1890 onde era cultivada como forrageira. Na década de 1940 a soja chegou ao Paraguai e na década de 1950 ao México e Argentina. A primeira referência sobre soja brasileira data de 1882, na Bahia. As cultivares introduzidas dos Estados Unidos não tiveram boa adaptação numa latitude em torno de 12 graus Sul (Bahia). Mais tarde, em 1891, novas cultivares foram introduzidas na latitude de 22 graus Sul (Campinas), apresentando melhor desempenho (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997).

No que diz respeito à produção de soja, no Brasil convivem modelos distintos de produção: o cultivo em grandes áreas e a agricultura familiar. Bazotti et al (2017) indicam que o mercado consolidado, aliado à liquidez do produto, proporcionado tanto por cerealistas quanto por cooperativas, contribuem para a viabilidade da sojicultura na agricultura familiar, com garantias de produção e venda. Este entendimento contraria a tendência de estudos econômicos sobre o meio rural, que aludem à relação entre eficiência e tamanho da área explorada para explicar a especialização produtiva dos agricultores, no qual haveria uma unanimidade quanto à necessidade de grandes áreas para a produção lucrativa da soja, nas quais o custo médio atingiria seu ponto mínimo e os ganhos decorrentes da escala o ponto máximo.

O entendimento quanto à necessidade de especialização e o emprego de grandes áreas é corroborado por Conte & Ferreira Filho (2006), como resultado de estudo que indicou a existência de economia de escala na produção de soja, e por Carneiro et al (2017), que consideraram a escala e a utilização de capacidade fatores determinantes do custo da produção de soja, tendo em vista os altos valores investidos em máquinas, equipamentos e implementos agrícolas, além do elevado custo da terra, elementos que conferem maior eficiência quando são utilizados em nível de produção grande o suficiente para diluir esses custos fixos pela produção obtida. Por sua vez, Zanon et al (2009) ressaltam que as duas maiores regiões produtoras do Brasil, Sul e Centro-Oeste, apresentam propriedades com tamanho médio muito diferentes, destacando que a viabilidade de fazendas de pequena escala no cultivo da soja no Sul do país, em contraposição ao modelo encontrado no Centro-Oeste, teria como fatores determinantes a ocorrência, de maneira mais expressiva, de propriedades arrendadas, da atuação de cooperativas de crédito e à diversidade de culturas plantadas.

Ao largo da discussão sobre o tamanho das propriedades rurais produtoras de soja e as particularidades dessas áreas em função da localização geográfica, a demanda internacional pela soja brasileira se mostra crescente no decorrer dos últimos vinte anos, com o país disputando o mercado internacional com os Estados Unidos e a Argentina. Ao longo do período mencionado, o Brasil ampliou significativamente sua participação no mercado produtor, alcançando 28,75% do montante produzido em 2016<sup>2</sup>, já se aproximando dos Estados Unidos, que concentram 35% do total da soja colhida no mundo, conforme evidenciado no Gráfico 4.1.

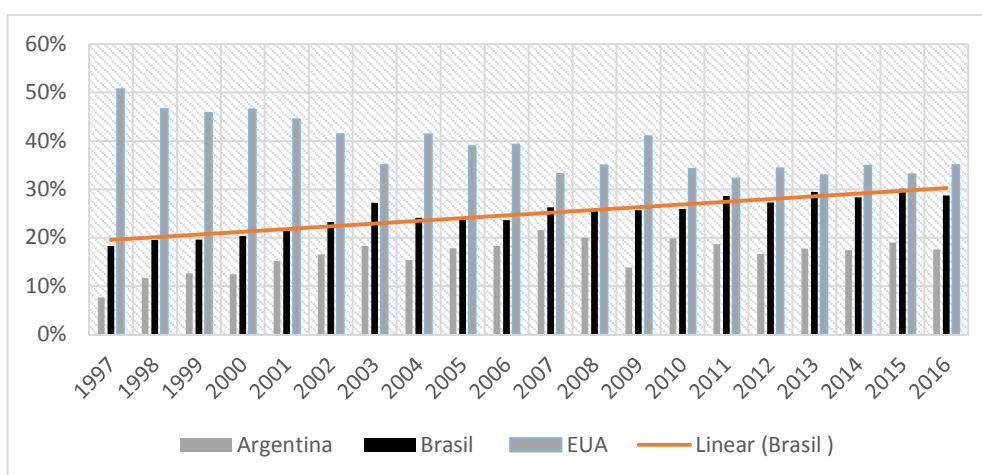


Gráfico 4.1: Participação dos países no mercado mundial da soja

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados da FAO

<sup>2</sup> Até a conclusão deste trabalho não estavam disponíveis os dados referentes à 2017.



Cabe destacar que no período entre 1997 e 2016, a produção mundial de soja apresentou quinze períodos anuais de crescimento, passando de 144 milhões de toneladas em 1997 para 334 milhões de toneladas em 2016, com os países anteriormente mencionados, Estados Unidos, Brasil e Argentina, nesta ordem, tendo concentrado 81% da produção mundial em 2016, conforme pode ser verificado no Gráfico 4.2, a partir de dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, do inglês *Food and Agriculture Organization*).

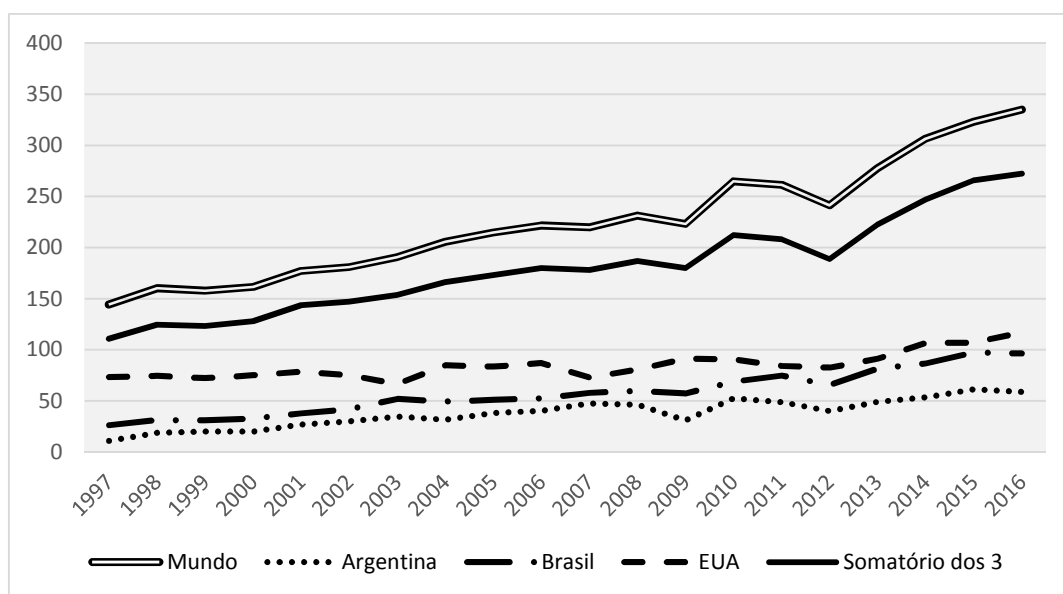


Gráfico 4.2: Evolução da produção mundial de soja

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da FAO;  
Em milhões de toneladas

O regular incremento da participação brasileira na produção de soja está, em parte, associado à expansão das fronteiras agrícolas, exemplificada pela elevação em quase 200% da área de plantio da soja no país, conforme pode ser verificado no Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Área de plantio de soja

Ano	Área (em milhões de ha)	Ano	Área (em milhões de ha)
1997	11,49	2007	20,57
1998	13,30	2008	21,25
1999	13,06	2009	21,75
2000	13,66	2010	23,33
2001	13,99	2011	23,97
2002	16,36	2012	24,98
2003	18,52	2013	27,91
2004	21,54	2014	30,27

Tabela 4.1: Área de plantio de soja

Ano	Área (em milhões de ha)	Ano	Área (em milhões de ha)
2005	22,95	2015	32,18
2006	22,05	2016	33,15

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da FAO

Além disso, verificou-se a melhoria da produtividade brasileira no período analisado, passando de 2.297 kg/ha em 1997, para 2.904 kg/há em 2016, desempenho este que acompanha a produtividade dos principais competidores, como mostrado no Gráfico 4.3.

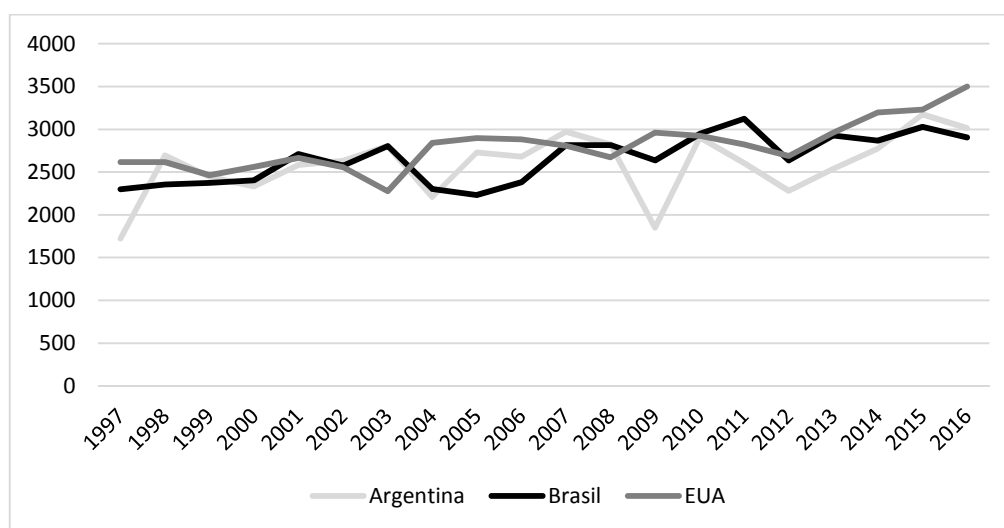


Gráfico 4.3: Evolução da produtividade dos países exportadores de soja

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da FAO

Entretanto, em que pese os ganhos de produtividade, e os respectivos ganhos competitivos deles decorrentes, o Brasil ainda não conseguiu se igualar ao seu principal competidor neste quesito, os Estados Unidos, como pode ser verificado na Tabela 4.2, o que aumenta o interesse na investigação dos demais fatores envolvidos no ciclo produtivo, dentre eles a infraestrutura e os custos de transporte para exportação da produção, elementos que contribuem para o aumento/diminuição da competitividade do país e a conseqüente elevação/redução da sua participação no mercado.

Tabela 4.2: Indicadores de produção de soja para 2016

Países	Área plantada (ha)	Produtividade (hg/ha)	Produção (t)
Argentina	19.504.648	30.146	58.799.258
Brasil	33.153.679	29.046	96.296.714
Estados Unidos	33.482.430	35.006	117.208.380

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da FAO

O aumento da produção e da participação na matriz de exportações brasileira do complexo soja ocorreu a partir de um processo de interiorização, conforme registrado por Almeida et al (2016), trazendo, em contrapartida, grandes desafios para se transportar percentuais significativos das safras para o litoral, tendo em vista que os principais produtores de soja estão localizados no interior do país, especialmente nas regiões Sul e Centro-Oeste. Em 2017, nos municípios dessas regiões foram produzidas 79,55% da soja nacional, sendo originárias dessas regiões 78,92% do total dessa *commodity* agrícola enviada ao exterior, conforme mostrado na Tabela 4.3:

Tabela 4.3: Distribuição regional da produção e exportação da soja em 2017

<b>Região</b>	<b>% Produção de soja*</b>	<b>% Exportação de soja</b>
Centro-Oeste	43,96	41,53
Nordeste	8,45	8,15
Norte	4,85	4,99
Sudeste	7,15	7,75
Sul	35,58	37,39

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do Agrostat - MAPA (2018) e Conab (2018)

\* Safra 2016/2017

Tendo em vista que a concentração das lavouras é localizada, principalmente, na região central do país, as distâncias entre a região de plantio e o porto exportador da *commodity* tornaram-se maiores, o que acarretou, conseqüentemente, maiores custos logísticos. Kussano & Batalha (2012) estimaram os custos logísticos para três alternativas possíveis de fluxos entre os produtores e os portos exportadores, identificando que o somatório das despesas com o frete, armazenagem, transbordo intermodal, quebras no transporte, etc., podem alcançar percentuais que variam entre 28% e 34% do valor da soja, com a ressalva de que a cotação do produto flutua diariamente em função de fatores internos e externos.

Integrante dessa cadeia logística, os investimentos na ampliação da capacidade operacional dos complexos portuários crescem em proporção inferior à evolução dos volumes de exportação dos grãos vegetais, conforme mencionado no Capítulo 1, o que pode representar mais um risco para o setor, com possível elevação dos custos logísticos, em especial do transporte até o porto e da espera dos navios (*demurrage* ou *sobrestadia*), com reflexos na competitividade da soja brasileira e, por conseqüência, nos indicadores macroeconômicos, em especial na balança comercial e no Produto Interno Bruto.

## 4.2 O TRANSPORTE DO GRANEL SÓLIDO VEGETAL

O transporte do granel sólido vegetal se enquadra na definição formulada por Ojima & Yamakami (2006), caracterizado pela predominância da movimentação de produtos de baixo valor agregado percorrendo longas distâncias. Para tornar mais eficiente e econômica a movimentação desses grandes volumes por longas distâncias, os autores consideram necessário favorecer arranjos logísticos que contemplem o transporte intermodal, em particular o hidroviário e ferroviário, mais indicados para esse perfil de carga.

Amaral et al (2012) apontam que a intermodalidade surge como uma alternativa para tornar o escoamento do granel vegetal mais econômico. No entanto, destacam o fato de que o funcionamento eficiente do transporte de cargas por mais de um modo de transporte depende não só da disponibilidade dos modos em si, mas também da existência de estruturas de apoio, como terminais intermodais de transbordo. Caso contrário, o transporte intermodal pode se tornar menos efetivo em custos, consumir maior tempo e ser menos confiável que o transporte rodoviário.

Como exemplo de integração de modos de transporte com impacto na maior eficiência do transporte do granel vegetal, pode-se citar a recuperação de um trecho ferroviário no noroeste de Minas Gerais, entre os municípios de Pirapora e Corinto, que permitiu conexão a região produtora de soja, localizada em Unai, à Ferrovia Centro Atlântica, desembocando no Terminal de Tubarão, TUP que integra o Complexo Portuário de Vitória/ES (Pimenta, 2010).

Além da questão da infraestrutura, a evolução dos procedimentos para escoamento das safras agrícolas está também relacionada às questões culturais e organizacionais, em consonância com a descrição feita por Bowersox et al (2006), na qual a evolução dos estágios organizacionais da logística são graduais e lentos, devido à complexidade das atividades logísticas e da cultura arraigada na hierarquia burocrática, que gera resistência a mudanças.

Neste contexto, Amaral et al (2012) destacam que o Brasil, apesar da sua grande extensão territorial, ainda utiliza pouco o transporte intermodal, quando comparado a outras áreas de comércio intenso, como a Região dos Grandes Lagos e a União Europeia, fazendo com que os fluxos para escoamento de produtos agrícolas, visando ao mercado internacional, por meio da infraestrutura de transporte existente no país, seja um tema fundamental para a competitividade da produção de grãos brasileira.

Além disso, é significativo destacar os fluxos de transporte desde os locais de produção até os portos exportadores. Conforme pode ser verificado na Tabela 4.4, três complexos portuários da Região Sul (Paranaguá, Rio Grande e São Francisco do Sul) conjuntamente, escoaram 43,65% da exportação nacional de soja, sendo que esta Região foi responsável por 35,58% do total de soja produzida no Brasil e 37,39% do total exportado em 2017 (vide Tabela 1.3), indicando que os portos da Região também manuseiam a soja colhida em outras regiões do país.

Tabela 4.4: Complexos portuários brasileiros exportadores de soja

<b>Porto/UF</b>	<b>Peso (em milhões de t)</b>	<b>Δ %</b>	<b>Δ % acumulado</b>
Santos/SP	21.920	26,21%	26,21%
Paranaguá/PR	16.958	20,27%	46,48%
Rio Grande/RS	14.763	17,65%	64,13%
Itaqui/MA	6.155	7,36%	71,49%
São Francisco do Sul/SC	4.800	5,73%	77,23%
Vitória/ES	4.516	5,39%	82,62%
Vila do Conde/PA	4.462	5,33%	87,86%
Salvador/BA	4.133	4,94%	92,90%
Manaus/AM	2.587	3,09%	96,00%
Santarém/PA	1.877	2,24%	98,24%
Imbituba/SC	1.106	1,32%	99,56%
Outros portos	365	0,44%	100,00%
<b>Total</b>	<b>83.667</b>	<b>100,00%</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor com dados extraídos do Agrostat (MAPA)

Já a região Centro-Oeste, com 43,96% da produção e 41,53% da exportação do complexo soja, por se localizar no interior do país, enfrenta o desafio de identificar rotas com destinos aos terminais portuários que tenham maior eficiência e menores custos logísticos, tendo o Complexo Portuário de Santos como principal ponto de saída do produto. Contudo, em virtude de congestionamentos nos portos do Sul/Sudeste nos períodos de safra, o Corredor Logístico de Exportação Arco Norte é apresentado como uma alternativa viável para exportação dos produtos agrícolas com custos logísticos reduzidos. Constituído por corredores multimodais e plataformas portuárias, o corredor permite o escoamento da safra com destino aos mercados internacionais por meio dos complexos localizados em Itacoatiara/AM, Santarém/PA, Vila do Conde/PA e Itaqui/MA (Pereira, 2017). Apoiado basicamente em investimentos privados o Arco Norte têm o condão de reduzir custos logísticos, seja com a possibilidade de maior utilização do transporte hidroviário, seja em função da maior proximidade com o Canal do Panamá (Barbosa, 2018).

Em que pese a eficiência das diversas etapas que integram o plantio e o fluxo de escoamento das safras agrícolas sejam relevantes para a competitividade do Brasil no cenário internacional, este tema não será aqui abordado, tendo em vista que esta pesquisa se concentra no elemento final do referido processo produtivo, a infraestrutura portuária, em especial a eficiência e a capacidade operacional dos portos, conforme será abordado nos capítulos a seguir.

#### 4.3 A OPERAÇÃO DO GRANEL SÓLIDO VEGETAL NO PORTO

No que se refere à operação portuária de produtos agrícolas, a utilização da infraestrutura existente nos terminais exportadores se dá ao longo de todo o ano, tendo em vista que os produtos do agronegócio se diferenciam em relação ao calendário agrícola, integrado pelo plantio, semeadura e colheita e, conseqüentemente, o período de escoamento da safra. A soja, por exemplo, é plantada no final do ano com o pico da exportação ocorrendo até o final do primeiro semestre do ano subseqüente. Essa data se diferencia da produção dos Estados Unidos, cuja colheita e exportação ocorrem no segundo semestre do ano. Além desse aspecto competitivo em relação ao principal produtor mundial, a soja disputa o espaço nas fazendas e nos fluxos portuários com outros grãos, principalmente o milho.

Embora seja exportado em volumes inferiores ao da soja, este cereal possui duas safras ao longo do ano no Brasil e na Argentina, vide Figura 4.1, que de maneira semelhante à soja, também estão deslocadas em relação ao calendário agrícola dos principais produtores do hemisfério Norte (IMEA, 2015).

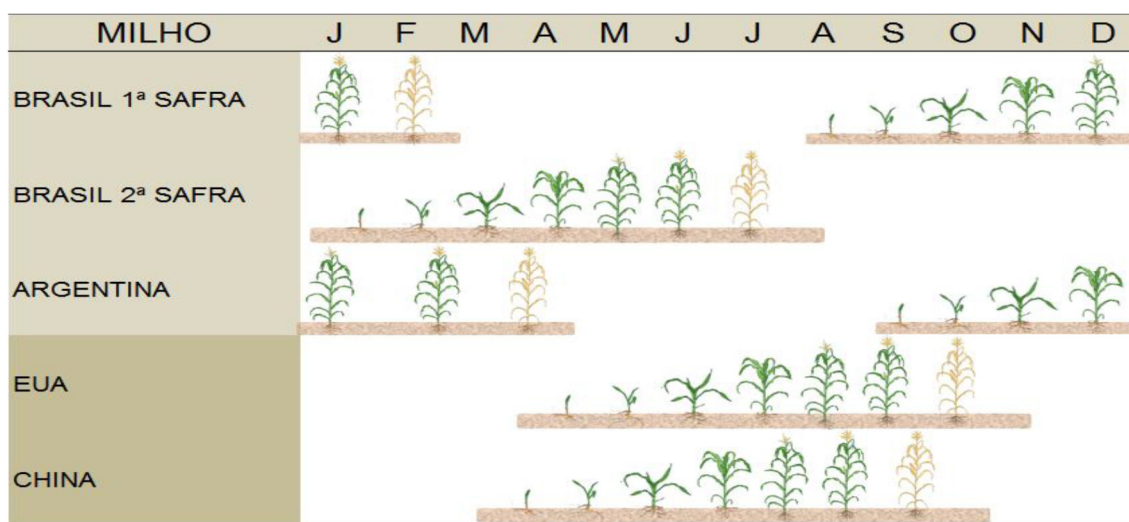


Figura 4.1: Calendário agrícola do milho  
 Fonte: USDA, ODS *apud* IMEA (2015)

Em decorrência do efeito da sazonalidade das safras e dos respectivos escoamentos das produções agrícolas, o volume exportado dos principais grãos vegetais sólidos se distribui ao longo do ano. Conforme pode ser verificado no Gráfico 4.4, no exercício de 2017 ocorreram dois picos de exportação desses produtos por meio dos complexos portuários brasileiros: um em maio e outro em agosto. O primeiro (o mais expressivo), de 15,3 bilhões de toneladas, deve-se primordialmente à exportação da soja em grão e do farelo de soja, que somados representaram 82% do volume total; o segundo é a combinação dos componentes do complexo soja anteriormente citados, embora em quantitativos inferiores ao alcançados em maio, somados à exportação do milho, próxima do máximo, e à do açúcar.

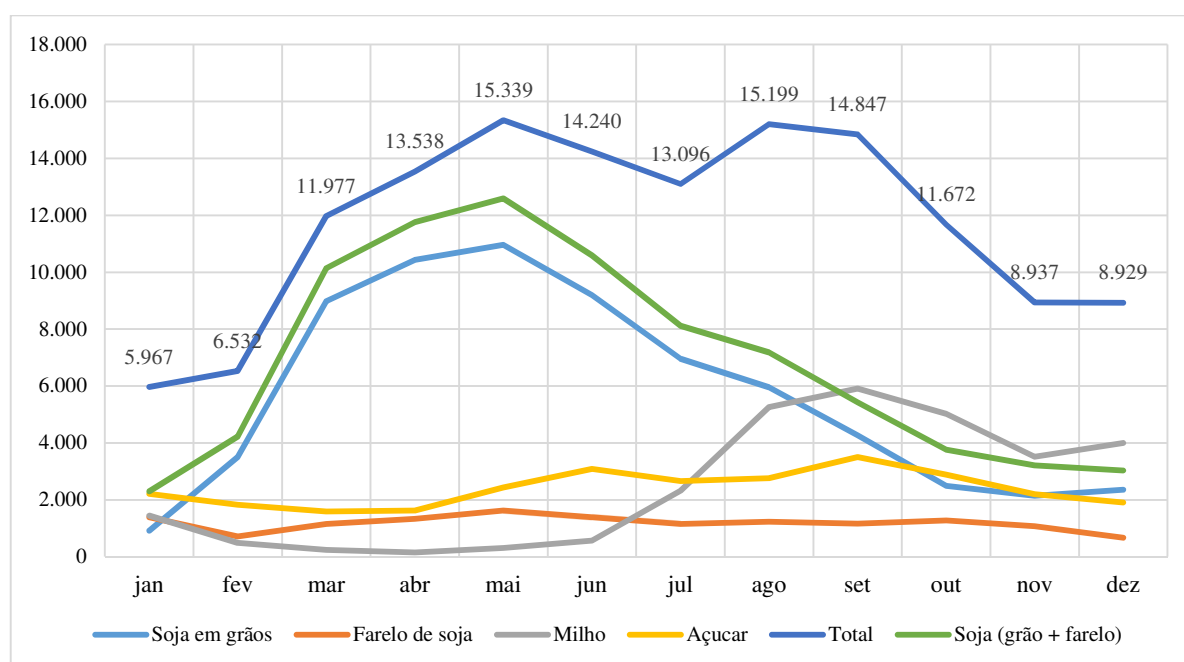


Gráfico 4.4: Distribuição das exportações de grãos sólidos vegetais em 2017

Fonte: Elaborado pelo autor; dados do Agrostat/MAPA (2018)

Volume de exportação em milhões de toneladas

Identifica-se das informações contidas no gráfico anterior, que as maiores movimentações de grãos vegetais para exportação em 2017 ocorreram no período entre abril e setembro. Essa constatação é reforçada pelos dados consolidados até outubro em 2018, os quais evidenciam forte elevação do volume movimentado desde março e decréscimo a partir de agosto, com os meses de maio e julho apresentando os valores mais expressivos, com 16,1 e 14,9 bilhões de toneladas, respectivamente. Embora se mantenha o formato descrito, algumas variações podem ocorrer. Em 2016, a primeira safra do milho teve expressivos volumes exportados, o que elevou o volume de carga do primeiro bimestre do ano para patamares superiores ao de anos anteriores, com reflexo no mês de março, que teve o maior volume movimentado no ano (13,9 bilhões de

toneladas), seguido de maio (13,8 bilhões de toneladas), com o declínio da movimentação ocorrendo, de maneira mais significativa, a partir de agosto.

Para manusear esses expressivos volumes de cargas, atividade denominada *capatazia*<sup>3</sup>, os principais terminais que operam com o granel sólido vegetal no Brasil dispõem de processos para controle do fluxo de carga recebida, armazenada e transportada até o embarque. Por meio desses processos, é estabelecida, por exemplo, a *line-up*, programação na qual é definida a sequência de navios que irão atracar, com indicação de berço, volume de carga, horário de atracação, etc., alinhados com o estoque do produto no armazém.

Há uma diversidade de equipamentos instalados nos terminais portuários, que são específicos para determinada natureza de carga transportada ou operam com cargas diversificadas, como também em decorrência da respectiva localização nos subsistemas dos portos, podendo operar no cais ou na retroárea. Para movimentação no cais, costumam ser utilizados carregadores/descarregadores de navio, guindastes sobre pneus, guindastes sobre trilhos, guindastes de pórtico, braços mecânicos; já na retroárea, são utilizadas empilhadeiras, correias transportadoras, moegas, *stacker reclaimers*, etc. Além dos aspectos citados, para o caso dos graneis sólidos, os equipamentos podem restringir o sentido de movimentação de carga, fazendo com que o berço de atracação seja dedicado exclusivamente ao embarque ou ao desembarque (Triska, 2015). Com isso, o recebimento do granel sólido vegetal, via importação, é realizado em operação específica, não se confundindo com o fluxo da exportação, tendo em vista necessitar de equipamentos e de instalações apropriadas para essas finalidades.

O fluxo da carga inicia-se com a recepção do produto, que pode vir por modo rodoviário ou ferroviário. Caso seja pelo primeiro, os caminhões entram adentram a retroárea pelos denominados “*gates*”, realizando nesta área a pesagem, a classificação da carga, o controle de qualidade, para ao final descarregar o produto nos silos, moegas e armazéns. Sendo por modo ferroviário, os portos recebem as composições em terminais, retirando-se as cargas por meio de equipamentos tombadores de vagões, para posterior envio aos locais de armazenamento, por meio de correias transportadoras.

---

<sup>3</sup> Atividade de movimentação de mercadorias nas instalações dentro do porto, compreendendo o recebimento, conferência, transporte interno, abertura de volumes para a conferência aduaneira, manipulação, arrumação e entrega, bem como o carregamento e descarga de embarcações, quando efetuados por aparelhamento portuário (Lei nº 12.815/2013).



O carregamento dos navios acontece de acordo com a *line-up* do porto, com o granel sólido vegetal sendo transportado dos armazéns e silos, por meio de outro conjunto de correias transportadoras, que direcionam o produto até os carregadores (*shiploaderes*), que realizam o depósito das cargas nos porões das embarcações.

Embora a movimentação de carga no porto possa ter variações em função do planejamento e da maior necessidade de controle, em especial aquelas destinadas à exportação, que são submetidas a vistorias de órgãos de fiscalização tributária (Rojas, 2014), as principais atividades e fluxos operacionais para embarque do granel vegetal que acontecem no âmbito da capatazia podem ser sintetizadas, de maneira esquemática, conforme mostrado na Figura 4.2:

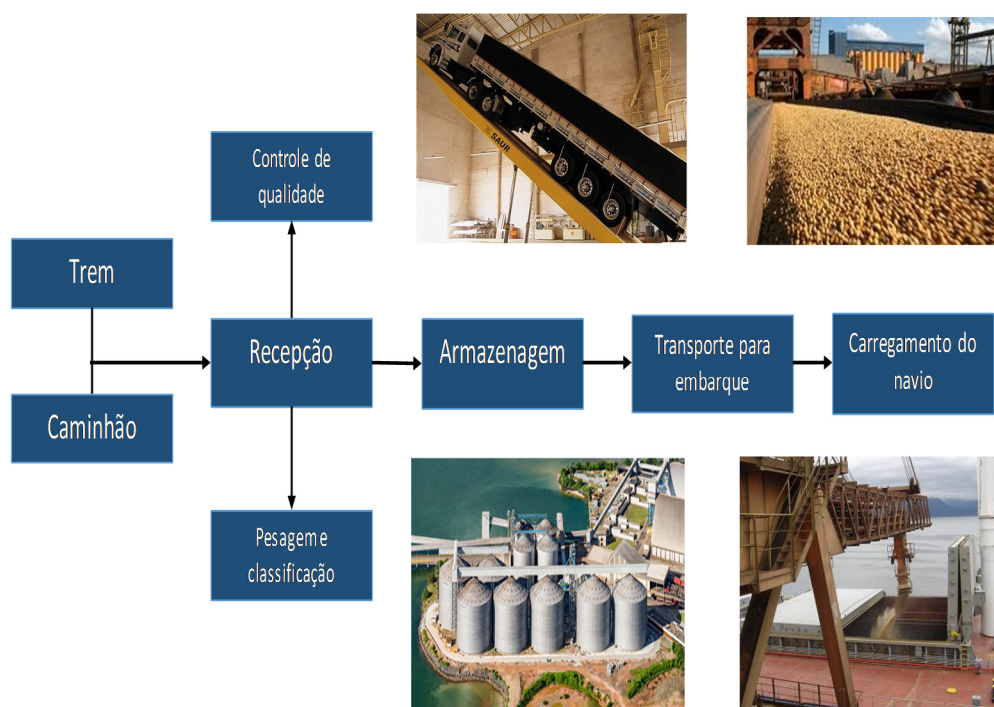


Figura 4.2: Fluxo sintético do processo de manuseio do granel para exportação  
Fonte: O autor

Ademais, o manuseio de cada granel vegetal ocorre de maneira individualizada e contínua nos terminais, em virtude da necessidade de se manter a qualidade e as propriedades de cada produto. Quando da substituição do produto a ser manuseado, os operadores realizam a limpeza e a desinfecção dos equipamentos que integram o fluxo da carga, com o objetivo de evitar que características do produto anteriormente manuseado sejam incorporadas pelo granel em operação, causando a sua contaminação. Como exemplo, pode-se mencionar a soja

convencional e a soja transgênica, cujo manuseio nos portos, caso aconteça de maneira simultânea, ocorrem em áreas, terminais e berços segregados.

Após este breve relato sobre a produção produtividade, transporte e manuseio do granel sólido vegetal, nos capítulos seguintes serão apresentadas a fundamentação teórica que apoia a metodologia desta pesquisa, como também o próprio desenvolvimento dos testes econométricos e o modelo matemático não paramétrico.

## 5 REFERENCIAL METODOLÓGICO

Para alcance dos objetivos desta pesquisa foram empregados métodos para previsão da demanda por exportação, utilizando-se fundamentos econométricos, e também métodos de programação matemática para avaliação da eficiência dos portos e aferição da capacidade operacional, cujas bases teóricas serão detalhadas a seguir.

### 5.1 PREVISÃO DA DEMANDA

De modo geral, há cinco abordagens à previsão econômica com base em séries temporais: (1) métodos de suavizamento exponencial; (2) modelos de regressão com uma única equação; (3) modelos de regressão com equações simultâneas; (4) modelos auto-regressivos integrados de média móvel (ARIMA); e (5) auto-regressões vetoriais (Gujarati, 2006).

Favro et al (2015) relacionaram diversos estudos que analisam o comércio exterior brasileiro, em termos de oferta e demanda de exportações, os quais abordam o comércio internacional de *commodities* e produtos agrícolas, alguns tratando da comercialização desses produtos de forma individual ou agregada, outros abrangendo as funções de demanda e de oferta em conjunto e, ainda, estudos abordando essas funções de forma isolada. Tais pesquisas tiveram por objetivo caracterizar os condicionantes e principais fatores de influência em diversos mercados brasileiros, empregando para isso diferentes bases de dados e distintas metodologias, dentre essas as citadas no parágrafo anterior.

Para esta pesquisa especificamente foi adotado um modelo de regressão com uma única equação e com múltiplas variáveis explicativas, empregando-se o Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MMQ), definido por Gujarati (2006) como simples, mas dispendioso de qualidades estatísticas muito desejáveis, e que também atende às etapas previstas na modelagem econométrica, tais como coleta de dados, estimação do modelo, teste de hipóteses e projeção ou previsão.

Além disso, não se desconsiderando a possibilidade do emprego de qualquer outro método, estabeleceu-se como premissa, que os resultados obtidos a partir do modelo de regressão múltiplas seriam confrontados com outras previsões para exportação de produtos agrícolas realizadas no mesmo período, com vistas a verificar o grau de fidedignidade dos valores apurados.

### 5.1.1 Testes Econométricos

A consistência dos resultados de uma regressão linear múltipla pode ser avaliada realizando-se testes com o objetivo de se identificar eventuais ocorrências de estacionariedade na série temporal, cointegração entre as variáveis explicativas e a variável dependente, multicolinearidade entre as variáveis explicativas e autocorrelação serial dos resíduos. A seguir, estão descritos os conceitos e os procedimentos para identificação dessas ocorrências.

#### 5.1.1.1 Estacionariedade – Teste da Raiz Unitária

Em uma regressão linear múltipla pode-se concluir pela existência de relações estatísticas aparentemente significativas entre as variáveis de um determinado modelo, em virtude de resultados representativos de determinadas medidas estatísticas. Uma destas medidas, o coeficiente de determinação (R-quadrado), que mede o ajustamento de um modelo estatístico ao indicar em percentagem o quanto o modelo consegue explicar os valores observados, pode, por exemplo, apresentar valores próximos de 0,9, o que indicaria que 90% da variável dependente seria explicada pelos regressores presentes no modelo. Entretanto, esse resultado, isoladamente, não assegura a qualidade da modelagem realizada, tendo em vista a possibilidade de inexistir relação de causa-efeito entre as variáveis, configurando uma relação espúria entre essas (Stewart, 1991).

Granger & Newbold (1974), a partir de experimentos realizados, concluíram que os conceitos da econometria clássica não se aplicariam, caso as variáveis de um modelo fossem séries temporais não estacionárias, o que permitiria classificar as regressões realizadas a partir da especificação teórica do modelo como espúrias.

Uma série é considerada fracamente estacionária se os pressupostos  $E(Y_t) = \mu$  (média constante),  $Var(Y_t) = \sigma^2$  (variância constante) e  $\gamma(Y_t) = E(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)$  (covariância depende de k e não de t) são válidos, sendo que quando há a quebra destes pressupostos diz-se que a série é não estacionária e regressões feitas a partir de séries não estacionárias (apresentam raiz unitária) podem levar a estimadores de mínimos quadrados e testes estatísticos enganosos e não confiáveis (Gujarati, 2006).

Tendo em vista a possibilidade da ocorrência com as características descritas, a estacionariedade das séries temporais é verificada realizando-se os denominados testes de raízes

unitárias, sendo que para isso, as mais empregadas verificações são os testes de Dickey-Fuller (DF) e Dickey-Fuller Aumentado (ADF) (Wooldrige, 2010).

Em linhas gerais, o teste Dickey-Fuller de raiz unitária consiste em um modelo autorregressivo de ordem 1, AR (1), sendo que a ordem de regressão de uma variável, de acordo com Margarido & Anfalos (1999), representa o número de vezes que uma série temporal necessita ser diferenciada para se tornar estacionária. O teste utiliza o modelo de autorregressão descrito a seguir:

$$\Delta y_t = (\rho - 1)y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5.1)$$

Fazendo  $\gamma = \rho - 1$ , a equação pode ser reescrita da seguinte maneira:

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5.2)$$

Para o modelo apresentado, a hipótese nula representa a existência de pelo menos uma raiz unitária,  $\gamma = 0$ , com a variável sendo não estacionária. Em contraposição, em  $H_1$  não há raiz unitária,  $\gamma < 0$  e a variável é estacionária.

Margarido & Medeiros (2006) sinalizam que a equação pode ser ampliada para se incorporar a presença, ou não, de intercepto ( $\alpha$ ) e/ou tendência ( $t$ ) e/ou a possibilidade de o termo de erro da equação ser auto correlacionado, ou seja, haver dependência com as variáveis explicativas. Com isso, obteve-se o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF), com a regressão resultante sendo representada na Equação 5.3:

$$\Delta y_t = \alpha + \beta_t + \gamma y_{t-1} + \sum_{j=1}^{\rho-1} \rho_{j+1} + \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (5.3)$$

Em que:

$$\gamma = \sum_{j=1}^p \phi_j, \quad i = 1, \dots, p$$

$\Delta$  é o operador de diferença e pode ser representado por  $Y_t - Y_{t-1}$

### 5.1.1.2 Cointegração

Como anteriormente mencionado, os conceitos da Econometria Clássica não são aplicados para séries temporais não-estacionárias, tendo em vista que sua independência resulta em regressões espúrias. Há métodos para modelar a série temporal, corrigindo a não estacionariedade, dentre estes os modelos ARIMA (Auto Regressivos Integrados de Médias Móveis), que visam captar o comportamento da autocorrelação entre os valores da série temporal, e com base nesse comportamento realizar previsões futuras. Entretanto, conforme apontado por Pereira (2013), a desvantagem de se utilizar tais métodos para modelar séries econômicas está na perda de informações, principalmente as de longo prazo. Isso por que ao diferenciar uma série até estacionarizá-la muitas características se perdem, como a constante, por exemplo. O autor complementa destacando que a solução para esse problema está no conceito de séries cointegradas, ou cointegração, que congrega relações de curto prazo com equilíbrios de longo prazo, que podem ser estimados em conjunto ou separadamente.

Assim, a identificação da cointegração se dá por meio da verificação dos resíduos de um modelo de regressão, na qual as séries temporais serão consideradas cointegradas caso os resíduos sejam estacionários.

Para avaliar a existência de cointegração entre as variáveis, o procedimento mais usual é o teste de cointegração de Engle & Granger (1987), que consiste em avaliar os resíduos da estimativa ( $\hat{U}$ ) do modelo de regressão, com o objetivo de se estimar a Equação 5.4 e testar se  $\hat{\rho}$  é estatisticamente significativo.

$$\Delta\hat{U} = \hat{\rho}\hat{U}_{-1} \quad (5.4)$$

Registra-se que a série  $\hat{U}$  é obtida a partir da estimativa da equação de regressão. O valor crítico do parâmetro de cointegração  $\hat{\rho}$  é reproduzido no livro-texto de Wooldridge (2010). Se  $\hat{\rho}$  for significativo, as variáveis do modelo em estudo,  $E$ ,  $F$  e  $Y^*$ , serão consideradas cointegradas, havendo relação de equilíbrio no longo prazo, com a regressão não sendo classificada como espúria.

### 5.1.1.3 Multicolinearidade

Tendo em vista que os condicionantes econômicos são influenciados pelos mesmos fatores, é perfeitamente plausível que uma determinada variável explicativa de um modelo econométrico

influencie uma ou mais variáveis, podendo mesmo haver múltiplas influências entre as variáveis, ocorrência que é denominada multicolinearidade. Este fator pode aumentar a variância dos coeficientes de regressão, impactando a acurácia das estimativas e, por consequência, a confiabilidade das conclusões da pesquisa.

De acordo com Montgomery et al (2012), multicolinearidade é o nome dado ao problema geral que ocorre quando duas ou mais variáveis explicativas são muito correlacionadas entre si, o que torna difícil, utilizando-se apenas o modelo de regressão, distinguir suas influências separadamente, já que uma das suposições é que nenhuma relação linear exata pode existir entre quaisquer covariáveis ou combinações lineares destas. Koutsoyiannis (1973), por sua vez, destaca que a condição crucial para a aplicação do método dos mínimos quadrados é que as variáveis explicativas não tenham correlações perfeitamente lineares entre si e complementa afirmando que a multicolinearidade não é uma condição que existe ou não existe nas funções econômicas, mas sim um fenômeno inerente em muitos relacionamentos, devido à natureza dos condicionantes econômicos.

Além da possível inter-relação entre as variáveis, Montgomery et al (2012) destacam que a multicolinearidade é devida a vários fatores, como problemas na amostragem, restrições do modelo ou da amostra, especificação do modelo que pode ocorrer quando se adiciona termos polinomiais no modelo de regressão, ou quando ocorre sobre-determinação do modelo, que acontece quando se tem mais variáveis explanatórias do que número de amostras ou observações.

Para se identificar a presença, ou não, de multicolinearidade e, em caso de ocorrência, o grau de multicolinearidade de um modelo, emprega-se o teste desenvolvido por Farrar e Glauber ou o cálculo do Fator de Inflação de Variância (FIV).

Akinniyi & Sanni (2017)<sup>4</sup> descrevem que o teste de Farrar-Glauber é basicamente um conjunto de três testes estatísticos: um teste qui-quadrado para a detecção da existência e o grau de severidade da multicolinearidade em um modelo que possui várias variáveis explicativas; teste *F*, utilizado para se localizar quais variáveis são multicolineares; teste *t* para se descobrir o padrão de multicolinearidade.

---

<sup>4</sup> Os testes do qui-quadrado, *F* e *t* foram descritos conforme apresentados por Akinniyi & Sanni (2017).

Assim, o teste de Farrar-Glauber consiste em comparar as seguintes hipóteses:

H<sub>0</sub>: as variáveis não estão correlacionadas, indicando ausência de multicolinearidade;

H<sub>1</sub>: as variáveis estão correlacionadas, existe multicolinearidade.

Além disso, a partir do quantitativo de graus de liberdade, encontra-se na tabela da distribuição qui-quadrado o valor do  $\chi^2$  crítico. Comparando o  $\chi^2$  crítico com o  $\chi^2$ , rejeita-se a hipótese nula de ausência de multicolinearidade, caso  $\chi^2 > \chi^2$  crítico.

Existindo multicolinearidade, o próximo passo consiste em calcular os múltiplos coeficientes de correlação entre as variáveis explicativas ( $R_{x_1^2 \dots x_2 \dots x_3 \dots x_{n1}}$ ;  $R_{x_2^2 \dots x_1^2 \dots x_3 \dots x_{n1}}$ ), testando a significância estatística desses múltiplos coeficientes de correlação por meio de um teste F. Para isso, inicialmente se identifica a variável explicativa ( $x_i$ ) que é suspeita de estar correlacionada, com as variáveis a serem testadas sendo função da variável suspeita:  $x_i = f(x_1, x_2, x_3 \dots x_k)$ :

$$F = \frac{R_i^2 / (k-1)}{(1-R_i^2) / (T-k)} \quad (5.5)$$

Sendo:

$$R_i^2 = \frac{b_2 \sum x_1 x_2 + b_3 \sum x_1 x_3}{\sum x_1^2}$$

$$x_i x_j = \frac{\sum x_i x_j - \sum x_i \sum x_j}{T}$$

$$b = \begin{pmatrix} b_2 \\ b_3 \end{pmatrix}, \text{ com } b = (x_1 x)^{-1} X_1 X, \text{ onde } X = (x_2 x_3)$$

Por fim, são testadas as seguintes hipóteses:

H<sub>0</sub>:  $x_i$  não está inter-correlacionado com  $x_2$  e  $x_3$

H<sub>1</sub>:  $x_i$  é inter-correlacionado com  $x_2$  e  $x_3$

Caso  $F_{0,05} < F_{\text{calculado}}$ , aceita-se H<sub>1</sub> e conclui-se que  $x_1$  está inter-correlacionado com  $x_2$  e  $x_3$ .

O teste Farrar-Glauber se completa com a realização de um teste T que visa a detecção das variáveis que causam a multicolinearidade. Para encontrar essas variáveis, calcula-se os coeficientes de correlação parcial entre as variáveis explicativas (que representa o grau de



correlação entre as variáveis  $x_i$  e  $x_j$ ), testando suas respectivas significâncias estatísticas com a estatística-t:

$$r^2_{x_1 x_2 \dots x_3} = \frac{(r_{12} - r_{13} r_{23})^2}{(1 - r_{23}^2)(1 - r_{13}^2)} \quad (5.6)$$

$$r^2_{x_1 x_2 \dots x_3} = \frac{(r_{13} - r_{12} r_{23})^2}{(1 - r_{23}^2)(1 - r_{12}^2)} \quad (5.7)$$

$$r^2_{x_1 x_2 \dots x_3} = \frac{(r_{21} - r_{21} r_{31})^2}{(1 - r_{13}^2)(1 - r_{12}^2)} \quad (5.8)$$

Com as hipóteses a serem testadas sendo:

$$H_0: r_{x_i x_j \dots x_1 \dots x_2 \dots \dots x_n} = 0$$

$$H_1: r_{x_i x_j \dots x_1 \dots x_2 \dots \dots x_n} \neq 0$$

Tendo sido estimados os coeficientes de correlação parciais, encontra-se as respectivas significâncias estatísticas.

$$t^* = \frac{r_{x_1 x_j \dots x_j / \sqrt{T-k}}}{\sqrt{(1 - r^2_{x_i x_j \dots x_1 \dots x_2 \dots x_k})}} \quad (5.9)$$

Em que  $r^2_{x_i x_j \dots x_1 \dots x_2 \dots \dots x_k}$  denotam o coeficiente de correlação parcial entre  $x_i$  e  $x_j$ .

O valor observado  $t^*$  é comparado com o valor teórico  $t$ , com T-K graus de liberdade no nível de significância escolhido. Se  $t^* > t$ , aceita-se a correlação parcial, com o coeficiente entre a variável  $X_i$  e  $X_j$  sendo significativo, o que indica que as variáveis  $X_i$  e  $X_j$  são responsáveis pela multicolinearidade na função. Se  $t^* < t$  aceita-se que  $X_i$  e  $X_j$  não são os causadores da multicolinearidade, já que seu coeficiente de correlação parcial não é estatisticamente significativo.

Enfim, com as três estatísticas acima descritas, encontra-se a gravidade, a localização e o padrão de multicolinearidade.

Por outro lado, Biaggi et al (2017) destacam uma estatística que é de fácil cálculo e interpretação para detecção da presença de multicolinearidade, denominada Fator de Inflação de Variância (FIV). Esta mede o quanto da variância de cada coeficiente de regressão do modelo estatístico se encontra inflado em relação à situação em que as variáveis independentes não estão

correlacionadas. Gujarati (2006) destaca que à medida que o coeficiente de determinação da regressão do regressor  $X_j$  contra os regressores restantes do modelo ( $R^2_j$ ) aumenta no sentido da unidade, o FIV também aumenta e, no limite, pode ser infinito. Dessa forma, o FIV pode ser usado como indicador de multicolinearidade, sendo que quanto maior for o valor de  $FIV_{ij}$ , mais colinear será a variável  $X_j$ . Gujarati (2006) prossegue apresentando uma regra prática, na qual se o FIV for maior que 10, o que acontecerá se  $R^2_j$  for maior que 0,90, esta variável será considerada altamente colinear. Em caso de ocorrência de correlação múltipla superior a 0,80, a colinearidade deve ser particularmente verificada. Portanto, FIV igual a 1 significa a não existência de colinearidade entre as variáveis e FIV tendendo para infinito significa a existência de colinearidade.

A Tabela 5.1 indica a relação entre o aumento do grau de correlação entre as variáveis e o aumento do FIV, ou seja, quanto maior a correlação entre as variáveis dependentes maior será o FIV e o nível dessa correlação:

Tabela 5.1: Níveis de multicolinearidade

Correlação	FIV	Níveis
0,40	1,19	Fraca
0,60	1,56	Média
0,75	2,29	Forte
0,85	3,60	Muito forte
> 0,85	3,60	Fortíssima

Fonte: Biaggi et al (2017)

#### 5.1.1.4 Autocorrelação Serial dos Resíduos

Silva Filho & Lima (2008) apontam que a função de autocorrelação mede o grau de correlação de uma variável em um dado instante, consigo mesma em um instante de tempo posterior. Ela permite que se analise o grau de irregularidade de um sinal. Pode ser definida como a razão entre a autocovariância e a variância para um conjunto de dados.

Caso a correlação defasada ocorra entre duas séries temporais distintas, o acontecimento é denominado correlação serial.

A autocorrelação tem como principais causas:

- Inércia: séries temporais econômicas costumam apresentar ciclos, ou seja, períodos de crescimento ou decaimento. Quando esse comportamento se reflete nos fatores não observados é comum que mudanças na tendência ocorreram lentamente.

- Falhas de especificação: a autocorrelação pode ser devida à ausência de um importante regressor ou de transformação das variáveis existentes. Os erros expressariam, assim, um padrão sistemático devido à ausência dessas informações.
- Defasagens: as decisões econômicas em um período  $t$  dependem, muitas vezes, de informações defasadas do período  $t-1$ . Desconsiderar esse tipo de relação sujeitaria os erros à correlação serial.

O teste  $DW$  de Durbin-Watson é uma ferramenta usual para se identificar a ocorrência da autocorrelação, partindo-se do pressuposto de que os erros apresentam autocorrelação de primeira ordem.

$$e_t = \rho e_{t-1} + u_t \quad (5.10)$$

A partir dos resíduos resultantes do Método dos Mínimos Quadrados são testadas as seguintes hipóteses,  $H_1: \rho = 0$  e  $H_2: \rho > 0$ , sendo, para isso, calculada a estatística Durbin-Watson por meio das Equações (5.11) e (5.12):

$$DW \cong 2(1 - \rho) \quad (5.11)$$

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{t=2}^n \hat{e}_t \hat{e}_{t-1}}{\sum_{t=1}^n \hat{e}_t^2} \quad (5.12)$$

Ao final tem-se:

$$\rho \cong -1 \rightarrow DW \cong 4$$

$$\rho \cong 0 \rightarrow DW \cong 2$$

$$\rho \cong 1 \rightarrow DW \cong 0$$

Em função do número de variáveis independentes ( $k$ ) e de observações da amostra ( $n$ ), além do nível de significância, pode-se, por meio da Tabela de Durbin-Watson obter os valores extremos  $d_L$  e  $d_U$ , que permitirão se identificar a ausência ou o início de autocorrelação, por meio do enquadramento dos valores de  $DW$  na regra mostrada na Figura 5.1:

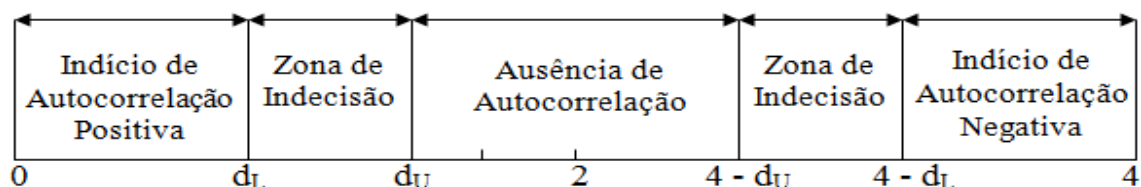


Figura 5.1: Regra para identificação da autocorrelação.

### 5.1.2 Testes de Previsão<sup>5</sup>

A competitividade das organizações, sejam elas públicas ou privadas, está diretamente relacionada com a capacidade destas de projetarem cenários futuros, seja no curto, médio e longo prazos, a partir da elaboração de previsões e de análises setoriais e de contexto geral, de modo que possam ser definidas eventuais medidas preventivas, que seriam postas em prática no caso da concretização dessas projeções.

Em que pese a possibilidade de fatores econômicos, políticos e tecnológicos, tanto no ambiente interno, quanto no externo, ampliarem a incerteza quanto à concretização das metas projetadas, as previsões e as construções de cenários podem ser elementos fundamentais para a tomada de decisão.

Neste contexto, as previsões de demanda, definida por Moon et al (1998) como uma estimativa do que pode ser a demanda futura sobre certas condições conjecturais, tem o condão de pautar o planejamento, podendo ser a direcionadora para a definição de estratégias de atuação, as quais impactam diversos setores das organizações, dentre eles o planejamento de expansões de capacidade (Kotler, 1991) e os respectivos investimentos necessários.

Entretanto, Koutsoyiannis (1973), destaca que quando usamos um modelo econométrico para previsão estamos fazendo um julgamento estatístico, e que este está sujeito a erro, sendo necessário construir um intervalo de confiança para a previsão, em função da imprecisão dos julgamentos estatísticos, decorrentes da sua própria natureza. O intervalo de confiança para uma inclinação da regressão de população em uma regressão múltipla é um intervalo centrado na inclinação estimada:

$$\hat{\beta}_j - t_c S \hat{\beta}_j < \beta_j < \hat{\beta}_j + t_c S \hat{\beta}_j \quad (5.13)$$

<sup>5</sup> Este item foi baseado no livro texto *Theory of Econometrics* da autora A. Koutsoyiannis (1973).

Em que:

$t_c$  é o valor  $t_{crítico}$  para o nível de confiança selecionado;

$S\hat{\beta}_j$  é o erro padrão do coeficiente, raiz quadrada da razão da variância da regressão pela variação da variável independente:

$$S\hat{\beta}_1 = \sqrt{\frac{S_e^2}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}} \quad (5.14)$$

Quando temos várias previsões de um modelo econométrico e os correspondentes valores realizados em vários períodos, o desempenho da previsão do modelo econométrico será avaliado com base nas diferenças entre previsões e realizações. Quanto menores as diferenças entre as previsões e os valores reais da variável dependente, melhor será o desempenho do modelo. Por isso, é essencial avaliar a acurácia da previsão, para se confirmar a sua validade, permitindo eventuais correções em caso de inconsistências. Para isso, utiliza-se comparar o erro acumulado da previsão (diferença entre os valores reais da demanda com os valores previstos), com quatro vezes o desvio médio absoluto (DMA), calculado pela Equação 5.15, na qual  $n$  é o número de períodos analisados.

$$DMA = \frac{\sum |D_{atual} - D_{prevista}|}{n} \quad (5.15)$$

$$|\sum Erro| \leq 4 DMA$$

## 5.2 MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA

Conforme mencionado no Capítulo 2, a Análise Envoltória de Dados (DEA, do inglês *Data Envelopment Analysis*), desenvolvida por Charnes, Cooper & Rhodes (1978) é um método quantitativo não paramétrico, baseado em programação matemática, comumente empregado na avaliação da eficiência das mais diversas unidades produtivas.

De acordo com Charnes et al (1994) e Belloni (2000), uma análise DEA fornece três resultados básicos, que são: a identificação de um conjunto de unidades eficientes (que determinam a fronteira de eficiência); a medida de ineficiência para cada unidade que não está sobre a fronteira (uma distância à fronteira que representa a potencialidade de crescimento da

produtividade); as taxas de substituição (pesos) que determinam cada região da fronteira de eficiência e caracterizam as relações de valor que sustentam a classificação dessa região como eficiente.

Para aplicação do método é necessário definir os participantes, que podem ser empresas, departamentos ou pessoas, aqui denominados *Decision Making Units* (DMUs), do inglês Unidades de Tomadoras de Decisão, para os quais busca-se identificar um indicador que representa a eficiência relativa, obtida a partir da comparação entre DMUs que realizem tarefas similares, com o emprego dos insumos (*inputs*) necessários para obtenção de produtos e serviços (*outputs*), em determinado intervalo de tempo.

Nesse arranjo, o resultado da combinação das diferentes DMUs forma uma curva ou fronteira, cujo plano de produção não superado por nenhuma das unidades analisadas, dadas as quantidades de insumos e produtos e os pesos estabelecidos, com as DMUs consideradas ineficientes estando envoltas por essa curva ou fronteira, na qual se localizam aquelas classificadas como eficientes, para as quais o indicador assume o valor 1, ou 100%.

O modelo DEA originalmente criado por Charnes, Cooper & Rhodes (1978), também conhecido como DEA-CCR, estabelece retornos constantes de escala, considerando que as variações de insumos acarretam alterações proporcionais nos quantitativos produzidos (*outputs*). Posteriormente, Banker, Charnes e Cooper (1984) ampliaram este método para incluir retornos variáveis de escala (VRS, *variable return of scale*), criando o DEA-BCC ou DEA-VRS. De acordo com Kutin et al (2017), este método permite a medição da eficiência relativa das unidades de decisão (DMUs), sendo possível a análise de empresas de portes diferentes, sem atribuir quaisquer pesos predeterminados ou realizar qualquer análise de séries temporais.

Cada um desses modelos clássicos de DEA apresenta duas versões, ou orientações:

- Orientado ao *output*, maximizando este e mantendo o mesmo nível de *input*, ou, em outras palavras, quando se deseja estimar qual o nível máximo possível de produção mantendo-se fixos os insumos;
- Orientado ao *input*, minimizando-os enquanto se mantém o mesmo nível de *output*, ou seja, quando se deseja estimar qual é o nível mínimo possível de emprego de recursos, mantendo-se o produto (Novaes, 2007).

A formulação básica do modelo DEA-CCR foi assim descrita por Ceretta & Niederauer (2001): “considere que  $N$  empresas produzem  $m$  quantidades de produtos  $y$  empregando  $n$  quantidades de insumos  $x$ . Assim, uma empresa  $k$  qualquer produz  $y_{rk}$  quantidades de produtos utilizando  $x_{ij}$  quantidades de insumos. O objetivo é encontrar o máximo indicador de eficiência  $h_k$  onde  $u_r$  é o peso específico a ser encontrado para um produto  $r$  e  $v_i$  o peso específico de cada insumo  $i$ ”.

Portanto, busca-se obter o valor máximo de eficiência  $h_k$  para as  $N$  empresas analisadas, aqui classificadas como unidade de tomada de decisão, DMU, sendo considerados pesos específicos  $u_r$  para cada produto  $r$  e  $v_i$  para cada insumo  $i$ , tendo em vista as diferentes significâncias das variáveis no processo de produção (múltiplos produtos e insumos), o que torna necessário o estabelecimento de ponderações para a soma dos *inputs* e *outputs*.

As equações 5.16 e 5.17 representam as fórmulas matemáticas do modelo DEA-CCR, respectivamente, orientado ao *input* e ao *output*:

$$\text{Max } h_k = \sum_{r=1}^m u_r y_{rk} \quad (5.16)$$

Sujeito a:

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

$$\sum_{i=1}^n v_i x_{ik} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

$y = \text{produtos}; x = \text{insumos}; u, v = \text{pesos}$

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

$$\text{Min } h_k = \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} \quad (5.17)$$

Sujeito a:

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

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rk} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

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

Já para o modelo DEA-BCC são introduzidos os retornos variáveis de escala,  $u_k$  e  $v_k$ , respectivamente para produtos e insumos, que podem assumir valores positivos ou negativos. As formulações matemáticas são apresentadas a seguir, com a Equação 5.18 representando a orientação ao *input* e a Equação 5.19 a orientação ao *output*:

$$\text{Max } \sum_{r=1}^m u_r y_{rk} - u_k \quad (5.18)$$

Sujeito a:

$$\begin{aligned} \sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} - u_k &\leq 0 \\ \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} &= 1 \\ u_r, v_i &\geq 0 \\ r = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, k \end{aligned}$$

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} + u_k \quad (5.19)$$

Sujeito a:

$$\begin{aligned} \sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} + v_k &\leq 0 \\ \sum_{r=1}^m u_r y_{rk} &= 1 \\ u_r, v_i &\geq 0 \\ r = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, k \end{aligned}$$

Contudo, e não poderia ser diferente, esse tipo de método tem limitações. Enssilin et al (2017) apontam que os indicadores de desempenho mais utilizados se concentram na medição da eficiência portuária com base em aspectos operacionais, e são aplicados de maneira majoritariamente genérica, sem considerar as particularidades de cada contexto. Já Lins et al (2007) destacam que, na busca da solução ótima, esses métodos podem ser gerados pesos nulos para variáveis importantes e, portanto, modelos inverossímeis. Essas possíveis ocorrências servem de alerta quanto à utilização dos métodos clássicos de programação linear, de modo a se evitar a incorporação dessas inconsistências, para, com isso, não comprometer o alcance dos resultados esperados.



Importante destacar, ainda, embora não sejam objeto deste trabalho, que o BCC e o CCR não são os únicos modelos de DEA, existindo outros, tais como, multiplicativos, aditivos e a extensão dos modelos aditivos (Cooper et al, 2000 *apud* Almeida et al, 2006), como também outras formulações que incorporam, por exemplo, variáveis *dummy* ou categóricas, variáveis discricionárias e não discricionárias, índices não paramétricos de Malmquist (Kutin et al, 2017).

## 6 DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA

Neste Capítulo, será apresentado o desenvolvimento da metodologia estabelecida para o alcance dos objetivos desta pesquisa, descrevendo-se os procedimentos e os achados para as diversas etapas que a suportam.

Como balizamento para o desenvolvimento da metodologia foram estipuladas as seguintes premissas:

- a) As séries temporais devem ser estacionárias e as variáveis do modelo devem apresentar níveis aceitáveis de multicolinearidade, autocorrelação e cointegração;
- b) Para cálculo da eficiência, empregar os limites superiores da previsão de demanda, por se tratar de condição mais desfavorável à operação nos terminais portuários;
- c) Concentração nas atividades portuárias de armazenagem e carregamento dos navios;
- d) Não consideração de outras etapas da cadeia logística para exportação do granel vegetal, além dos limites das instalações portuárias;
- e) Adoção da capacidade nominal dos equipamentos portuários e não a capacidade efetiva;
- f) Não consideração de custos logísticos e administrativos no processo de exportação do granel vegetal.

### 6.1 MODELO DE PREVISÃO

A economia mundial e o comércio internacional vêm passando por profundas transformações nos últimos anos. César & Sato (2012) fazem uma breve descrição dos acontecimentos relevantes do comércio internacional, apontando que em 1947, ano em que o Acordo Geral sobre Tarifas e Comércio (GATT) foi assinado, a fração de mercadorias exportada representava apenas 7% do total da produção mundial. Em 2001, quando a Rodada de Doha da Organização Mundial de Comércio (OMC) foi realizada, mais de um quarto da produção mundial era transacionada internacionalmente. Desde então, o montante que representa o volume das mercadorias exportadas passou de US\$ 6,04 trilhões em 2001 para US\$ 17,18 trilhões em 2017 (OMC, 2018a). Quando comparado em relação ao desenvolvimento das nações, o volume de transações comerciais, considerando a média entre importações e exportações, superou o Produto Interno Bruto mundial, no acumulado do período de 2014 a 2017, conforme mostrado na Tabela 6.1 (OMC, 2018b):

Tabela 6.1: Evolução percentual do comércio internacional e do PIB mundial

	2014	2015	2016	2017	Acumulado
Volume de comércio	2,7%	2,5%	1,8%	4,7%	9,9%
PIB	2,7%	2,7%	2,3%	3,0%	8,4%

Fonte: Organização Mundial do Comercio (2018)

No tocante ao Brasil, as mudanças do ambiente produtivo verificado nas últimas seis décadas, com o crescimento da participação do agronegócio na economia local e do concomitante processo de desindustrialização, gerou sensíveis alterações na pauta de exportações do país. As vendas brasileiras de bens manufaturados que representaram menos de 10% das exportações totais em 1965, se elevaram para 44,8% em 1980 e para 59% no ano de 2000. As exportações de bens agrícolas corresponderam a aproximadamente 81% das vendas externas totais em 1965, 42,2% em 1980 e 22,8% em 2000. Entretanto, a tendência observada entre as décadas de 1960 e 1990 se reverteu no início do século XXI. Em 2010, pela primeira vez desde o início da década de 1980, as exportações de *commodities* primárias superaram as vendas externas de bens manufaturados, com estas recuando para 39,4%, ao mesmo tempo, que aquelas representaram 44,6% do total das exportações nacionais (Manzi, 2014). E essa tendência vem se mantendo desde então. No mais recente quadriênio, as exportações de bens manufaturados representaram 35,63% em 2014, 38,08% em 2015, 39,90% em 2016 e 36,85% em 2017. No mesmo período, os insumos básicos atingiram, respectivamente, 48,67%, 45,16%, 42,7% e 46,41% (MDIC, 2018b).

Bender Filho et al (2013) já sinalizavam essa tendência, ao apontar que o crescimento acelerado das exportações agrícolas brasileiras, verificado, sobretudo nos últimos anos, tem reforçado as projeções de que o Brasil se tornará o principal exportador mundial desses produtos nas próximas décadas. Corroboram para isso fatores tanto do lado da oferta, com a expansão da fronteira agrícola associada à abundância de recursos naturais, que possibilitam a produção de produtos com grau de produtividade e competitividade elevado, quanto do lado da demanda, caracterizada pela expansão da renda mundial, com o conseqüente aumento da demanda por produtos agrícolas.

Bender Filho et al (2013) consideram, ainda, que a crescente demanda mundial por grãos, oleaginosas, óleos vegetais e produtos da pecuária, além da manutenção elevada dos preços de energia e do crescimento da produção de biocombustíveis, indicam que os preços desses produtos nos próximos anos manterão a tendência crescente.

Outro condicionante macroeconômico que contribui para o aumento das exportações brasileiras, em particular dos produtos agrícolas, é a taxa de câmbio. Para Mortati et al (2011), a taxa de câmbio mostrou ser fator determinante para as exportações do agronegócio brasileiro, sendo as de soja e seus derivados, de açúcar e de milho as mais beneficiadas. Importante destacar que outros fatores podem impactar o volume de exportação dos produtos do agronegócio, como os custos e as condições da infraestrutura em toda cadeia logística, carga tributária e incentivos governamentais, com reflexos na competitividade do produto, mas que não estão alinhadas as premissas descritas no início deste capítulo.

Assim, aplicando-se os condicionantes macroeconômicos relacionados anteriormente (câmbio, renda e preço do produto) em um modelo clássico de demanda por produtos exportados, como os devidos ajustes para o caso da exportação de produtos agrícolas, chega-se a representação matemática descrita pela Equação 6.1, na qual  $XS$  é o volume exportado,  $E$  é a taxa de câmbio real<sup>6</sup>,  $F$  é a série histórica do preço do(s) produto(s) em dólar negociada no mercado internacional e  $Y^*$  é o PIB *per capita* mundial medido na moeda norte-americana.

$$XS = f(E, F, Y^*) \quad (6.1)$$

É de se esperar que a variação da renda do resto do mundo, representada pelo produto interno bruto *per capita* mundial, excetuando-se o Brasil, a taxa de câmbio e a cotação internacional dos produtos provoquem efeitos no volume exportado das *commodities* agrícolas.

Tendo em vista que a variável  $F$  representa a cotação internacional de produtos agrícolas, e que os valores da série histórica desta variável se diferem para os produtos que compõe a cesta de grãos deste estudo, fez-se necessário a execução de um modelo para cada produto. Entretanto, por se tratar de procedimento repetitivo, inicialmente optou-se por realizar os testes econométricos para o produto soja, descritos a seguir, considerando-se para a variável  $F$  a série histórica da cotação desta *commodity* no mercado internacional. A depender dos resultados encontrados, esse procedimento seria replicado para os demais produtos sob análise.

---

<sup>6</sup> A taxa de câmbio real é a relação entre preços estrangeiros e domésticos medidos na mesma moeda, definida como:  $E = eP_f/P$  (Dornbusch et al, 2013).

Como etapa inicial da construção do modelo de demanda, a Equação 6.1 será representada em termos econométricos, na forma log-linear, conforme evidenciado na Equação 6.2.

$$\ln XS = \beta_0 + \beta_1 \ln E + \beta_2 \ln F + \beta_3 \ln Y^* + \varepsilon \quad (6.2)$$

Sendo que os  $\beta_j$   $\{j=0,1,2,3\}$  são parâmetros estimados pelo Método dos Mínimos Quadrados (MMQ); o termo de erro  $\varepsilon$  capta a influência de outras variáveis não incluídas no modelo;  $\ln$  representa o logaritmo natural, empregado para se obter as elasticidades das variáveis em relação à demanda; o parâmetro  $\beta_1$  mede a elasticidade-câmbio das exportações de soja,  $\beta_2$  a elasticidade-preço da demanda e  $\beta_3$  a elasticidade-renda mundial da demanda por soja. Espera-se que as elevações do câmbio (mais reais por unidade de moeda estrangeira) provoquem aumento nas exportações, efeito semelhante que seria causado pelo aumento da renda *per capita* mundial. Em contraposição, espera-se que a elevação do preço da soja no mercado internacional acarrete diminuição do volume demandado por exportação desse produto. Essas expectativas são assim representadas, de maneira algébrica:  $\beta_1 > 0$ ,  $\beta_2 < 0$  e  $\beta_3 > 0$ .

Para se estimar a demanda a partir da Equação 6.2, foram coletados dados referentes ao período entre 1997 e 2017. Os valores anuais do volume de exportação brasileira do complexo soja foram obtidos no portal do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; o valor anual do PIB *per capita* mundial em dólar, teve como fonte o banco de dados do Banco Mundial; os valores da taxa real de câmbio foram obtidos no portal do Banco Central do Brasil, considerando-se as cotações do último dia de cada ano analisado. Já a série de dados históricos preço da soja foi obtida no portal da Bolsa de Chicago, (CBOT, *Chicago Board of Trade*), tendo sido considerado o preço em moeda americana por tonelada do último dia de cada ano analisado, após a conversão do *buschel*, unidade de negociação da soja, que equivale a 27,215 kg. Importante destacar que as variáveis monetárias empregadas no modelo estão a preços de 2017.

Para aplicação desse modelo aos demais produtos, o milho e o açúcar, as séries históricas dos preços podem ser obtidas nos portais da Bolsa de Chicago e de Nova York, realizando-se as conversões da cotação para dólar/toneladas, tendo em vista que a unidade de negociação do milho ser o *buschel*, que equivale a 25,401 kg, enquanto o açúcar é comercializado em libras, com esta unidade correspondendo a 0,453 kg.

### 6.1.1 Testes Econométricos

O propósito inicial do modelo é obter estimativas para os parâmetros da Equação 6.2 que melhor se ajustem aos dados disponíveis, sendo, para isso, testadas as hipóteses relacionadas a seguir:

- a)  $H0_1$ : a taxa de câmbio não tem efeito significativo na demanda de exportação de soja.
- b)  $H0_2$ : a cotação da soja no mercado internacional não tem efeito significativo na demanda de exportação de soja.
- c)  $H0_3$ : a renda per capita mundial não tem efeito significativo na demanda de exportação de soja do Brasil.

A Tabela 6.2 apresenta os resultados da regressão da Equação 6.2, pelo critério dos mínimos quadrados. Pode-se notar que os coeficientes estimados fazem sentido do ponto de vista econômico, tendo em vista que a expectativa inicial foi confirmada, na qual  $\beta_1 > 0$ ,  $\beta_2 < 0$  e  $\beta_3 > 0$ , ou seja, as variações positivas do câmbio e do PIB aumentam a demanda por exportação, enquanto que a elevação do preço do produto reduz a demanda externa pela soja.

Além disso, ficou evidenciado com o resultado da regressão, que a variável  $F$  não é estatisticamente significativa ao nível de 5%, considerando o valor da sua estatística  $t$  de *Student* (-0,1), fato que não ocorreu com os demais regressores.

Tabela 6.2: Resultados obtidos da regressão com  $n=21$

$$(\ln XS = \beta_0 + \beta_1 \ln E + \beta_2 \ln F + b\beta_3 \ln Y^* + \varepsilon)$$

$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$F_{(3,17)}$	$R^2$	DW
13,552	0,472	-0,037	1,191	105,38	0,95	1,92
(12,75)	(5,34)	(-0,26)	(6,01)			
[0,000]	[0,000]	[0,795]	[0,000]			

Fonte: O autor

Entre parênteses a estatística  $t$  de *Student*; entre colchetes o valor- $P$

Da estatística  $R^2$ , coeficiente de regressão, constata-se que a aderência do modelo de demanda por exportação de soja aos dados é bastante significativa. A estatística  $F_{(3,17)}$ , calculada com 3 graus de liberdade no numerador e 17 no denominador, confirma a existência de regressão.

Da estatística Durbin-Watson (DW) pode-se concluir que o modelo não sofre de autocorrelação serial de primeira ordem ( $1,40 < DW < 2,59$ , com  $n = 21$  e  $k = 3$ ;  $k$  representa o número de variáveis explicativas).

No que se refere à cointegração, o teste de Engle & Granger (1987) em relação aos resíduos da estimativa da Equação 6.2, produziu os seguintes resultados:

$$\Delta \hat{U} = -1,099 \hat{U}_{-1}$$

$$(-4,562)$$

Entre parênteses, no resultado anteriormente apresentado, aparece a estatística  $t$  calculada. Como o valor crítico para  $\hat{\rho}$  ao nível de significância de 5% (-1,95) é menos negativo que a estatística  $t$  calculada, então, tem-se a evidência que respalda a execução da equação da demanda por exportação de soja, afastando-se o problema de regressão espúria (Gujarati, 2006; Stewart, 1991; Wooldridge, 2010). Na maior parte dos casos, uma regressão espúria apresenta alto  $R^2$  e baixo DW (Granger & Newbold, 1974). Assim, a estatística Durbin-Watson calculada (1,92) corrobora para a verificação do teste de cointegração.

Os resultados dos cálculos da estatística  $F_{(3,17)}$  foram obtidos em uma tabela denominada *Análise de Variância* – ANOVA, correspondente para demanda por exportação de soja, com esses resultados mostrados na Tabela 6.3.

Tabela 6.3: ANOVA para a regressão da demanda por exportação de soja

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	$F_{(3,17)}$	Valor-P
Regressão	3,333	3	1,111	105,383	0,000
Resíduo	0,179	17	0,011		
Total	3,512	20			

Fonte: O autor

Já os resultados mostrados na Tabela 6.4 indicam que as variáveis  $E$  (taxa de câmbio),  $F$  (valor da soja) e  $Y^*$  (renda) não apresentam raiz unitária, evidenciando que a Equação 6.2, em princípio, pode ser executada. O valor crítico do teste de Dickey-Fuller para  $n$  igual a 25 é -3,0, ao nível de significância de 5% (o valor crítico se torna mais negativo quando  $n$  diminui).

Tabela 6.4: Resultados do Teste da Raiz Unitária, para  $n=21$

Variável	$a_1$
$X = \ln E$	-1,30 (-4,32) [0,0036]
$X = \ln F$	-1,04 (-5,32) [0,00043]

Tabela 6.4: Resultados do Teste da Raiz Unitária, para n=21

Variável	a <sub>1</sub>
X = lnY*	-1,23 (-3,28) [0,030]

Fonte: O autor

Entre parênteses a estatística *t* de Student; entre colchetes o valor-*P*

Para a identificação da ocorrência de multicolinearidade, inicialmente foi gerada a matriz de correlação, obtendo-se os coeficientes de correlação entre as variáveis explicativas do modelo, que permitiram o cálculo do determinante da matriz de correlação. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 6.5, na qual se evidencia que os valores são inferiores ao valor crítico para o nível de significância de 5%, com exceção da relação entre *F* (preço da soja) e *Y*\* (renda), que atingiu 0,8603.

Tabela 6.5: Matriz de correlação

	Câmbio	Preço Soja	Renda
Câmbio	1	0,0379	0,3404
Preço Soja	0,0379	1	0,8603
Renda	0,3404	0,8603	1
Determinante (D)	0,1647		

Fonte: O autor

Obtido o valor de *D*, determinante da matriz dos coeficientes de correlação amostral, partiu-se para o cálculo da estatística Qui-quadrado de Farrar-Glauber ( $\chi^2$ ), por meio da Equação 5.7, na qual, *n* é o tamanho da amostra, *k* é o número de variáveis explicativas do modelo,  $\alpha$  é o nível de significância; *gl* são os graus de liberdade e cujos resultados estão mostrados na Tabela 6.6.

Tabela 6.6: Dados para o cálculo de  $\chi^2$

n	k	D	gl	$\alpha$	$\chi^2$ calculado	$\chi^2$ crítico
21	3	0,1647	3	5%	32,4707	3,84

Fonte: O autor

Tendo em vista que a estatística  $\chi^2$  calculada de e Farrar-Glauber é maior do que  $\chi^2$  crítico, dado o nível de significância escolhido, há indicativo de que as variáveis do modelo são linearmente relacionadas.



Ainda na verificação da multicolinearidade, obteve-se o Fator de Inflação de Variância (FIV) para as variáveis explicativas, Tabela 6.7, que são inferiores ao valor de referência (=10).

Tabela 6.7: Comparação do FIV

Variável	FIV encontrado
Cambio $E$	1,577
Preço soja $F$	5,365
PIB $Y^*$	6,059

Fonte: O autor

Em síntese, após a definição da equação de regressão linear, as variáveis e séries temporais do modelo proposto foram submetidas aos testes de estacionariedade, cointegração, multicolinearidade e autocorrelação serial dos resíduos. Posteriormente, foi realizada a análise dos resultados da regressão da Equação 6.2, na qual constatou-se que as séries temporais e variáveis são estacionárias e cointegradas, permitindo a utilização dessas na regressão. Entretanto, em função do coeficiente de correlação entre  $F$  e  $Y^*$  ter sido superior a 0,8, como também a detecção de correlação entre  $E$  e  $F$ , em contraposição a inexistência entre  $E$  e  $Y^*$  (mostrado a seguir), considerando ainda que a variável  $F$  não se mostrou estatisticamente significativa ao nível de 5%, este regressor foi suprimido, com o novo modelo sendo:

$$\ln XS = \beta_0 + \beta_1 \ln E + \beta_3 \ln Y^* + \varepsilon \quad (6.3)$$

A partir deste modelo, foi realizada nova regressão, ainda se empregando a série temporal para exportação de soja, como também testes estatísticos para se atestar a sua consistência, cujos resultados estão consolidados na Tabela 6.8:

Tabela 6.8: Resultados obtidos da nova regressão, com n=21

$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_3$	$F_{(2,18)}$	$R^2$	DW
13,751	0,484	1,144	166,65	0,948	1,90
(18,833)	(6,648)	(13,725)			
[0,000]	[0,000]	[0,000]			

Fonte: O autor

Entre parênteses a estatística  $t$  de Student; entre colchetes o valor- $P$

A multicolinearidade foi novamente testada para as variáveis remanescentes, tendo sido identificado o valor de 0,34 para a correlação, 1,13 para o FIV e a estatística  $\chi^2_{\text{calculada}}$  de Glauber e Farrar sendo igual a 19,938 (maior do que  $\chi^2_{\text{crítica}}$ ), validando a regressão linear múltipla com o emprego das variáveis renda *per capita* e taxa de câmbio.

Considerando os testes econométricos realizados, e; considerando, ainda, a premissa de que os valores das variáveis explicativas resultantes são adotados de maneira uniforme para todos os grãos vegetais sob análise, realizou-se nova regressão linear múltipla, tendo como série temporal da variável dependente o somatório dos volumes exportados de soja, farelo de soja, açúcar e milho, relacionados às variáveis independentes  $E$  (taxa de câmbio) e  $Y^*$  (renda *per capita* mundial). Os resultados obtidos estão mostrados na Tabela 6.9.

Tabela 6.9: Resultados obtidos da regressão, com  $n=21$

$$(\ln XS = \beta_0 + \beta_1 \ln E + b\beta_3 \ln Y^* + \varepsilon)$$

$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_3$	$F_{(2,18)}$	$R^2$	DW
11,365	0,471	1,466	195,90	0,95	2,66
(13,99)	(5,81)	(15,81)			
[0,000]	[0,000]	[0,000]			

Fonte: O autor

Entre parênteses a estatística  $t$  de *Student*; entre colchetes o valor- $P$

Os valores positivos das constantes confirmam a expectativa de que elevações do câmbio (mais reais por unidade de moeda estrangeira) provoquem aumento nas exportações, efeito semelhante que seria causado pelo aumento da renda *per capita* mundial:  $\beta_1 > 0$  e  $\beta_3 > 0$ .

Os testes econométricos indicaram a inexistência de colinearidade ( $FIV = 1,13$ ) e ausência de autocorrelação serial de primeira ordem ( $1,27 < DW < 2,72$ , com  $n = 21$  e  $k = 2$ ). Enquanto isso, o teste de Dickey-Fuller Aumentado para as primeiras defasagens das variáveis  $E$  e  $Y^*$  indicaram inexistência de raízes unitárias, com a estatística  $\tau$  assumindo valores, respectivamente, de -4,32 (valor-p 0,0030) e -3,28 (valor-p 0,0036), menores que o valor crítico de -3,0, referência para teste com constante, o que permite concluir que as séries são estacionárias.

Assim, finalizados os testes econométricos, passou-se para a realização do teste de previsão, com o objetivo de se estimar a demanda por exportação do granel sólido vegetal brasileiro.

### 6.1.2 Teste de Previsão

Após a definição dos parâmetros da equação e a realização dos devidos testes econométricos, partiu-se para a elaboração dos testes de previsão. Inicialmente, foram coletadas as previsões

do Banco Central do Brasil para a taxa de câmbio<sup>7</sup> e do Fundo Monetário Internacional para a renda *per capita* mundial<sup>8</sup>, ambas compreendendo o período de 2018 a 2021. Por oportuno, importante destacar que: as estimativas representam cenários vislumbrados por ocasião da realização das previsões; não foram realizadas análises em relação à consistência das metodologias que suportam essas previsões, haja vista não se alinhar aos propósitos desta pesquisa.

Com a aplicação desses dados na Equação 6.3, chegou-se a estimativa de exportação de granel vegetal brasileiro para o período projetado. Na sequência, foram identificados os respectivos intervalos de confiança, tendo sido estabelecido o nível de 95%, com  $t_{\text{critico}} = 0,196$  para uma amostra com 21 períodos. Após a identificação dos erros padrões para os coeficientes  $\beta_1$  e  $\beta_3$ , Equação 5.14, foram calculados os limites inferiores e superiores das estimativas de exportação do granel brasileiro. Os dados mencionados e os resultados encontrados estão mostrados na Tabela 6.10.

Tabela 6.10: Projeções para a exportação do granel brasileiro

Ano	Câmbio R\$	PIB US\$ (mil)	Limite inferior*	Valor projetado*	Limite superior*
2018	3,55	11,31	122,579	137,179	<b>153,518</b>
2019	3,75	11,77	133,194	149,239	<b>167,217</b>
2020	3,85	12,25	142,881	160,219	<b>179,661</b>
2021	4,00	12,73	153,763	172,585	<b>193,712</b>

Fonte: Elaborado pelo autor empregando estimativas do Banco Central do Brasil e do Fundo Monetário Internacional

\* Em milhões de toneladas

Na sequência, foram realizados testes de acurácia da previsão, empregando-se os valores da taxa de câmbio verificados no último dia útil de cada ano, e da renda *per capita* mundial, ambos para os exercícios de 1997 a 2017, coletados a partir de dados disponibilizados, respectivamente, pelo Banco Central do Brasil e pelo Banco Mundial.

A partir do cálculo da Equação 5.15, concluiu-se que o modelo de previsão gera erros aceitáveis, tendo em vista que o valor encontrado para o somatório da diferença entre a demanda realizada e a demanda calculada, em módulo, para os 21 períodos da série histórica, ou seja, o erro

<sup>7</sup> Estimativa coletada em 29/04/2018.

<sup>8</sup> Estimativa coletada em 30/04/2018.

acumulado da previsão, é inferior a quatro vezes o desvio médio absoluto (DMA), conforme mostrado a seguir:

$$DMA = 4,917; 4 DMA = 19,671$$

$$|\sum Erro| = 11,119;$$

$$\text{Logo, } |\sum Erro| \leq 4 DMA$$

Por fim, importante destacar que os valores encontrados para a projeção de exportação de grãos estão em linha com outros estudos que estimaram a produção, a área de plantio e o volume destinado ao mercado internacional de produtos agrícolas brasileiros. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2018), em estudo denominado “Projeções do Agronegócio Brasil - 2017/18 a 2027/28”, obteve os seguintes resultados para as estimativas de exportação dos principais grãos sólidos vegetais brasileiros:

Tabela 6.11: Outra projeção para exportação dos principais grãos vegetais

Produto	2019		2020		2021	
	Proj.	L.S.	Proj.	L.S.	Proj.	L.S.
Soja	72.287	81.709	74.977	88.302	77.668	93.988
Farelo de soja	15.810	18.633	16.011	20.003	16.211	21.101
Milho	31.082	46.423	32.388	48.370	33.695	50.292
Açúcar	28.264	32.848	29.261	35.745	30.259	38.200
Total	147.443	179.613	152.637	192.420	157.833	203.581

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2018)

L.S. - Limite Superior; valores em mil toneladas

Considerando a premissa estabelecida, os resultados encontrados por meio do estudo do Ministério da Agricultura, que emprega procedimentos metodológicos diversos, foram confrontados com aqueles calculados nesta pesquisa. Dessa forma, ficou evidenciado nas Tabelas 6.10 e 6.11 que as estimativas guardam proximidade entre si, com os valores projetados por este trabalho e aqueles calculados pelo órgão federal alcançando, respectivamente, em bilhões de toneladas: 149,2 e 147,4, para 2019; 160,2 e 152,6 para 2020; e 172,5 e 157,8 para 2021. Da mesma forma, os limites superiores calculados foram, respectivamente: 167,2 e 179,6, para 2019; 179,6 e 192,4 para 2020; e 193,7 e 203,5 para 2021.

## 6.2 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA

A seguir estão descritas as etapas da execução do modelo para avaliação da eficiência e identificação da capacidade operacional, baseado no método DEA, que consiste na definição

das unidades tomadoras de decisão, das variáveis e dos respectivos valores a serem empregados, considerando-se as premissas estabelecidas e relacionadas na introdução deste capítulo.

### 6.2.1 Definição dos *Inputs* e dos *Outputs*

De acordo com Ensslin et al (2017), a Análise Envoltória de Dados é a técnica de avaliação de desempenho mais utilizada para o setor portuário. Essa predominância da análise envoltória de dados quanto à verificação da eficiência de portos e terminais portuários ao redor do mundo é confirmada pela compilação de estudos contidos no Quadro 2.2, apurada a partir de levantamentos realizados por Gunar (2015), Merkel & Holmgren (2017) e Kutin et al (2017).

No estudos relatados, a maneira mais usual pelo qual os modelos DEA foram empregados na avaliação da eficiência dos portos consiste na adoção de *inputs* relacionados com a infraestrutura e/ou com a gestão dos terminais portuários, e *outputs* que concentram valores referentes aos montantes produzidos, como, por exemplo, volume de carga transportada, com o objetivo de se obter as eficiências relativas de cada porto, ou unidade de tomada de decisão, quando comparado com a unidade que apresenta melhor desempenho. Entretanto, a metodologia empregada nesta pesquisa apresenta uma particularidade que a diferencia de grande parte desses estudos.

Foi adotado neste estudo, como *output*, os volumes previstos para a exportação de granel sólido vegetal para os anos de 2018 a 2011, apurados por meio da elaboração de modelo econométrico e de previsão, de modo que será possível identificar as capacidades existentes no nível da fronteira da eficiência. Dessa forma, o modelo proposto combina *inputs* atuais com *outputs* projetados, esperando-se obter a fronteira esperada da eficiência dos terminais portuários para anos subsequentes, considerando a possibilidade de incrementos nos parâmetros operacionais vigentes.

Já em relação aos *inputs*, buscou-se parâmetros que expressassem as características operacionais e de gestão dos terminais, alinhado ao disposto no Quadro 2.2, que consolida estudos sobre eficiência portuária que adotaram o método DEA, para os quais foi possível classificar os *inputs* utilizados da seguinte forma:

- Infraestrutura do porto/terminal: comprimento do cais, comprimento do berço, área do terminal, calado máximo, área de armazenagem, área do pátio;

- Manuseio da carga: número de equipamentos para movimentação de carga, taxa de produtividade dos equipamentos;
- Pessoal: número de funcionários envolvidos;
- Financeiros: custo, capital investido.

Diante desse cenário, como parte da metodologia proposta, foram selecionados os *inputs* para aplicação neste estudo de caso, de modo que melhor refletissem os produtos da operação portuária. Por se relacionar com a capacidade de produção, no caso manuseio da carga para embarque, foram considerados o comprimento do berço e a área de armazenagem das DMUs, fatores da infraestrutura portuária, como também a taxa média de produção dos principais equipamentos que movimentam o granel em cada unidade selecionada.

Portanto, o modelo busca a maximização do *output*, no caso a capacidade de carga exportada, a partir emprego da infraestrutura disponível e futura, berços de atracação, capacidade de armazenamento e equipamentos para embarque da carga (*inputs*), por meio da identificação da eficiência relativa das instalações analisadas.

### 6.2.2 Identificação das Instalações Portuárias e Seleção das DMUs

Avançando para a definição das DMUs, coletou-se os dados da movimentação portuária no Sistema Anuário Antaq, mais especificamente os volumes embarcados de soja, farelo de soja, milho e açúcar em 2017. Após a supressão dos volumes embarcados cujos tipos de navegação eram cabotagem e vias interiores, caracterizados em algumas situações por estações de transbordo e terminais que realizam o transporte por vias interiores até os portos, foi obtida a participação de cada complexo portuário brasileiro na exportação do granel vegetal, conforme evidenciado na Tabela 6.12.

Tabela 6.12: Portos brasileiros que operam com granéis vegetais

Complexo Portuário	Volume movimentado (em toneladas)			Total
	Interior	Cabotagem	Longo Curso	
Aratu – Salvador/BA			3.093.591	3.093.591
Corumbá/MT	183.796			183.796
Ilhéus/BA			89.918	89.918
Imbituba/SC			1.446.090	1.446.090
Itaituba/PA	4.648.176			4.648.176
Itaqui/MA			8.049.550	8.049.550
Macapá/AP	3.001		51.170	54.171

Tabela 6.12: Portos brasileiros que operam com granéis vegetais

Complexo Portuário	Volume movimentado (em toneladas)			
	Interior	Cabotagem	Longo Curso	Total
Maceió/AL			982.897	982.897
Manaus/AM			3.765.878	3.765.878
Não Classificado	29.459			29.459
Paranaguá – Antonina/PR		9.755	23.675.585	23.685.341
Porto Alegre/RS	951.740			951.740
Porto Velho/RO	7.259.982	1.873		7.261.856
Rio Grande/RS	65.858		15.026.391	15.092.249
Santarém/PA			3.949.930	3.949.930
Santos/SP		882.184	53.068.581	53.950.765
São Francisco do Sul/SC			6.334.186	6.334.186
São Simão/GO	553.817			553.817
Suape – Recife/PE			28.256	28.256
Vila do Conde - Belém			7.484.238	7.484.238
Vitória			5.288.934	5.288.934
Total Geral	13.695.830	893.812	132.335.197	146.924.839

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do Sistema Anuário Antaq

Identificados os complexos portuários que movimentam o granel vegetal com destino aos portos do exterior, navegação de longo curso, iniciou-se nova etapa que consistia na caracterização de cada complexo portuário, a partir das informações presentes nos respectivos Planos Mestres, por meio da identificação dos modelos de gestão dos terminais existentes, se público, arrendado ou privado, como também as características de agregação dos terminais nos trechos portuários, em função da localização geográfica e do tipo de carga. Os componentes da gestão e da operação dos complexos portuários estão descritos no Apêndice B, como forma de justificar a seleção das instalações que operam com o granel sólido vegetal.

A partir da caracterização da gestão, da infraestrutura e das operações, combinada com a distribuição da exportação de granel sólido vegetal entre os complexos portuários, como também entre os terminais desses portos, ficou evidenciada a necessidade de subdividir-se a operação no cais público, especialmente para o Complexo Portuário de Santos/SP, de modo que isto melhor representasse a realidade operacional dessas instalações. Essa etapa se completou com nova extração de dados do Anuário Antaq, com a representação da movimentação de carga para navegação de longo curso por terminal portuário estando apresentada na Tabela 6.13.

Tabela 6.13: Portos e terminais brasileiros exportadores de granéis vegetais em 2017

Porto Público e Privado	Complexo Portuário/UF	Tipo de Terminal	Distribuição Percentual	Acumulado
Paranaguá (Corredor de Exportação)	Paranaguá/PR	Público	13,02%	13,02%
Teaçu 1/2	Santos/SP	Arrendado	9,39%	22,41%
Itaqui	Itaqui/MA	Público	6,08%	28,49%
TGG - Granéis do Guarujá	Santos/SP	Público	5,27%	33,76%
Tergrasa	Rio Grande/RS	Arrendado	4,93%	38,69%
São Francisco do Sul	São Francisco do Sul/SC	Público	4,79%	43,48%
Paranaguá (Caís Público)	Paranaguá/PR	Público	4,71%	48,18%
Teag - Exportação do Guarujá	Santos/SP	Arrendado	4,35%	52,53%
Teaçu 3	Santos/SP	Arrendado	4,14%	56,67%
Terminal de Tubarão	Vitória/ES	Uso privado	4,00%	60,67%
Tiplam	Santos/SP	Uso privado	3,66%	64,33%
Armazém 39	Santos/SP	Público	3,51%	67,84%
Armazém 38	Santos/SP	Público	3,16%	71,00%
Terminal Bianchini	Rio Grande/RS	Uso privado	3,03%	74,03%
TGS (Cargill)	Santarém/PA	Arrendado	2,98%	77,01%
Terminal Graneleiro Hermasa	Manaus/AM	Uso privado	2,85%	79,86%
Terminal Cotegipe	Salvador -Aratu/BA	Uso privado	2,34%	82,20%
Teg - Exportador do Guarujá	Santos/SP	Arrendado	2,06%	84,26%
Terminal Vila do Conde	Vila do Conde/PA	Uso privado	2,05%	86,32%
Terfron	Vila do Conde/PA	Uso privado	2,05%	88,18%
Termasa	Rio Grande/RS	Uso privado	1,85%	90,03%
Outeirinhos 3/T-Grão	Santos/SP	Público	1,84%	91,87%
Terminal Ponta da Montanha	Vila do Conde/PA	Uso privado	1,73%	93,60%
Armazém 12A	Santos/SP	Público	1,57%	95,17%
Terminal Bunge Alimentos	Rio Grande/RS	Uso privado	1,55%	96,72%
Sucocítrico Cutrale	Santos/SP	Uso privado	1,16%	97,88%
Imbituba	Imbituba/SC	Público	1,09%	98,97%
Maceió	Maceió/AL	Arrendado	0,74%	99,71%
Outros	Ilhéus/BA	Púb/Arrend	0,29%	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do Sistema Anuário Antaq

Tendo por referência esse detalhamento, foram identificadas vinte e oito instalações, que concentram 99,71% do volume transportado do granel sólido vegetal, representando os fluxos históricos dessa natureza de carga com destino ao exterior, como também as novas alternativas para escoamento das safras agrícolas que são direcionadas ao mercado internacional. As instalações estão localizadas nos complexos portuários de: Santos/SP, Paranaguá/PR, Rio Grande/RS, Itaqui/MA, Vila do Conde/PA, São Francisco do Sul/SC, Vitória/ES, Salvador/BA, Santarém/PA, Manaus/AM, Imbituba/SC e Maceió/AL, sendo, portanto, quatro na região Sul, dois no Sudeste, três no Norte e três no Nordeste.



Em relação ao valor residual de 0,29% do volume exportado em 2017, distribuído em seis instalações portuárias (Ilhéus/BA, Macapá/AP, Suape-Recife/PE, Antonina/PR, *dolphin* de Paranaguá/PR e Ecoporto em Santos/SP), em que pese a reduzida participação, entendeu-se como significativo ser considerado de maneira agregada no modelo. Em anos anteriores, outras instalações também manusearam o granel vegetal, como, por exemplo, o Terminal de Grãos de Recife/PE, o Porto de Aracajú/SE e o Terminal de Uso Múltiplo de Vila do Conde/PA. Como se propõe a avaliação da eficiência e da capacidade operacional também para exercícios subsequentes, há que se considerar a possibilidade da ocorrência de fatores que aumentem a atratividade desses terminais, como por exemplo, eventuais investimentos para a construção de novas instalações destinadas à movimentação do granel sólido vegetal nesses terminais ou a construção de ferrovias ligando as regiões produtoras a essas instalações portuárias. Portanto, foi introduzida mais uma instalação (a 29ª), que representa tanto a completude da movimentação da carga no cenário atual, como também pode caracterizar as possibilidades de expansão da infraestrutura portuária. Nesse contexto, importa registrar que para representar a movimentação residual foi escolhido o Porto de Ilhéus/BA, em função da ocorrência de movimentação com granel vegetal em todos os últimos cinco anos e por dispor de equipamento para carregamento dos navios similares ao das demais instalações (Labtrans, 2018a). A distribuição das instalações portuárias selecionadas pelo território brasileiro, além do quantitativo de terminais pelos respectivos complexos portuários, estão representados graficamente a seguir (Figura 6.1).

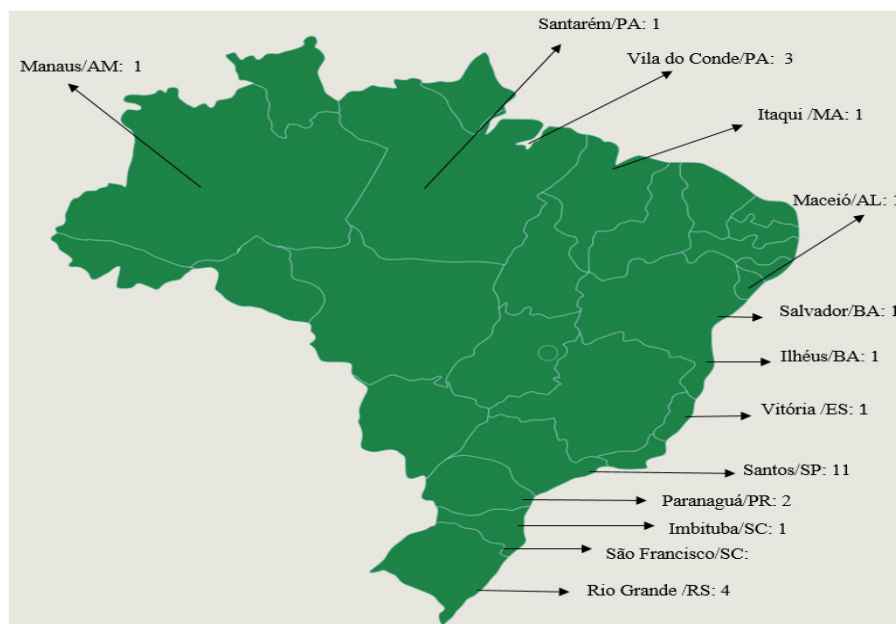


Figura 6.1: Distribuição geográfica das instalações portuárias selecionadas

Cabe mencionar que, em relação ao quantitativo de DMUs há que se considerar possíveis limitações da ferramenta computacional que irá processar os dados. Para aplicação deste modelo DEA foi adotado o SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão (Angulo Meza et al, 2003), *software* que permite trabalhar com até 150 DMUs e 20 variáveis, entre *inputs* e *outputs*. Conforme descrito pelos desenvolvedores, trata-se de uma solução que visa suprir uma grande necessidade de um *software* confiável, acessível, que forneça resultados completos e que incluía os novos desenvolvimentos teóricos de modelos DEA e da Análise Multicritério.

Além disso, o número de DMUs para cada cenário deve superar o mínimo definido a partir da relação entre o quantitativo de *inputs* e *outputs* como parâmetro para a Análise Envoltória de Dados, relação representada pela Equação 6.4 (Cooper et al, 2007 *apud* Tiscoski, 2015):

$$DMUs \geq \max\{(M \times N); (3 \times (M + N))\} \quad (6.4)$$

Em que:

M e N são, respectivamente, o número de *inputs* e de *outputs*.

Portanto, considerando o quantitativo de *inputs* (3) e *output* (1), o número de DMUs selecionadas (29) supera o valor mínimo estabelecido pela regra anteriormente definida (12).

### 6.2.3 Construção de cenários

Na seção anterior foram identificados 28 terminais portuários selecionados, além de uma unidade que simboliza a movimentação residual da exportação do granel sólido vegetal. Cada uma dessas representa uma unidade de tomada de decisão (DMU). Entretanto, como se pretende analisar a capacidade dos portos de atender à demanda futura de exportações, no caso até 2021, é necessário projetar cenários para os quais há variações nos valores das variáveis, fazendo com que surjam novos conjuntos de 29 DMUs para cada ano a ser analisado.

Como etapa inicial para a construção dos cenários foram coletados os valores para os *inputs*. A partir das informações disponíveis nos Planos Mestres de cada um dos complexos portuários, documentos elaborados pelo LabTrans/UFSC para a Secretaria Nacional de Portos do Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (atual Ministério da Infraestrutura), foi possível identificar a infraestrutura existente nesses locais para armazenamento e manuseio

dessas cargas. Com isso, obteve-se os valores das variáveis (*inputs*) a serem empregados na implementação do modelo DEA, qual sejam, comprimento de berço, área de armazenagem e taxa de embarque dos navios, e que são apresentados no Apêndice C. Na sequência, foram estabelecidos cinco cenários: o primeiro representando o ano de referência; quatro outros, sendo um para cada ano para o qual foi estimada a demanda por exportação do granel vegetal.

Para o “ano zero”, o ano mais recente para o qual se dispõe de dados consolidados, é obtida a fronteira da eficiência a partir dos valores para as variáveis comprimento de berço, capacidade estática e taxa de produção dos equipamentos para embarque do produto, os *inputs*, e a movimentação realizada para o granel vegetal embarcado para navegação de longo curso como *output*. Além da definição das unidades eficientes, são identificadas as ineficientes, para as quais são conhecidas as respectivas “metas” ou alvos”, limite da produção (orientação para *output*) ou de redução de insumos (orientação para *input*) para cada instalação portuária, desde que essas operem na fronteira da eficiência. Considerando a crescente demanda por granéis vegetais brasileiros, em especial a soja, verificada na série histórica de exportação, com repercussão na estimativa de movimentação portuária para anos futuros, conforme abordado no Capítulo 1, o direcionamento para o *output* apresenta-se com a alternativa mais adequada.

Desse modo, a meta poderá ser comparada com as estimativas de demanda para a exportação do granel sólido vegetal, permitindo, assim, avaliar se a infraestrutura disponível é suficiente para se atender a essa demanda, considerando a operação na fronteira da eficiência.

Para os anos seguintes essas premissas são mantidas com o acréscimo da influência das possíveis ampliações na infraestrutura portuária. O modelo pode ser replicado para todos os anos subsequentes, com os mesmos *inputs* e *outputs*, cujos valores, entretanto, irão variar em função dos acréscimos nos comprimentos de berços de atracação, na taxa de produção decorrentes de novos *shiploaders* e no volume de armazenamento (capacidade estática), como também os montantes projetados de movimentação de carga por instalação portuária. Os procedimentos para cálculo da distribuição da projeção de demanda por terminal/porto serão detalhados a seguir.

Na Seção 6.1 deste capítulo foram demonstrados os cálculos que resultaram nas projeções de demanda para a exportação de granel sólido vegetal, compreendendo o período de 2018 a 2021. Considerando que para a projeção demanda foi estabelecido um intervalo de confiança com

limite inferior, médio e superior, para cada ano do horizonte analisado, podem ser estabelecidos três modelagens para cada ano. Contudo, para este estudo foi adotado o valor que corresponde ao limite superior da projeção de demanda, que representa a condição de maior criticidade e, em função disto, maior significado para análises de médio e longo prazo.

De posse desses valores, passou-se à distribuição da demanda projetada por instalação portuária, que foi dividida em duas etapas. A primeira visa obter a participação média ponderada de cada instalação/terminal portuário. Para isso, foram consideradas as movimentações de cada DMU com granel vegetal realizadas nos quatro anos anteriores. Para 2018, os valores correspondem à série histórica iniciada em 2014. Para os seguintes, o valor de um ano da série histórica é substituído por um valor calculado, conforme Equações 6.5:

$$PM_j\% = \frac{\sum_{i=1}^n MOV_i}{\sum_{i=1}^n MT_i} \tag{6.5}$$

$$PP_j\% = \frac{PM_j\%}{\sum_{i=1}^k PM_j}$$

Em que:

$PM_j$  = participação média da instalação/DMU<sub>j</sub>;

$PP_j$  = participação ponderada da instalação/DMU<sub>j</sub>;

$MOV_i$  = movimentação da instalação/DMU<sub>j</sub> no período de tempo  $i$ ;

$MT$  = movimentação de carga total no período de tempo  $i$ .

Na sequência, a esses percentuais são ponderados os fatores decorrentes da maior ou menor disponibilidade de condicionantes de infraestrutura nas instalações portuárias/DMUs, com a premissa de que essa variação na infraestrutura poderá contribuir para tornar as instalações mais atrativas, com o objetivo de angariar maior fatia de mercado.

Assim, para os anos seguintes são introduzidos os projetos e as respectivas expectativas de conclusão dos investimentos para a ampliação da infraestrutura portuária, ou seja, são incorporados os quantitativos de aumento da extensão dos berços, substituição e/ou acréscimos de *shiploaders*, crescimento da capacidade de armazenagem do produto pela introdução de novos silos e armazéns. Essas variações no quantitativo de cada variável da infraestrutura são

ponderadas em relação à capacidade instalada total (somatório de todas as unidades), gerando o denominado Fator de Infraestrutura (FI), calculado conforme a Equação 6.6:

$$FI_j = \frac{IF_{j1} + \dots + IF_{jn}}{n} \quad (6.6)$$

$$IF_{jn} = \frac{IF_{jn_{t+1}} / \sum_{j=1}^k IF_{n_{t+1}}}{IF_{jn_t} / \sum_{j=1}^k IF_{n_t}}$$

Em que:

$FI_j$  = fator agregado da infraestrutura da DMU<sub>j</sub>

$IF_{jn}$  = valor da infraestrutura  $n$  para a DMU<sub>j</sub>

$IF$  = valor da infraestrutura  $n$  para a DMU<sub>j</sub> no período  $t$

$\sum_{j=1}^k IF_{n_t}$  = somatório da infraestrutura  $n$  (disponibilidade total) no período  $t$

Por fim, o produto do Fator de Infraestrutura (FI) de cada instalação/DMU pela participação ponderada de cada instalação para o respectivo ano ( $PP_{ij}$ ), pelo volume total previsto de exportação, permite se estimar o volume que cada DMU irá manusear para os anos em análise:

$$V_{jt} = FI_j \times PP_{ij} \times V_t \quad (6.7)$$

Em que:

$V_{jt}$  = volume projetado de granel vegetal sólido a ser exportação no período  $t$  pela DMU<sub>j</sub>

$V_t$  = volume projetado de granel vegetal sólido a ser exportação no período  $t$

Os dados das infraestruturas dos complexos portuários foram obtidos nos respectivos Planos Mestres, nos sítios eletrônicos da Antaq e da Secretaria Nacional dos Portos/MTPA (WebPortos). Já a movimentação de carga por porto/terminal/berço de atracação foi coletada no Sistema Anuário Antaq. Os valores referentes às ampliações portuárias empregados neste estudo de caso foram obtidos nos Planos Mestres dos Portos e no sítio eletrônico da Antaq, e estão mostrados na Tabela 6.14.

Tabela 6.14: Investimentos em terminais portuários que operam granéis vegetais

Complexo Portuário	Instalação/ Terminal	Variável	Quantidade acrescentada	
			2020	2021
Santos	TEAG	Taxa de produção	1.500 t/h	0
		T-Grão	Capacidade estática	41.000 t
	Armazém 38	Capacidade estática	300 m	0
		Taxa de produção	3.000 t/h	0
		Capacidade estática	0	107.000 t
Paranaguá	Armazém 39	Taxa de produção	0	2.000 t/h
		Cais Público	Beço	100 m
Taxa de produção	0		4.000 t/h	
Corex	Beço		0	1160 m
	Taxa de produção	0	16.000 t/h	
Itaqui	Tegram	Beço	320 m	0
		Taxa de produção	3.000 t/h	0
Salvador-Aratu	Cotegipe	Taxa de produção	0	2.000 t/h
		Capacidade estática	0	100.000
		Beço	0	278 m

Fonte: Elaborado pelo autor, com dados dos Planos Mestres e sítio eletrônico da Antaq

É importante destacar que este estudo se concentra na operação portuária, não incorporando, contudo, demais trechos da cadeia logística, como rodovias, ferrovias, hidrovias, priorizando-se a capacidade e a eficiência da infraestrutura disponível. Além disso, tampouco foram considerados os custos decorrentes da operação logística, seja no porto, seja nas demais etapas do processo.

## 7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir estão sintetizados os principais resultados obtidos com a aplicação do método DEA para as instalações portuárias na operação do granel sólido vegetal, contendo a análise da eficiência verificada em: 2017, com as produções exportadas naquele ano; em 2018 e 2019, considerando as projeções de demanda; e em 2020 e 2021, considerando, além das projeções de demanda para esses anos, os investimentos previstos para ampliação da infraestrutura dos terminais portuários.

### 7.1 EFICIÊNCIA VERIFICADA

Inicialmente, procedeu-se a análise da eficiência das DMUs em relação à produção verificada no ano de 2017, tendo sido testados os dados existentes para as subdivisões da Análise Envolvória de Dados, DEA-CCR e DEA-BCC, com os resultados encontrados estando compilados na Tabela 7.1.

Tabela 7.1: Aplicação das modelagens DEA-CCR e DEA-BCC para dados de 2017

DMU	Complexo	CCR - eficiências			BCC - eficiências		
		Padrão	Invertida	Composta	Padrão	Invertida	Composta
Teaçu 1/2	Santos	0,8376	0,2471	0,7953	1,0000	0,4194	0,7903
Teaçu 3	Santos	0,7643	0,2703	0,7470	0,8106	0,2715	0,7696
T-Grão	Santos	0,4366	0,3423	0,5472	0,4823	0,3444	0,5689
Armazém 38	Santos	0,4514	0,4560	0,4977	0,5024	0,4667	0,5178
Armazém 39	Santos	0,6501	0,2674	0,6913	0,7250	0,2741	0,7255
TGG	Santos	1,0000	0,3813	0,8093	1,0000	0,6513	0,6743
TEAG	Santos	1,0000	0,2032	0,8984	1,0000	0,2035	0,8983
TEG	Santos	0,6603	0,3368	0,6618	0,6626	0,3495	0,6566
Tiplam	Santos	0,3461	0,6169	0,3646	0,4303	1,0000	0,2152
Armazém 12A	Santos	0,5778	0,3148	0,6315	0,5788	0,3325	0,6232
Cutrale	Santos	0,3352	0,5345	0,4003	0,3359	0,5405	0,3977
Cais	Paranaguá	0,4985	0,3960	0,5513	0,6393	0,9555	0,3419
Corex	Paranaguá	0,6828	0,3717	0,6556	1,0000	1,0000	0,5000
Tergrasa	Rio Grande	0,7551	0,2394	0,7578	0,9108	0,3193	0,7957
Terbian	Rio Grande	0,4043	1,0000	0,2021	0,4947	1,0000	0,2473
Termasa	Rio Grande	0,2563	0,8833	0,1865	0,2864	0,9531	0,1667
Bunge	Rio Grande	0,2494	0,8770	0,1862	0,2933	1,0000	0,1466
São Francisco	São Francisco	0,8510	0,5743	0,6384	0,9384	1,0000	0,4692
Itaqui - Tegram	Itaqui	0,4673	0,5353	0,4660	0,6392	1,0000	0,3196
Terfron	V. Conde	0,4290	1,0000	0,2145	0,4331	1,0000	0,2166
Vila	V. Conde	0,4972	0,3614	0,5679	0,5190	0,3628	0,5781
Montanha	V. Conde	1,0000	0,2961	0,8520	1,0000	0,3356	0,8322
Tubarão	Vitória	0,6154	0,3766	0,6194	0,7736	0,3877	0,6930
Cargill	Santarém	1,0000	0,1164	0,9418	1,0000	0,1248	0,9376

Tabela 7.1: Aplicação das modelagens DEA-CCR e DEA-BCC para dados de 2017

DMU	Complexo	CCR - eficiências			BCC - eficiências		
		Padrão	Invertida	Composta	Padrão	Invertida	Composta
Hermasa	Manaus	0,5692	0,5201	0,5246	0,6013	0,5226	0,5393
Cotegipe	Salvador	0,4124	0,3395	0,5365	0,5645	1,0000	0,2822
Imbituba	Imbituba	0,3082	0,4310	0,4386	0,3283	0,4375	0,4454
Maceió	Maceió	0,2179	1,0000	0,1089	1,0000	1,0000	0,5000
Ilhéus	Ilhéus	0,1983	1,0000	0,0992	1,0000	1,0000	0,5000

Fonte: O autor

Em relação às subdivisões do DEA, buscou-se identificar aquela que mais se alinhava ao estudo proposto. Como pode ser verificado na Tabela 7.1, o número de unidades eficientes do modelo DEA-BCC é superior ao DEA-CCR, com destaque para a presença de duas das três unidades de maior porte, Teçu 1/2 (Santos/SP) e Corex (Paranaguá/PR), o que pode sinalizar um enviesamento ao se priorizar aquelas com maior escala de produção, penalizando as de menor porte. Além disso, o DEA-BCC apresentou unidades “falso eficientes”, já que alcançaram 100% para eficiência padrão e o mesmo percentual para a eficiência invertida, indicador que detecta as DMUs mais ineficientes.

Portanto, em função das evidências que indicam maior poder discriminatório da modelagem DEA-CCR, esta foi adotada, em detrimento da modelagem DEA-BCC, com a orientação a *output*, conforme razões expostas no Capítulo 6.

No que se refere às unidades tomadoras de decisão, identificou-se que os terminais TGG e TEAG em Santos/SP, Ponta da Montanha em Vila do Conde/PA e Cargill em Santarém/PA alcançaram a fronteira da eficiência, já que a “eficiência padrão” atingiu o valor unitário e a “eficiência composta” se aproximou de 1. Já em relação às mais ineficientes, cujo valor encontrado para a “eficiência invertida” foi igual a 1, pode-se apontar os terminais Terbian em Rio Grande/RS, Terfron em Vila do Conde/PA e o Porto de Maceió/AL. Entretanto, é importante lembrar que os termos “eficiente” e “ineficiente”, neste caso, significam que a operação nos terminais está ocorrendo com maior ou menor emprego dos recursos disponíveis, podendo representar, ainda, uma operação no limite da capacidade para as mais eficientes, ou a ociosidade parcial da capacidade instalada para as mais ineficientes.



## 7.2 CENÁRIOS PROJETADOS

Definidos os requisitos da modelagem, DEA-CCR com orientação ao *output*, procedeu-se a análise dos níveis de eficiência encontrados e da capacidade do atendimento da demanda projetadas para exportação do granel vegetal, compreendendo o período de 2018 a 2021. Além dos referenciais de eficiência, mas principalmente a partir dos “alvos”, quantitativos que representam a máxima utilização da infraestrutura para a produção estimada, foi possível avaliar o nível de utilização que as infraestruturas terão, ao se comparar com as projeções de demandas por exportação, distribuídas por terminal/porto.

Como para os anos de 2018 e 2019 não foram considerados investimentos na ampliação da infraestrutura, estes foram analisados conjuntamente. Aplicando-se as projeções de demanda distribuídas por terminal portuário, encontrou-se os referenciais de eficiência das unidades e os respectivos alvos, representando a capacidade no limite da eficiência, cujos resultados estão mostrados na Tabela 7.2.

Tabela 7.2: Capacidade de atendimento da demanda com a infraestrutura atual

DMU	Complexo Portuário	2018			2019		
		Projeção	Alvo	Eficiência	Projeção	Alvo	Eficiência
Teaçu 1/2	Santos	15,436	17,110	0,902	16,743	18,400	0,910
Teaçu 3	Santos	6,576	8,298	0,792	7,616	8,902	0,855
T-Grão	Santos	3,092	5,370	0,576	3,560	6,061	0,587
Armazém 38	Santos	4,821	10,575	0,448	5,288	11,550	0,458
Armazém 39	Santos	5,880	7,566	0,777	6,438	8,319	0,774
TGG	Santos	9,170	9,170	<b>1,000</b>	9,650	9,650	<b>1,000</b>
TEAG	Santos	6,774	6,774	<b>1,000</b>	7,247	7,247	<b>1,000</b>
TEG	Santos	3,141	4,750	0,661	3,380	5,116	0,661
Tiplam	Santos	6,284	15,973	0,393	6,672	17,227	0,387
Armazém 12A	Santos	2,516	3,653	0,689	2,783	4,063	0,685
Cutrale	Santos	1,678	4,516	0,372	1,843	4,831	0,381
Cais	Paranaguá	7,923	13,685	0,579	8,411	14,917	0,564
Corex	Paranaguá	19,482	29,704	0,656	20,859	31,778	0,656
Tergrasa	Rio Grande	6,920	9,072	0,763	7,585	9,998	0,759
Terbian	Rio Grande	5,368	11,679	0,460	5,850	12,494	0,468
Termasa	Rio Grande	2,577	11,161	0,231	2,813	11,961	0,235
Bunge	Rio Grande	2,433	9,037	0,269	2,604	9,848	0,264
São Francisco	São Francisco	8,038	8,759	0,918	8,523	9,371	0,909
Itaqui - Tegram	Itaqui	7,634	20,423	0,374	8,864	21,824	0,406
Terfron	V. Conde	2,269	7,161	0,346	2,677	7,559	0,352
Vila	V. Conde	2,097	5,664	0,401	2,227	6,266	0,355
Montanha	V. Conde	1,171	2,667	0,439	1,523	2,863	0,532
Tubarão	Vitória	7,679	9,483	0,810	8,016	10,145	0,790

Tabela 7.2: Capacidade de atendimento da demanda com a infraestrutura atual

DMU	Complexo Portuário	2018			2019		
		Projeção	Alvo	Eficiência	Projeção	Alvo	Eficiência
Cargill	Santarém	3,440	3,440	<b>1,000</b>	4,002	4,002	<b>1,000</b>
Hermasa	Manaus	4,006	7,786	0,515	4,453	8,329	0,535
Cotegipe	Salvador	3,577	6,951	0,515	3,725	7,937	0,469
Imbituba	Imbituba	1,424	4,291	0,332	1,712	4,918	0,348
Maceió	Maceió	1,518	4,516	0,336	1,515	4,831	0,314
Ilhéus	Ilhéus	0,597	1,838	0,325	0,638	2,079	0,307
Total		153,518	261,072		167,217	282,486	

Fonte: O autor

Valores em milhões de toneladas

Como pode ser observado, para 2018 e 2019 os resultados indicam que as unidades TGG e TEAG em Santos/SP e Cargill em Santarém/PA estão na fronteira da eficiência, sinalizando a melhor combinação do emprego dos recursos disponível para a geração de produção. Por outro lado, as demais se encontram em posição relativamente inferior às três unidades citadas, existindo possibilidades de melhoria na utilização dos insumos de produção. Além disso, pode-se destacar outras unidades, como Teaçú 1/2 em Santos/SP e São Francisco/SC, que obtiveram índice próximo de 1 para os dois anos desta amostra, indicando que caso mantenha esse nível de eficiência relativa terão condições de atender às demandas projetadas.

Entretanto, o alvo agregado calculado empregando-se os parâmetros de 2018 e 2019 supera em 70% e 68%, respectivamente, as demandas projetadas para esses anos, indicando aos gestores e usuários do sistema que eventuais dificuldades em determinados portos podem ser sanadas com a retribuição de parte da carga para terminais que estejam operando com maior disponibilidade, desde que as demais variáveis relacionadas se mostrem viáveis.

Em relação à relevância das variáveis do modelo, a “capacidade estática” se mostrou a menos significativa, como pode ser visto no Apêndice D, com a predominância do comprimento do berço e da taxa de produção de embarque dos produtos. Essa constatação ratifica a premissa contida na metodologia para cálculo das capacidades dos portos (Labtrans, 2018e), descrita na Seção 3.3.2, para a qual a “*a capacidade estática dos portos tem caráter estritamente temporário, com a finalidade de impedir a ocorrência de interrupções ou atraso nas movimentações que ocorrem no cais. (...) procura-se fazer com que a restrição de capacidade fique nos berços, que são obras mais onerosas*”. Ademais, “*em determinados casos, outros componentes podem ser o limitador do processo, sendo que esse gargalo logístico/operacional*

definirá o ritmo da produção e a capacidade máxima de movimentação das cargas” (Slack et al, 2002 *apud* Caldeira et al, 2015).

Para os anos de 2020 e 2021, além dos procedimentos anteriores, foram considerados os investimentos previstos na ampliação da infraestrutura das instalações portuárias que são objeto deste estudo, seja no aumento da dimensão linear do cais de atracação, seja na instalação de novos equipamentos para embarque de granel sólido vegetal, *shiploaders*, seja na construção de novos locais para armazenagem dos produtos (Tabela 6.14).

Os valores adotados permitiram aplicar o método DEA-CCR, para 2020 e 2021, com a incorporação dos possíveis impactos dos investimentos na ampliação das infraestruturas sobre a eficiência operacional e à demanda de exportação. Os resultados indicam que a capacidade instalada acrescida dos investimentos futuros na infraestrutura na fronteira da eficiência também superam à demanda projetada de exportação de granel sólido vegetal, conforme evidenciado na Tabela 7.3:

Tabela 7.3: Avaliação da capacidade de atendimento considerando os investimentos

DMU	Complexo Portuário	2020			2021		
		Projeção	Alvo	Eficiência	Projeção	Alvo	Eficiência
Teaçu 1/2	Santos	16,911	17,313	0,977	16,593	16,593	<b>1,000</b>
Teaçu 3	Santos	7,693	8,080	0,952	7,162	7,701	0,930
T-Grão	Santos	4,059	5,065	0,801	3,779	4,841	0,781
Armazém 38	Santos	8,729	15,416	0,566	9,143	17,643	0,518
Armazém 39	Santos	6,502	6,715	0,968	7,940	9,118	0,871
TGG	Santos	9,747	9,747	<b>1,000</b>	9,075	9,075	<b>1,000</b>
TEAG	Santos	9,673	9,673	<b>1,000</b>	9,006	9,006	<b>1,000</b>
TEG	Santos	3,414	5,325	0,641	3,179	4,958	0,641
Tiplam	Santos	6,739	18,091	0,373	6,275	16,843	0,373
Armazém 12A	Santos	2,811	3,449	0,815	2,617	3,211	0,815
Cutrale	Santos	1,862	3,640	0,512	1,733	3,426	0,506
Cais	Paranaguá	11,213	18,169	0,617	10,440	16,916	0,617
Corex	Paranaguá	21,069	36,193	0,582	38,141	51,571	0,740
Tergrasa	Rio Grande	7,661	9,342	0,820	7,133	8,698	0,820
Terbian	Rio Grande	5,908	10,405	0,568	5,501	9,687	0,568
Termasa	Rio Grande	2,842	12,908	0,220	2,646	12,017	0,220
Bunge	Rio Grande	2,630	9,259	0,284	2,448	8,620	0,284
São Francisco	São Francisco	8,609	12,508	0,688	8,015	11,645	0,688
Itaqui - Tegram	Itaqui	11,766	29,788	0,395	10,954	27,734	0,395
Terfron	V. Conde	2,356	8,930	0,264	2,649	8,314	0,319
Vila	V. Conde	2,249	5,656	0,398	2,094	5,266	0,398
Montanha	V. Conde	1,538	2,684	0,573	1,432	2,499	0,573

Tabela 7.3: Avaliação da capacidade de atendimento considerando os investimentos

DMU	Complexo Portuário	2020			2021		
		Projeção	Alvo	Eficiência	Projeção	Alvo	Eficiência
Tubarão	Vitória	8,097	8,097	<b>1,000</b>	7,539	7,539	<b>1,000</b>
Cargill	Santarém	4,042	7,575	0,534	3,764	7,053	0,534
Hermasa	Manaus	4,498	9,824	0,458	4,188	9,146	0,458
Cotegipe	Salvador	3,137	5,854	0,536	6,630	10,101	0,656
Imbituba	Imbituba	1,730	3,551	0,487	1,610	3,309	0,486
Maceió	Maceió	1,530	3,855	0,397	1,424	3,590	0,397
Ilhéus	Ilhéus	0,644	1,559	0,413	0,600	1,452	0,413
Total		179,661	298,671		193,712	307,572	

Fonte: O autor

Valores em milhões de toneladas

A partir da compilação de dados mostrada anteriormente, e de maneira semelhante ao verificado para os anos de 2018 e 2019, os terminais TGG e TEAG em Santos/SP mantiveram-se na fronteira da eficiência. Além destes, o terminal Teagu 1/2 em Santos/SP e o de Tubarão em Vitória/ES, que já se mostravam em 2018 e 2019 próximos do padrão de referência, alcançaram a fronteira da eficiência, considerando esses dados da amostra. Por outro lado, Cargill em Santarém/PA e São Francisco/SC se afastaram do referencial de eficiência relativa.

Como primeira observação, cabe destacar que os terminais citados no parágrafo anterior são privados, com exceção de São Francisco/SC. Contudo, conforme mencionado no Apêndice B, neste complexo portuário a operação com o granel vegetal ocorre no denominado Corredor de Exportação, operado por arrendatários privados.

De maneira semelhante ao identificado para os anos de 2018 e 2019, os resultados apontam que os portos e terminais brasileiros, quando analisados conjuntamente, apresentam disponibilidade de infraestrutura para manusear os volumes futuros de exportação de granel sólido vegetal, já que os alvos de produtividade superam em 66% e 58%, respectivamente, as demandas projetadas para 2020 e 2021. Este resultado indica aos gestores e usuários do sistema que eventuais dificuldades em determinados portos podem ser sanadas com a retribuição de parte da carga para terminais que estejam operando com maior disponibilidade, desde que as demais variáveis relacionadas se mostrem viáveis. Entretanto, há que se apontar o decréscimo dessa margem ao longo do período analisado, passando de 70% em 2018 para 58% em 2021, o que sinaliza uma maior evolução da estimativa de carga em relação ao crescimento da capacidade instalada.

Importante destacar que a totalidade das instalações não irá operar no limite da fronteira da eficiência, e não poderia ser diferente, já que essa situação ensejaria novos limites em níveis superiores aos anteriores. Além disso, este estudo pressupõe que a operação ocorra no extremo da taxa nominal de carregamento dos equipamentos, e não na taxa efetiva, que considera falhas e paradas, como também a disponibilidade da infraestrutura ao longo do ano, fato que não acontece de maneira corriqueira. Assim, os fatores citados devem ser considerados pelos usuários e gestores do sistema, de modo a ponderar os resultados quando da análise dessas informações, sendo que a eventual incorporação desses elementos, permitirá conferir ao modelo maior grau de precisão. Entretanto, a ausência neste momento dos elementos operacionais descritos não compromete os resultados encontrados, ao contrário, pode-se concluir pela viabilidade do emprego da metodologia proposta como ferramenta para avaliação da capacidade de operação de um sistema portuário ou, até mesmo, outro sistema produtivo semelhante.

Por fim, é significativo apontar que o método DEA também poderia ter sido empregado neste estudo para se avaliar o nível de utilização dos insumos, para os quais, de maneira semelhante à produção, seriam obtidos os valores ideais para cada *input*, os denominados “alvos”, que demonstram quais são os valores ótimos que cada DMU deveria ter, considerando as suas entradas e saídas. Além disso, são estabelecidas as “folgas”, que representam as distâncias entre o valor de cada variável em relação aos respectivos valores alvo, com a indicação de possível subutilização do equipamento.

Conforme se extrai da tabela do Apêndice E, que consolida os alvos e folgas para os inputs referentes à 2017, Ilhéus/BA apresenta folga em relação ao comprimento do berço; Cutrale - Santos/SP, Corex – Paranaguá/PR, Terbian – Rio Grande/RS, São Francisco/SC, Tubarão/ES, Manaus/AM e Imbituba/SC, dispõem de folga na capacidade estática; enquanto Corex – Paranaguá/PR, Terbian – Rio Grande/RS, São Francisco/SC, Terfron – Vila do Conde/PA, Manaus/AM e Itaqui/MA têm os equipamentos de carregamento de navios operando com folga. Assim, para que se amplie a eficiência na operação destes terminais portuários, seria necessário aumentar a movimentação de carga ou reduzir a metragem linear de berço, o volume de armazenagem ou o quantitativo de equipamentos para carregamento operando.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho objetivou avaliar a capacidade da infraestrutura portuária brasileira de atender às demandas futuras por exportações de granel sólido vegetal, ao estabelecer metodologia que incorpora métodos econométricos, de previsão e de avaliação da eficiência relativa dos terminais portuários que manuseiam a mencionada natureza de carga. Espera-se que os resultados desta pesquisa conttenham atributos que auxiliem o planejamento das ações relacionadas com a gestão da movimentação de mercadorias, trazendo elementos que contribuam para a tomada de decisão, seja pela melhoria dos processos operacionais nos terminais, seja pela ampliação e/ou modernização da infraestrutura dos complexos portuários.

O granel sólido vegetal foi a natureza de carga escolhida para este estudo, em função de sua relevância para a economia brasileira, tendo em vista que as *commodities* agrícolas estão entre os principais produtos da balança comercial do Brasil, responsáveis por expressivo ingresso de divisas para o país, além da geração de renda e de empregos para a população. Ademais, a revisão da literatura sinalizou que grande parte da pesquisa científica sobre eficiência portuária se concentra no manuseio de contêineres, sendo relevante, portanto, estudar as particularidades inerentes à operação do granel sólido vegetal. Entretanto, espera-se que a metodologia adotada possa ser aplicada, com as devidas adaptações, para as diversas naturezas de carga, tais como outros tipos de granéis, carga geral e para a própria operação com contêineres nos portos.

No que se refere aos objetivos da pesquisa, entende-se que estes foram plenamente atendidos.

As estimativas para a exportação do granel sólido vegetal brasileiro apresentaram resultados satisfatórios, em especial quando comparados com outras projeções para a exportação de produtos agrícolas, em que pese essas adotarem métodos diferenciados. Os valores indicaram que a tendência verificada nas últimas duas décadas, de crescimento do volume exportado, irá se manter nos próximos anos. Caso se considere o limite superior da previsão de demanda, estima-se uma taxa de crescimento anual de 9,08% para o período entre 2018 e 2021. Esta projeção está alicerçada pela aplicação do Método dos Mínimos Quadrados Ordinários ao modelo clássico de demanda por exportações, com a realização de testes econométricos (raiz unitária, cointegração, autocorrelação serial dos resíduos e multicolinearidade) e de previsão, tendo como regressores remanescentes a renda *per capita* mundial ( $Y^*$ ), e a taxa de câmbio ( $E$ ).

Já no tocante à avaliação da capacidade do sistema portuário brasileiro de atender à demanda por exportação de graneis sólidos vegetais (soja, farelo de soja, açúcar e milho), os procedimentos adotados não só atingiram os objetivos traçados, como acredita que podem ser replicados para as demais etapas do processo operacional portuário, com a incorporação de novos parâmetros, o que representa uma possibilidade de evolução da metodologia adotada.

Por meio do cálculo da eficiência relativa das unidades tomadoras de decisão, no caso os terminais portuários, com o emprego do método Análise Envoltória de Dados (DEA), foi possível identificar a capacidade do sistema portuário brasileiro de embarcar o granel sólido vegetal com destino ao mercado internacional. Os valores agregados encontrados para a meta de produção na fronteira da eficiência permitem concluir que o sistema portuário brasileiro possui capacidade operacional para suprir à demanda por exportação do granel vegetal, referente ao quadriênio 2018-2021, tendo como parâmetros, exclusivamente, componentes da infraestrutura para, armazenagem, atracação e embarque de navios. Contudo, os resultados indicaram que alguns terminais, caso as projeções de demanda se confirmem, irão operar no limite da capacidade ou em níveis de saturação.

Importante lembrar que esta pesquisa limitou-se às atividades de estocagem de produtos no complexo portuário, de atracação e carregamento de navios, não sendo consideradas outras atividades da operação no porto, como também as demais etapas do processo logístico para exportação do granel vegetal, desde o campo até o destino final. Além disso, os parâmetros utilizados na modelagem consideraram as capacidades nominais dos equipamentos de carregamento dos navios e não a capacidade efetiva. Mais ainda, embora a soja, o farelo de soja, o milho e o açúcar sejam predominantes nos terminais objeto do estudo, outros produtos também foram e são embarcados nesses berços, mesmo que em volumes significativamente inferiores.

Diante do exposto, trabalhos futuros poderão incorporar outras etapas do processo logístico para exportação do granel vegetal, trazendo os conhecimentos em assuntos como, por exemplo, localização de armazéns, rotas multimodais para escoamento das safras, como ainda os custos inerentes a toda cadeia logística, carga tributária e incentivos governamentais, que trazem reflexos nos preços dos produtos e na competitividade do país no mercado internacional.

Além das recomendações anteriores, outras variáveis podem ser empregadas como *inputs*, sejam relacionadas ao capital e ao trabalho, como também referentes à atividade de recepção de produtos nos acessos terrestres dos portos, por meio do qual pode-se identificar a capacidade do sistema portuário brasileiro de atender às demandas futuras, tendo como limitador os meios disponíveis para recebimento dos volumes de carga.

Com isso, pode-se construir um sistema de processamento de informações e análise de cenários, a partir da eficiência e do uso dos recursos disponíveis, dando maior robustez às informações geradas, de modo a facilitar o planejamento e controle do fluxo dos produtos, fornecendo aos gestores, assim, os elementos necessários à tomada de decisão.

Entende-se, ainda, como bastante relevante, a avaliação da eficiência operacional frente ao desempenho ecológico dos terminais portuários, podendo ser adotados para os portos brasileiros, como *input*, por exemplo, o Indicador de Desenvolvido Ambiental – IDA, cuja metodologia de cálculo foi desenvolvida a partir de termo de cooperação firmado entre a Antaq e o CEFTRU/UnB, com o objetivo de acompanhar e de controlar a gestão ambiental em instalações portuárias, por meio da quantificação de indicadores que abrangem a governança (licenciamento e auditoria ambiental, por exemplo), o gerenciamento das operações (geração de resíduos sólidos, poluentes, etc.), monitoramento da biodiversidade, dentre outros.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIGNER, D.J.; LOVELL, C.A.K. & SCHMIDT, P. (1977) Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *J. Economic.* 6 (1), p. 21–37.
- AKINNIYI, A. J & SANNI, E. A. (2017) The Farrar-Glaubar approach in testing for multicollinearity in economic data. *International Journal for Research in Business, Management and Accounting.* Volume 3, Issue 5.
- ALEIXO, N. C. & SILVA, A. M. M. (2015) Análise da capacidade estática de armazenagem de grãos no estado de Goiás. *Trabalho de Conclusão de Curso.* Universidade de Rio Verde/GO.
- AL-ERAQI, A.S., MUSTAFA, A., KHADER, A.T. & BARROS, C.P. (2008) Efficiency of middle eastern and East African seaports: application of DEA using window analysis. *European Journal of Scientific Research*, 23 (4), p. 597–612.
- ALMAWSHEKI, E. S. & SHAW, M. Z. (2014) Technical efficiency analysis of container terminals in the Middle Eastern Region. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 31 (4), p. 477-486.
- ALMEIDA, M. R., MARIANO, E. B. & REBELATTO, D. A. N. (2006) Análise por envoltória de dados – evolução e possibilidades de aplicação. *Anais do IX Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais*, FGV/EAESP, São Paulo/SP.
- ALMEIDA, M. S., AMARAL, M. & MORABITO, R. (2016) Um estudo sobre localização de terminais intermodais na rede de escoamento da soja brasileira. *Production*, 26(3), p. 562-580.
- AMARAL, M., ALMEIDA, M. S. & MORABITO, R. (2012) Um modelo de fluxos e localização de terminais intermodais para escoamento da soja brasileira destinada à exportação. *Gestão Produção*, São Carlos/SP, v. 19, n. 2, p. 717-732.
- ANGULO MEZA, L, BIONDI NETO, L., MELLO, J. C. C. B. S., GOMES, E. G. & COELHO, P. H G. (2003) SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão: Uma Implementação Computacional de Modelos de Análise Envoltória de Dados. *Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção*, v. 3, n. 20. Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES - ANTAQ – Sistema de Informações Gerenciais – SIG. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/sistemas/sig/AreaTrabalho.asp>. Acesso em: 31/05/2018.
- \_\_\_\_\_ Anuário. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/Anuario/>.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL (2017) Cotações e boletins. Disponível em: <http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpsq.asp?id=txcotacao>. Acesso em: 16/11/2017.
- BANCO MUNDIAL (2007) Port Reform Toolkit. Alternative Port Management Structures and Ownership Models. *Module 3. Second Edition.* Washington, DC, USA.
- \_\_\_\_\_ (2016) Connecting to compete – Trade Logistics in the global economy. Washington DC, USA.

\_\_\_\_\_ (2017) Data bank - Indicadores de desenvolvimento mundial (in Spanish). Disponível em: <http://databank.bancomundial.org/data/reports.aspx?source=2&series=NY.GDP.PCAP.CN&country=#>.

BANKER, R. D., CHARNES, A & COOPER, W. W. (1984) Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science* 30 (9), p. 1078–1092.

BARBOSA, M. (2017) Associação de Terminais Privados. *Pacto pela Infraestrutura Nacional e Eficiência Logística*. Brasília/DF.

BARBOSA, M. (2018) Um Brasil mais competitivo desponta no Norte. *El País Brasil*. Disponível em: [https://brasil.elpais.com/brasil/2018/04/13/opinion/1523646360\\_890829.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2018/04/13/opinion/1523646360_890829.html). Acesso em: 16/09/2018.

BARROS, C.P. & ATHANASSIOU, M. (2004) Efficiency in European seaports with DEA: evidence from Greece and Portugal. *Maritime Economics Logistics*, 6, p. 122–140.

BARROS, C. P. (2006) A Benchmark analysis of Italian seaports using data envelopment analysis. *Maritime Economics Logistics*, 8 (4), p. 347–365.

BAZOTTI, A., DE PAULA, N. M & MIELITZ NETTO, C. G. A. (2017) Soja: Mercantilização e externalização no sudoeste paranaense. *Revista Internacional Interdisciplinar INTERthesis*, Florianópolis, v.14, n.3, p. 122-141.

BENDER FILHO, R., AMORIM, A. L., SOUZA, E. P. & CORONEL, D. A. (2013) Relação entre a taxa de câmbio e os preços de exportação dos produtos do complexo soja. *Revista Ciência Administração*, Fortaleza, v. 19, n. 1, p. 121-144.

BELLONI, J. A. (2000) Uma Metodologia de Avaliação da Eficiência Produtiva de Universidades Federais Brasileiras. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

BENSASSI, S., MÁRQUEZ-RAMOS, L., MARTÍNEZ-ZARZOSO, I. & SUÁREZ-BURGUET, C. (2015) Relationship between logistics infrastructure and trade: Evidence from Spanish regional exports. *Transportation Research Part A* 72, p. 47–61.

BEUREN, M., ANDRIOTI, R., VIEIRA, G., RIBEIRO, J. L. D. & KLIEMANN NETO, F. J. (2018) On measuring the efficiency of Brazilian ports and their management models. *Maritime Economics & Logistics* 20 (1), p. 149–168.

BIAGGI, M. L. S, MEDVID, M. & ASSIS, C. M. C. (2017) Fator de inflação da variância e regressões auxiliares para diagnóstico do problema de multicolinearidade nos modelos de regressão. *XIX Congresso Brasileiro de Avaliações e Perícias*. Foz do Iguaçu/PR.

BICHOU, K. (2013) An empirical study of the impacts of operating and market conditions on container-port efficiency and benchmarking. *Research and Transport Economics*, 42, p. 28-37.

BIRGUN, S. & AKTEN, N. (2005) Relative efficiencies of seaport container terminals: a DEA perspective. *International Journal of Integrated Supply Management*, 1(4), p. 442-456.

BOTTASO, A., CONTI, M., PORTO, P. C. S & FERRARI, C. (2018) Port infrastructures and trade: Empirical evidence from Brazil. *Transportation Research Part A* 107, p. 126–139.

BOWERSOX, D. J., CLOSS, D. J. & COOPER, M. B. (2006) Gestão logística de cadeias de suprimentos. Bookman, Porto Alegre/RS, 529p.

BRACARENSE, L. S. F. P., VITOI, C. A. A. & SHIMOISHI, J. M. (2018) A concessão de portos no brasil frente ao panorama internacional das concessões de infraestrutura de transportes: influências da Lei nº 12.815/2013. *Revista Planejamento e Políticas Públicas*. Brasília: Ipea, n. 50, p. 257-280.

BRASIL (1966) Decreto-lei nº 5, de 4 de abril de 1966. Altera o Decreto nº 8.033, de 27 de junho de 2013, que regulamenta o disposto na Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013, e as demais disposições legais que regulam a exploração de portos organizados e de instalações portuárias. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília/DF.

BRASIL (1993) Lei nº 8.630, de 25 de fevereiro de 1993. Estabelece normas para a recuperação econômica das atividades da Marinha-Mercante, dos Portos Nacionais e da Rede Ferroviária Federal S.A. e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília/DF.

BRASIL (2013) Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013. Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários; altera as Leis nos 5.025, de 10 de junho de 1966, 10.233, de 5 de junho de 2001, 10.683, de 28 de maio de 2003, 9.719, de 27 de novembro de 1998, e 8.213, de 24 de julho de 1991; revoga as Leis nos 8.630, de 25 de fevereiro de 1993, e 11.610, de 12 de dezembro de 2007, e dispositivos das Leis nos 11.314, de 3 de julho de 2006, e 11.518, de 5 de setembro de 2007; e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília/DF.

BRASIL (2017) Decreto nº 9.048, de 10 de maio de 2017. Altera o Decreto nº 8.033, de 27 de junho de 2013, que regulamenta o disposto na Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013, e as demais disposições legais que regulam a exploração de portos organizados e de instalações portuárias. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília/DF.

BRITTO, P. A. P., LUCAS, V. M., COUTINHO, P. C., CARVALHO, A. X. Y., OLIVEIRA, A. L. R., LUSTOSA, P. R. B., ALBUQUERQUE, P. H. M. & FONSECA, A. P. (2015). Promoção da concorrência no setor portuário: uma análise a partir dos modelos mundiais e aplicação ao caso brasileiro. *Rev. Adm. Pública*. Rio de Janeiro. 49(1), p. 47-71.

CAMPOS NETO, C. A. S., PÊGO FILHO, B., ROMMINGER, A. E., FERREIRA, I. M. & VASCONCELOS, L. F. S. (2009) Gargalos e demandas da infraestrutura portuária e os investimentos do PAC: mapeamento Ipea de obras portuárias. Brasília: Ipea. *Texto para Discussão n. 1423*.

CALDEIRA, L. K. O., ALMEIDA, L. L. A. & BARBALHO, S. C. M. (2015) Metodologia para cálculo da capacidade de movimentação de uma carga em um porto: aplicação no terminal de cargas de Tecar em Itaguaí. *XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Fortaleza/CE.

CARNEIRO, D. M., DUARTE, S. L. & COSTA, S. A. (2017) Determinantes dos custos da produção de soja no Brasil. *XXII Congresso Brasileiro de Custos*. Foz do Iguaçu/PR.

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

CESAR, S. E. M. & SATO, E. (2012) A Rodada Doha, as mudanças no regime do comércio internacional e a política comercial brasileira. *Revista Brasileira Política Internacional*. 55 (1): p. 174-193.

CHARNES, A., COOPER, W. W. & RHODES, E. (1978) Measuring efficiency of decision making units. *J. Operational Reserch* 2 (6), p. 429–444. Europe

CHARNES, A., COOPER, W. W., LEVIN, A. Y. & SEIFORD, L. (1994) Data envelopment analysis: theory, methodology and applications. *Kluwer Academic Publishers*. USA.

CHOI, Y (2011) The efficiency of major ports under logistics risk in Northeast Asia. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, Vol. 28, No. 1, p. 111–123.

CLARK, X., DOLLAR, D. & MICCO, A. (2004) Port efficiency, maritime transport costs, and bilateral trade. *Journal of Development Economics* 75, p. 417– 450.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB (2017) Acompanhamento da safra brasileira de grãos - 12º Levantamento - Safra 2016/2017. V.4, n. 12. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 22/03/2018.

CONTE, L. & FERREIRA FILHO, J. B. S. (2006) Economia de escala na produção de soja no Brasil. *XLIV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural*. Fortaleza/CE.

CORONEL, D. A., MACHADO, J. A. D. & CARVALHO, F. M. A. (2009) Análise da Competitividade das exportações do complexo soja brasileiro de 1995 a 2006: uma abordagem de market-share. *Revista Economia Contemporânea*, Rio de Janeiro/RJ, v. 13, n. 2, p. 281-307.

CORRÊA, H. L. & CORRÊA, C. A. (2017) Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. Atlas, São Paulo/SP, 4. ed., 632p.

CULLINANE, K., SONG, D. W. & GRAY, R. (2002) A stochastic frontier model of the efficiency of major container terminals in Asia: assessing the influence of administrative and ownership structures. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 36, p. 743–762.

CULLINANE, K., WANG, T. F., SONG, D. W. & JI, P. (2006) The technical efficiency of container ports: Comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. *Transportation Research Part A* 40, p. 354–374.

DEBREU, G. (1951) The coefficient of Resources Utilization. *Econometrica*, vol. 19, p. 273-292.

CALLISTUS, C. I. & DONATUS, E. O. (2012) Productivity and efficiency of Nigeria's seaports: A production frontier analysis. *International Business Management*, 5(6), p. 382-387.

DORNBUSCH, R., FISCHER, S. & STARTZ, R. (2013) Macroeconomia. 11 ed., AMGH Editora, Porto Alegre/RS, 627p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1997) A soja no Brasil: Histórias e estatísticas. Londrina/PR.

ENGLE, R. F. & GRANGER, C. W. J. (1987) Cointegration and error correlation: representation, estimation and testing. *Econometrica*. v. 55, n. 2.

ENSSLIN, L., DEZEM, V., DUTRA, A., ENSSLIN, S. R., DUTRA, A. & SOMENSI, K. (2017) Seaport-performance tools: an analysis of the international literature. *Maritime Economics & Logistics*. V. 20, I. 4, p. 587-602.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ/CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - ESALQ/CEPEA (2018) PIB Agro. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 21/07/2018.

\_\_\_\_\_ (2018) Export/Cepea: Exportação Agro em 2017 é recorde e faturamento volta a crescer. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/export-cepea-exportacao-agro-em-2017-e-recorde-e-faturamento-volta-a-crescer.aspx>. Acesso em: 12/08/2018.

FARRANHA, A. C., FREZZA, C. S. & BARBOSA, F. O. (2014) Nova Lei dos Portos: Desafios jurídicos e perspectivas de investimentos. *Revista Direito FGV*, 11 (1), p. 89-116.

FARREL, M. J. (1957) The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of Royal Statistical Society. Series A*, Vol. 102, No. III, p. 253-290.

FAVRO, J., CALDARELLI, C. E., CAMARA, M. R. G. (2015) Modelo de Análise da Oferta de Exportação de Milho Brasileira: 2001 a 2012. *RESR*, Piracicaba-SP, Vol. 53, nº 03, p. 455-476.

FERNANDES, V. O. (2016) Os desafios do Antitruste no Setor Portuário Brasileiro: as inovações da Lei nº 12.815/13 e seus reflexos concorrenciais. *Revista de Direito Setorial e Regulatório*, Brasília, v. 2, n. 1, p. 161-210.

FERREIRA, C. M. C. & GOMES, A. P. (2009) Introdução à Análise Envoltória de Dados. Editora UFV. Viçosa/MG. p. 389.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO (2018) FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.

GILLEN, D. & LALL, A. (1997) Developing measures of airport productivity and performance: an application of data envelopment analysis. *Transportation Research-E*, Vol 33, n. 4, p. 261-273.

GONG, S. X. H., CULLINANE, K. & FIRTH, M. (2012) The impact of airport and seaport privatization on efficiency and performance: A review of the international evidence and implications for developing countries. *Transport Policy* 24, p. 37–47.

GONZALEZ, M. M. & TRUJILLO, L. (2008) Reforms and infrastructure efficiency in Spain's container ports. *Transportation Research Part A*, 42, p. 243–257.

GONZALEZ, M. M. & TRUJILLO, L. (2009) Efficiency Measurement in the Port Industry: A survey of the empirical evidence. *Journal of Transport Economics and Policy*, Volume 43, Part 2, May, p. 157–192.

GRANGER, C. & NEWBOLD, P. (1974) Spurious regressions in econometrics. *Journal of Econometrics*, Nottingham/UK, v.2, p. 111-120.

GUIMARÃES, V. A., LEAL JUNIOR, I. C. & GARCIA, P. A. A. (2014) Environmental performance of Brazilian container terminals: a data envelopment analysis approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 160, p. 178–187.

GUJARATI, D. N. (2006) *Econometria básica*. 3. ed. Makron Books, São Paulo/SP, 880p.

GUNAR, S. (2015) Investigating infrastructure, superstructure, operating and financial efficiency in the management of Turkish seaports using data envelopment analysis. *Transport Policy* 40, p. 36–48.

GOULARTI FILHO, A. (2007) Melhoramentos, reaparelhamentos e modernização dos portos brasileiros: a longa e constante espera. *Economia e Sociedade*, Campinas/SP, v. 16, n. 3 (31), p. 455-489.

HUNG, S. W., LU, W. M., & WANG, T. P. (2010) Benchmarking the operating efficiency of Asia container ports. *European Journal of Operational Research*, 203, p. 706-713.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2017) *Pesquisa de Estoques*. n. 1.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA - IMEA (2015) Entendendo o mercado do milho. Disponível em: [http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/Paper\\_jornalistas\\_Milho\\_AO.pdf](http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/Paper_jornalistas_Milho_AO.pdf). Acesso em: 18/02/2018.

INTERNACIONAL MONETARY FUND - IMF (2017) GDP per capita, current prices. Disponível em: <http://www.imf.org/external/datamapper/NGDPDPC@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD>.

KOTLER, P. (1991) *Marketing Management: Analysis, Planning, Implementation and Control*. Prentice-Hall. New Jersey/USA.

KOUTSOYIANNIS, A. (1973) *Theory of Econometrics*. 2. ed. Macmilian Education. London/UK.

KUSSANO, M. R. & BATALHA, M. O. (2012) Custos Logísticos Agroindustriais: avaliação do escoamento da soja em grão do Mato Grosso para o mercado externo. *Gestão da Produção*, São Carlos/SP, v. 19, n. 3, p. 619-632.

KUTIN, N., NGUYEN, T. T. & VALLÉE, T. (2017) Relative Efficiencies of ASEAN Container Ports based on Data Envelopment Analysis. *The Asian Journal of Shipping and Logistics* 32, p. 67-77.

LABORATÓRIO DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - LABTRANS (2013a). Plano Mestre do Porto de Manaus. Florianópolis. Disponível em: <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-preliminar>. Acesso em: 17/07/2018.

\_\_\_\_\_ (2013b). Plano Mestre do Porto de Rio Grande. Florianópolis. Disponível em: <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-preliminar>. Acesso em: 12/07/2018.

\_\_\_\_\_ (2015a). Plano Mestre do Porto de Vitória. Florianópolis. Disponível em: <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-preliminar>. Acesso em: 15/07/2018.

\_\_\_\_\_ (2015b). Plano Mestre do Porto de Maceió. Florianópolis. Disponível em: <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-preliminar>. Acesso em: 17/07/2018.

\_\_\_\_\_ (2016). Plano Mestre do Complexo Portuário de Paranaguá e Antonina. Florianópolis. Disponível em: <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-preliminar>. Acesso em: 08/07/2018.

\_\_\_\_\_ (2017a). Plano Mestre do Complexo Portuário de Belém e Vila do Conde. Florianópolis. Disponível em: <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-preliminar>. Acesso em: 14/07/2018.

\_\_\_\_\_ (2017b). Plano Mestre do Complexo Portuário de Imbituba. Florianópolis. Disponível em: <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-preliminar>. Acesso em: 19/07/2018.

\_\_\_\_\_ (2017c). Plano Mestre do Complexo Portuário de São Francisco do Sul. Florianópolis. Disponível em: <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-preliminar>. Acesso em: 12/07/2018.

\_\_\_\_\_ (2017d). Plano Mestre do Complexo Portuário de Santarém. Florianópolis. Disponível em: <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-preliminar>. Acesso em: 18/07/2018.

\_\_\_\_\_ (2018a). Plano Mestre do Complexo Portuário de Ilhéus. Florianópolis. Disponível em: <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-preliminar>. Acesso em: 20/07/2018.

\_\_\_\_\_ (2018b). Plano Mestre do Complexo Portuário de Itaquí. Florianópolis. Disponível em: <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-preliminar>. Acesso em: 11/07/2018.

\_\_\_\_\_ (2018c). Plano Mestre do Complexo Portuário de Salvador e Aratu, v.1. Florianópolis. Disponível em: <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-preliminar>. Acesso em: 12/07/2018.

\_\_\_\_\_ (2018d). Plano Mestre do Complexo Portuário de Santos. Florianópolis. Disponível em: <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-preliminar>. Acesso em: 10/07/2018.

\_\_\_\_\_ (2018e). Relatório de Metodologia. Planos Mestres. Florianópolis. Disponível em: <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-preliminar>. Acesso em: 10/07/2018.

LEAL JR., I. C. & GUIMARÃES, V. A. (2013) Análise da ecoeficiência nas operações de terminais portuários com a aplicação de técnica de auxílio multicritério à decisão. *Revistas Transportes*, v. 21, n. 3, p. 40-47.

LIMA, F. R. F. (2012) Rotas Internas de Produtos de Exportação: o caso da soja. *Revista Paranaense de desenvolvimento*, n.123, p. 235-255.

LINS, M. E., LOBO, M. S. C., SILVA, A. C. M., FISZMAN, R. & RIBEIRO, V. J. P. (2007) *Ciência & Saúde Coletiva*, 12(4), p. 985-998.

MADEIRA JUNIOR, A. G., CARDOSO JUNIOR, M. M., BELDERRAIN, M. C. N., CORREIA, A. R. & SCHWANZ, S. H (2012) Multicriteria and multivariate analysis for port performance evaluation. *Int. J. Production Economics*, 140, p. 450–456.

MANZI, R. H. D. (2014) O Brasil e as grandes tendências do comércio internacional no século XXI. *Boletim Meridiano* 47, vol. 15, n. 142, p. 10-19.

MARGARIDO, M. A. & ANEFALOS, L. C. (1999) Testes de raiz unitária e o software SAS. *Revista de Economia Agrícola*. São Paulo/SP. 46(2), p. 19-45.

MARGARIDO, M. A. & MEDEIROS JR., H. (2006) Testes para uma raiz unitária: uso do software SAS na elaboração de uma rotina para o teste Dickey-Pantula. *Pesquisa e Debate*. São Paulo/SP. v. 17, n. 1, p. 149-170.

MEEUSEN, W. & VAN DEN BROECK, J. (1977) Efficiency estimation from Cobb-Douglas Production functions with composed error. *Int. Econ. Rev.*18(2), p. 435–444.

MENDES, J. T. G. & PADILHA JUNIOR, J. B. (2007) Agronegócio: uma abordagem econômica. Pearson, São Paulo/SP.

MERKEL, A. & HOLMGREN, J. (2017) Dredging the depths of knowledge: Efficiency analysis in the maritime port sector. *Transport Policy* 60, p. 63–74.



MIN, H., LEE, H., PARK, H. & AHN, S. (2017) An integrated terminal operating system for enhancing the efficiency of seaport terminal operators. *Maritime Economics & Logistics* 19(1), p. 428-450.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (2017) Agrostat - Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>.

\_\_\_\_\_ (2018) Projeções do Agronegócio – Brasil 2017/18 a 2027/28.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS (2018a). Comex Stat. Estatísticas de Comércio Exterior. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>.

\_\_\_\_\_ (2018b). Balança Comercial Brasileira acumulado do ano. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/balanca-comercial-brasileira-acumulado-do-ano>.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL (2015). Ações integradas garantirão o escoamento da safra. Disponível em: <http://www.portosdobrasil.gov.br/home-1/noticias/acoes-integradas-garantirao-o-escoamento-da-safra>. Acesso em: 17/01/2018.

\_\_\_\_\_ (2015). PNLP Plano Nacional de Logística Portuária. Projeção de demanda e carregamento da malha. Brasília/DF.

\_\_\_\_\_ (2015) Governo federal apresenta medidas para escoamento da safra de grãos. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/ultimas-noticias/2907-governo-federal-apresenta-medidas-para-escoamento-da-safra-de-gr%C3%A3os-2014-2015.html>. Acesso em: 01/12/2017.

MONTGOMERY, D. C., PECK, E. A. & VINING, G. G. (2012) Introduction to linear regression analysis. *John Wiley & Sons*, New York, 5. ed, p. 642.

MOON, N., MENTZER, J., SMITH, C. & GARVER, M. (1998) Seven keys to better forecasting. *Business Horizons*. V. 41, n. 5.

MORTATI, C. M., MIRANDA, S. H. G. & BACCHI, M. R. P. (2011) Determinantes do comércio Brasil-China de commodities e produtos industriais: uma aplicação VECM. *Economia Aplicada*, v. 15, n. 2, p. 311-335.

NOVAES, A. G. (2007). Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição. Elsevier, Rio de Janeiro/RJ, 400p.

OJIMA, A. L. R. O. & YAMAKAMI, A. (2006) Modelo de programação quadrática para análise da movimentação logística e comercialização da soja brasileira. *Eng. Agrícola*, Jaboticabal/SP, v.26, n.2, p. 552-560.

OLIVEIRA, M. M. F. & FERNANDES, B. C. A. A (2013) Nova lei dos portos: uma busca por capacidade e eficiência no comércio exterior brasileiro. *IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN*. Natal/RN.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DO COMÉRCIO - OMC (2018a) International Trade Statistics. Disponível em: [https://www.wto.org/english/res\\_e/statis\\_e/its\\_e.htm](https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/its_e.htm)

\_\_\_\_\_ (2018b) World Trade Statistical Review 2018. Genebra/Suíça.

PANAYIDES, P. M., LAMBERTIDES, N. & ANDREOU, C. (2017) Reforming public port authorities through multiple concession agreements: The case of Cyprus. *Research in Transportation Business & Management* 22, p. 58–66.

PAOLIELLO, E. R. (2014). Análise dos aspectos concorrenciais no âmbito da Lei nº 12.815/2013. *Revista Eletrônica Direito e Política*, v.9, nº 1, p. 25-50.

PEIXOTO, G. S. S. (2011) Estrutura Portuária. *Apostila do Curso de Especialização em Engenharia Portuária*, UFMA-VALE, São Luís/MA.

PEÑA, C. R. (2008) Um Modelo de Avaliação da Eficiência da Administração Pública através do Método Análise Envoltória de Dados. *RAC*, Curitiba/PR, v. 12, n. 1, p. 83-106.

PEREIRA, F. G. G. (2017) Implantação de terminal portuário no corredor logístico de exportação do Arco Norte: fatores de decisão entre porto público e terminal de uso privado. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

PEREIRA, T. N. (2013) Cointegração: uma relação de equilíbrio de longo prazo. Monografia apresentada para obtenção do grau de Bacharel em Estatística. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PIMENTA, A. (2010) O PAC deveria ser assim. *Revista Exame*, ed. 975. Disponível em <https://exame.abril.com.br/brasil/pac-devia-ser-assim-572948/>. Acesso em: 28/11/2017.

PINTO, M. (2017) Oportunidade trazidas pelo novo decreto do setor portuário brasileiro. Disponível em: <https://www.terraf.com.br/oportunidades-trazidas-pelo-novo-decreto-do-setor-portuario-brasileiro/>. Acesso em: 20/04/2018.

PONTES, H. L. J., DO CARMO, B. B. & PORTO, A. J. V. (2009) Problemas logísticos na exportação brasileira da soja em grão. *Sistemas & Gestão*, v.4, n.2, p.155-181.

RIOS, C. O. (2015). Mensuração de eficiência: um novo exame aplicado aos portos públicos brasileiros. Dissertação de mestrado. PUCRS.

ROCHA, C. H., BRITTO, P. A. P. & UDERMAN, S. (2016) Abertura de capital e Governança Corporativa no setor portuário brasileiro. *Revista de Governança Corporativa*. v. 3, n. 1 art. 1, p. 1-23.

RODRIGUE, J. P. (2017) *The Geography of Transport Systems*. Fourth Edition. New York: Routledge, 440p.

ROJAS, P. (2014) *Introdução à Logística Portuária*. Bookman, Porto Alegre, 212p.

SCHWAB, K. (2017)) The Global Competitiveness Report 2017-2018. World Economic Forum. 399p.

SECRETARIA NACIONAL DE PORTOS (2018a) Infraestrutura portuária no Brasil. Disponível em <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/sistema-portuario-nacional>. Acesso em 19/07/2018.

\_\_\_\_\_ (2018b). Sistema Portuário Nacional. Webportos. Disponível em: <https://webportos.labtrans.ufsc.br/>

SEREBRISKI, T, SARRIERA, J. M., SUÁREZ-ALEMÁN, A., ARAYA, G., BRICEÑO-GARMENDÍA, C., SCHWARTZ, J. (2016) Exploring the drivers of port efficiency in Latin America and Caribbean. *Transport Policy*, 46, p. 31–45.

SHUPING, N. & THUKRAL, N. (2013) China cancela 2 milhões de toneladas de soja do Brasil. *Revista Exame*, ed. 1053. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/negocios/empresa-chinesa-cancelara-quase-2-mi-t-de-soja-do-brasil-2/>. Acesso em: 02/12/2017.

SILVA, F. G. F., MARTINS, F. G. D., ROCHA, C. H. & ARAÚJO, C. E. F. (2011) Análise exploratória da eficiência produtiva dos portos brasileiros. *Revista Transportes*. v.19 n.1 p. 5–12.

SILVA FILHO, A. C. & LIMA, F. G. (2008) A função de autocorrelação e a escolha do passo da reconstrução. *IX Encontro de Pesquisadores do Uni-FACEF*. Franca/SP.

SILVEIRA, J. S. T., MOREIRA, A. P., PARRA, J. E. G. & BRUM, N. F. D. (2009) Análise econométrica das fronteiras estocásticas de eficiência de custos dos prestadores de serviços de água e esgotos no Brasil no período 1998-2002. *Revista Brasileira de Economia de Empresas*. 9(1), p. 61-75.

SOUZA, E. (2014). Nova Lei dos Portos – Segurança jurídica e investimentos privados. *Revista Brasileira de Infraestrutura*. Belo Horizonte, ano 3, n. 5, p. 107-131.

SOUZA, J. G. M., ROCHA, C. H., SOUZA, J. C. F. (2015) Portos marítimos, bônus de receita arrendamentos portuários e criação de valor: uma abordagem financeira. *Revista Ingenieria Industrial*, Ano 14, nº 2, p. 43-58.

STEWART, J. (1991) *Econometrics*. Philip Allan. London/UK, 400p.

TISCOSKI, J. S. (2016) Análise da eficiência operacional portuária, por meio da análise envoltória de dados: um estudo de caso dos complexos portuários públicos movimentadores de grãos sólidos agrícolas. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina.

TOVAR, A. C. A. & FERREIRA, G. C. M. (2006) A infraestrutura portuária brasileira: o modelo atual e perspectivas para seu desenvolvimento sustentado. *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro/RJ, v. 13, n. 25, p. 209-230.

TONGZON, J. (2001) Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 35 (2), p. 107-122.

TONGZON, J. & HENG, W. (2005) Port privatization, efficiency and competitiveness: some empirical evidence from container ports (Terminals). *Transport Res. Part A: Policy Pract.* 39, p. 405–424.

TRISKA, Y. (2015) Cálculo de capacidade de movimentações de cais portuário: aplicação para terminais de graneis sólidos. *Trabalho de Conclusão de Curso*. Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

United Nations Conference on Trade and Development - UNCTAD (1987) Measuring and Evaluating Port Performance and Product. *Monographs on Port Management*.

VALENTINE, V. F. & GRAY, R. (2001) The measurement of port efficiency using data envelopment analysis. *Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research*. Seoul/Korea.

WANKE, P. F., BARBASTEFANO, R.G. & HIJJAR, M.F. (2011) Determinants of efficiency at major Brazilian port terminals. *Transport Reviews* 31 (5), p. 653–677.

WANKE, P. F. (2012). Evaluating returns to scale and convexity in DEA viabootstrap: a case study with Brazilian port terminals. *Proceedings of the 10 th International Conference on Data Envelopment Analysis*, Natal/RN.

WANKE, P. F. (2013) Physical infrastructure and shipment consolidation efficiency drivers in Brazilian ports: A two-stage network-DEA approach. *Transport Policy* 29, p. 145–153.

WANKE, P. F. & BARROS, C. P. (2015) Public-private partnerships and scale efficiency in Brazilian ports: Evidence from two-stage DEA analysis. *Socio-Economic Planning Sciences* 51, p. 13-22.

WOODBRIKDE, J. M. (2010) Introdução à Econometria: uma abordagem moderna. 4. ed. Cengage Learning. São Paulo/SP, 878p.

WU, Y. J. & GOH, M. (2010) Container port efficiency in emerging and more advanced markets. *Transportation Research Part E* 46, p. 1030–1042.

ZANON, R. S., SAES, M. S. M., SILVEIRA, J. A. G. & DE ÂNGELO, C. F. (2009) Economia de escala e a produção de soja no Brasil. *XII Seminários em Administração - SemeAd*. São Paulo/SP.

## APÊNDICE A – EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS

Tabela A.1: Exportações brasileiras em 2017

<b>Produto</b>	<b>Valor FOB (em bilhões de US\$)</b>	<b>Participação % por produto</b>
Soja, mesmo triturada, exceto para semeadura	25,71	11,81%
Minérios de ferro	16,71	7,68%
Óleos brutos de petróleo	16,62	7,64%
Outros açúcares de cana	9,04	4,15%
Pastas químicas de madeira	5,80	2,67%
Pedaços e miudezas, comestíveis de galos/galinhas, congelados	4,62	2,12%
Café não torrado, não descafeinado, em grão	4,60	2,11%
Milho em grão, exceto para semeadura	4,57	2,10%
Carnes desossadas de bovino, congeladas	4,36	2,00%
Bagaços e outros resíduos sólidos, da extração do óleo de soja	4,04	1,85%
Automóveis com motor explosão	4,01	1,84%
Outros aviões e outros veículos aéreos	2,92	1,34%
Partes de turborreatores ou de turbopropulsores	2,84	1,31%
Outros produtos semimanufaturados de ferro ou aço não ligado	2,74	1,26%
Alumina calcinada	2,63	1,21%

Fonte: Elaborado pelo autor, com dados do Comexstat/MDIC (2018)

Tabela A.2: Evolução das exportações brasileiras de soja

<b>Ano</b>	<b>Valor (em milhões de US\$)</b>	<b>% em relação ao ano anterior</b>	<b>Volume (em milhares de t)</b>	<b>% em relação ao ano anterior</b>
1997	5.563	-	18.924	-
1998	4.732	-14,93%	21.004	10,99%
1999	3.760	-20,53%	20.781	-1,06%
2000	4.194	11,52%	21.955	5,65%
2001	5.290	26,14%	28.578	30,17%
2002	6.006	13,52%	30.413	6,42%
2003	8.122	35,23%	35.969	18,27%
2004	10.041	23,63%	36.240	0,75%
2005	9.473	-5,66%	39.549	9,13%
2006	9.308	-1,75%	39.702	0,39%
2007	11.381	22,27%	38.541	-2,93%
2008	17.979	57,97%	39.097	1,44%
2009	17.239	-4,11%	42.394	8,43%
2010	17.107	-0,77%	44.296	4,49%
2011	24.139	41,11%	49.069	10,77%
2012	26.114	8,18%	48.956	-0,23%
2013	30.961	18,56%	57.488	17,43%
2014	31.403	1,43%	60.710	5,60%
2015	27.957	-10,97%	70.819	16,65%
2016	25.418	-9,08%	67.275	-5,00%
2017	31.715	24,77%	83.667	24,37%

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do Agrostat - MAPA (2018)

Tabela A.3: Participação da China nas exportações brasileiras de soja

Ano	Valor exportado (em milhões de US\$)			Volume exportado (em milhares de t)		
	Total	China	% China	Total	China	% China
1997	5.563	615	11,05%	18.924	1.772	9,37%
1998	4.732	530	11,21%	21.004	2.386	11,36%
1999	3.760	173	4,61%	20.781	833	4,01%
2000	4.194	370	8,84%	21.955	1.914	8,72%
2001	5.290	542	10,25%	28.578	3.209	11,23%
2002	6.006	950	15,82%	30.413	4.441	14,60%
2003	8.122	1.581	19,47%	35.969	6.643	18,47%
2004	10.041	2.115	21,06%	36.240	6.560	18,10%
2005	9.473	1.887	19,92%	39.549	7.528	19,03%
2006	9.308	2.548	27,38%	39.702	11.019	27,76%
2007	11.381	3.150	27,68%	38.541	10.505	27,26%
2008	17.979	6.154	34,23%	39.097	12.527	32,04%
2009	17.239	6.750	39,16%	42.394	16.470	38,85%
2010	17.107	7.919	46,30%	44.296	20.000	45,15%
2011	24.139	11.729	48,59%	49.069	22.768	46,40%
2012	26.114	12.959	49,63%	48.956	23.689	48,39%
2013	30.961	17.676	57,09%	57.488	32.806	57,07%
2014	31.403	17.011	54,17%	60.710	33.173	54,64%
2015	27.957	15.927	56,97%	70.819	41.132	58,08%
2016	25.418	14.562	57,29%	67.275	38.819	57,70%
2017	31.715	20.516	64,68%	83.667	54.145	64,71%

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do Agrostat - MAPA (2018)

Tabela A.4: Exportações de milho em grãos

Ano	Volume (em milhares de t)	Ano	Volume (em milhares de t)
1997	349,32	2008	6.370,67
1998	1,78	2009	7.765,37
1999	2,85	2010	10.792,58
2000	1,08	2011	9.459,47
2001	5.625,70	2012	19.775,33
2002	2.739,77	2013	26.610,21
2003	3.561,80	2014	20.638,76
2004	5.018,60	2015	28.902,80
2005	1.058,39	2016	21.842,35
2006	3.924,55	2017	29.245,95
2007	10.914,63	2018	15.807,03*

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do Agrostat - MAPA (2018)

\* Até outubro

## APÊNDICE B – DETALHAMENTO DOS COMPLEXOS PORTUÁRIOS

### a) Complexo Portuário de Santos/SP

Administrado pela Companhia Docas do Estado de São Paulo (CODESP), a movimentação de graneis ocorre no Porto Organizado de Santos e em seis terminais de uso privado (TUP). A primazia do Complexo Portuário de Santos na exportação do complexo de soja, açúcar e milho se dá através da presença de grandes *players* nacionais e globais do setor, operando como arrendatários nos cais público de Paquetá, Ponta da Praia, Outeirinhos e de Conceiçãozinha. Além destes, os graneis vegetais são exportados nos terminais de uso privado Sucocítrico Cutrale e Tiplam (Terminal Integrador Portuário Luiz Antônio Mesquita) que opera cargas da empresa Bunge (Labtrans, 2018d).

As operações com granel sólido vegetal no cais público ocorrem da seguinte forma (Labtrans, 2018d):

- Armazém 12A, no Cais Paquetá, operando no Berço 12A com soja e milho e no Berço 13/14 com importação de trigo, mas também com exportação de soja em volume residual;
- T-Grão Cargo Terminal de Graneis S.A., operando no Cais Outeirinhos com milho, soja e farelo de soja, no denominado Berço Outeirinhos 3;
- Teçu 1/2, composto pelos berços Armazém 16/17 e Armazém 19, com a empresa Elevações Portuárias operando com açúcar, soja e milho;
- Teçu 3, integrado pelo berço Armazém 20/21, tendo a empresa Copersucar realizando a operação com açúcar e soja;
- Terminal de Graneis do Guarujá S.A. (TGG), com um píer manuseando soja, milho e farelo de soja;
- Terminal Exportador do Guarujá Ltda. (TEG), soja e milho em uma única estrutura de atracação;
- Terminal de Exportação de Açúcar do Guarujá (TEAG), opera com açúcar e soja em um píer;
- Armazém 38, localizado no Cais Ponta da Praia, arrendado para os operadores Terminal Exportador de Santos (TES) e Terminal XXXIX de Santos, manuseando milho e soja;
- Armazém 39, também localizado no Cais Ponta da Praia com o manuseio de milho e soja, arrendado para o operador ADM do Brasil.

b) Complexo Portuário de Paranaguá e Antonina/PR

É composto pelo Porto Organizado de Paranaguá, pelo Porto Organizado de Antonina e pelos Terminais de Uso Privado Cattalini (granéis líquidos) e o Terminal Porto Pontal do Paraná (TPPP). A operação com granel vegetal ocorre em dois trechos do cais público: nos berços 201, 204 (açúcar a granel) e 206 e no Corredor de Exportação - Corex, berços 212, 213 e 214.

O “Corredor de Exportação do Porto de Paranaguá” é composto por um conglomerado de Silos Horizontais e Verticais, dentro de áreas e retroáreas do Porto, subdivididos em quatro grandes grupos, sendo o principal deles o complexo graneleiro da APPA (Corredor Leste), que se interliga a outros sete terminais, entre arrendados e privados, através do sistema de múltipla integração de terminais que se acessam pelo sistema de eixo principal de uso comum, a cada um dos seis *shiploaders* distribuídos em três berços de atracação. Os produtos agrícolas e seus subprodutos, ocupam a maior parte desta fatia (granéis sólidos), seguindo-se o fertilizante, sal, trigo e minério. Possui instalações modernas que permitem as operações compreendendo recepção, pesagem, ensilagem, expedição e embarque, e seus controles através do painel central de comando do sistema do corredor de exportação do Porto de Paranaguá (Labtrans, 2016).

c) Complexo Portuário de Rio Grande/RS

Está subdividido em quatro áreas distintas: Porto Velho, Porto Novo, Superporto e a área de expansão de São José do Norte. No Superporto a operação com granéis sólidos vegetais é realizada no Tergrasa, terminal público arrendado, e nos TUPs Bianchini, Bunge e Termasa.

Importante mencionar que esses terminais têm capacidade de operar com diferentes produtos, sendo que no Tergrasa se destaca a soja, mas também o arroz, o cavaco de madeira e o trigo para exportação. Já nos TUPs, o Bianchini apresenta grande movimentação de soja e farelo de soja, também operando com cavaco de madeira, arroz e trigo. Por fim, o Termasa opera com a soja, farelo de soja, além do trigo para exportação (Labtrans, 2013b).

d) Complexo Portuário de São Francisco do Sul/SC

É composto pelo Porto Organizado de São Francisco do Sul e pelo Terminal de Uso Privado Porto Itapoá, além do Terminal de Granéis de Santa Catarina (TGSC), que se encontra em implantação. A operação de granel sólido vegetal no Porto de São Francisco é concentrada no denominado terminal de grãos ou Corredor de Exportação, integrado por arrendatários que



operam no Berço 101 do cais público, operado pela empresa Terlogs Terminal Marítimo, do grupo japonês Marubeni, e pela Bunge (Labtrans, 2017c).

e) Complexo Portuário de Itaqui/MA

Está inserido no Complexo Portuário da Baía de São Marcos, o qual é composto pelas seguintes instalações: Complexo do Itaqui; Terminal Marítimo da Ponta da Madeira (Administração Privada); Terminal da Alumar (Administração Privada); Terminal Pesqueiro do Porto Grande; Terminal de Passageiros da Ponta da Espera; Terminal de Passageiros de Cujupe e Terminal São José de Ribamar. Em relação ao granel sólido vegetal, em 2016 entrou em operação o Terminal de Grãos do Maranhão (Tegram), projetado para atender o crescimento da demanda por operações de graneis sólidos vegetais, compreendendo quatro armazéns com capacidade de 125 mil toneladas/cada e operando, na fase inicial, nos berços 103 e 105. O Tegram é administrado pelas *tradings* CGG, *Glencore*, NovaAgri e Amaggi, além da Louis Dreyfus com a Zen-Noh (Labtrans, 2018b).

f) Complexo Portuário de Belém e Vila do Conde/PA

É definido pelo Plano Mestre (Labtrans, 2016) como sendo composto pelo Porto de Belém, pelos Terminais de Outeiro e Miramar, pelo Porto de Vila do Conde e por terminais de uso privado. No Porto de Vila do Conde, em Barcarena/PA, as movimentações de graneis vegetais ocorrem nos TUP Vila do Conde – graneis vegetais, principalmente grãos, farelo e fertilizantes, TUP Terminal Portuário Fronteira Norte (Terfron), pertencente às empresas Bunge Alimentos S.A. e Amaggi – manuseando soja e milho, e no Terminal Ponta da Montanha, administrado pela empresa ADM Portos do Pará S.A, também operando a soja e o milho (Labtrans, 2017a).

g) Complexo Portuário de Vitória/ES

Compreende as instalações localizadas na margem Norte (Vitória) e na margem Sul (Vila Velha), além do Terminal de Tubarão, terminal de uso privado de propriedade da empresa Vale S.A. A operação com o granel sólido vegetal ocorre, primordialmente, no Berço P3 do referido terminal privado, que também é utilizado para manuseio do granel mineral (Labtrans, 2015a).

h) Complexo Portuário de Santarém/PA

Neste complexo portuário destaca-se o Terminal de Graneis Sólidos (TGS), localizado no Píer 400, arrendado à empresa Cargill, que possui destinação exclusiva para a movimentação de graneis sólidos vegetais. O píer possui um berço externo, Berço 401, destinado às

movimentações de longo curso, podendo receber navios de até 245 metros, transportando 86.000 TPB<sup>9</sup>; o berço interno, Berço 402, recebe barcaças fluviais graneleiras (Labtrans, 2017d). Além disso, verificou-se a ocorrência de operações esporádicas e residuais com granel vegetal em outras instalações do complexo portuário, no ano de 2018 e em exercícios anteriores (Sistema Anuário Antaq). Em que pese tal consideração, em virtude da expansão do Arco Norte, importante apontar que essas instalações podem ser consideradas propensas a receber maiores volumes de carga nos próximos anos.

i) Complexo Portuário de Manaus/AM

É composto pelo Porto Organizado e por onze TUPs, dentro os quais se destaca o TUP Hermasa Graneleiro. Localizado em Itacoatiara (AM), este terminal opera com o granel sólido vegetal na navegação de longo curso (Labtrans, 2013a), primordialmente no Berço 1, conforme dados de movimentação de carga da Antaq.

j) Complexo Portuário de Salvador e Aratu-Candeias/BA

É composto pelos Portos Organizados de Salvador e de Aratu-Candeias, administrados pela Companhia Docas do Estado da Bahia (CODEBA), e por cinco terminais de uso privado (TUP), dos quais o Terminal Portuário Cotegipe (TPC) é objeto de interesse deste estudo. A movimentação de granel sólido vegetal (grão de soja, farelo de soja, trigo e malte) no Complexo Portuário de Salvador e Aratu-Candeias acontece, em quase sua totalidade no mencionado terminal portuário, que dispõe de dois berços de 260 metros cada, sete silos para armazenagem de soja e farelo, além de um carregador de navios do tipo *travelling*, que se desloca sobre os trilhos ao longo do píer e opera com capacidade nominal de 2.000 t/h (Labtrans, 2018c). A extração de dados de movimentação da carga indica que em anos recentes o terminal operou com a soja em grãos no Berço 2, com desprezíveis operações no Berço 1, fazendo com que somente os valores da infraestrutura do Berço 2 tenham sido considerados neste estudo.

k) Complexo Portuário de Imbituba/SC

Localizado no litoral sul de Santa Catarina, opera com cargas diversas no cais de uso público, sendo que o granel sólido vegetal, em especial o milho e a soja, são manuseados nos Berços 1 e 2, cada um com 330 metros de extensão (Labtrans, 2017b). Por operarem o granel juntamente com outras cargas, em especial o contêiner, para aplicação no modelo de avaliação da eficiência

---

<sup>9</sup> Tonelagem de Porte Bruto, é a diferença entre o deslocamento bruto e líquido da embarcação, ou seja, o que pode ser transportado em carga, combustível e tripulação.

foi considerado o comprimento de um berço, com os respectivos equipamentos de carregamento e estocagem.

1) Complexo Portuário de Maceió/AL

Opera com cargas diversas nas cinco infraestruturas de acostagem existentes. Dentre essas, o granel vegetal, no caso o açúcar, é manuseado no Terminal Açucareiro (Labtrans, 2015b), não se identificando a exportação de soja em grão, farelo ou milho nessas instalações nos últimos anos (Anuário Antaq).

APÊNDICE C – PARÂMETROS DAS VARIÁVEIS

Tabela C.5: Parâmetros dos *inputs* e do *output* por terminal

DMU	Complexo Portuário	<i>Inputs</i>			<i>Output</i>
		Comprimento do berço (m)	Taxa de produção (t/h)	Cap. estática (t)	Movimentação (milhões t)
S_Teaçu 1/2_17	Santos	537	5.200	477.000	12,422
S_Teaçu 3_17	Santos	251	2.400	237.500	5,474
S_T-Grão_17	Santos	354	1.500	110.100	2,432
S_Arm_38_17	Santos	319	3.000	313.000	4,184
S_Arm_39_17	Santos	350	2.000	194.000	4,643
S_TGG_17	Santos	277	8.000	90.000	6,977
S_TEAG_17	Santos	174	1.500	216.000	5,756
S_TEG_17	Santos	168	2.000	110.000	2,732
S_Tiplam_17	Santos	562	6.000	394.000	4,843
S_Arm_12A_17	Santos	213	1.500	66.000	2,076
S_Cutrale_17	Santos	260	1.000	150.000	1,529
Par_Cais_17	Paranaguá	580	4.900	322.000	6,23
Par_Corex_17	Paranaguá	763	11.000	985.000	17,234
RG_Tergrasa_17	Rio Grande	450	3.000	206.000	6,519
RG_Terbian_17	Rio Grande	300	3.000	880.000	4,012
RG_Termasa_17	Rio Grande	350	4.500	275.500	2,443
RG_Bunge_17	Rio Grande	412	4.500	165.000	2,053
São_Franc_17	São Francisco	225	9.000	364.000	6,334
Itq_Tegram_17	Itaqui	550	8.000	620.000	8,05
VC_Terfron_17	Vila do Conde	200	7.500	150.000	2,475
VC_Vila_Conde_17	Vila do Conde	300	2.000	120.000	2,718
VC_Montanha_17	Vila do Conde	110	2.000	30.000	2,291
ViT_Tubarão_17	Vila do Conde	350	2.100	400.000	5,289
Sant_Cargill_17	Santarém	300	750	60.000	3,95
Manaus_Hermasa_17	Manaus	200	3.000	327.000	3,766
Bahia_Cotegipe_17	Salvador-Aratu	520	2.000	126.000	3,094
Imbituba_17	Imbituba	330	1.100	80.000	1,446
Maceió_17	Maceió	250	1.000	200.000	0,983
Ilhéus_17	Ilhéus	432	750	28.000	0,381
S_Teaçu 1/2_18	Santos	537	5.200	477.000	15,436
S_Teaçu 3_18	Santos	251	2.400	237.500	6,576
S_T-Grão_18	Santos	354	1.500	110.100	3,092
S_Arm_38_18	Santos	319	3.000	313.000	4,821
S_Arm_39_18	Santos	350	2.000	194.000	5,880
S_TGG_18	Santos	277	8.000	90.000	9,170
S_TEAG_18	Santos	174	1.500	216.000	6,774
S_TEG_18	Santos	168	2.000	110.000	3,141
S_Tiplam_18	Santos	562	6.000	394.000	6,284
S_Arm_12A_18	Santos	213	1.500	66.000	2,516
S_Cutrale_18	Santos	260	1.000	150.000	1,678
Par_Cais_18	Paranaguá	580	4.900	322.000	7,923

DMU	Complexo Portuário	Inputs			Output Movimentação (milhões t)
		Comprimento do berço (m)	Taxa de produção (t/h)	Cap. estática (t)	
Par_Corex_18	Paranaguá	763	11.000	985.000	19,482
RG_Tergrasa_18	Rio Grande	450	3.000	206.000	6,920
RG_Terbian_18	Rio Grande	300	3.000	880.000	5,368
RG_Termasa_18	Rio Grande	350	4.500	275.500	2,577
RG_Bunge_18	Rio Grande	412	4.500	165.000	2,433
São Franc_18	São Francisco	225	9.000	364.000	8,038
Itq_Tegram_18	Itaqui	550	8.000	620.000	7,634
VC_Terfron_18	Vila do Conde	200	7.500	150.000	2,269
VC_Vila_Conde_18	Vila do Conde	300	2.000	120.000	2,097
VC_Montanha_18	Vila do Conde	110	2.000	30.000	1,171
ViT_Tubarão_18	Vila do Conde	350	2.100	400.000	7,679
Sant_Cargill_18	Santarém	300	750	60.000	3,440
Manaus_Hermasa_18	Manaus	200	3.000	327.000	4,006
Bahia_Cotegipe_18	Salvador-Aratu	520	2.000	126.000	3,577
Imbituba_18	Imbituba	330	1.100	80.000	1,424
Maceió_18	Maceió	250	1.000	200.000	1,518
Ilhéus_18	Ilhéus	432	750	28.000	0,597
S_Teaçu 1/2_19	Santos	537	5.200	477.000	16,743
S_Teaçu 3_19	Santos	251	2.400	237.500	7,616
S_T-Grão_19	Santos	354	1.500	110.100	3,560
S_Arm_38_19	Santos	319	3.000	313.000	5,288
S_Arm_39_19	Santos	350	2.000	194.000	6,438
S_TGG_19	Santos	277	8.000	90.000	9,650
S_TEAG_19	Santos	174	1.500	216.000	7,247
S_TEG_19	Santos	168	2.000	110.000	3,380
S_Tiplam_19	Santos	562	6.000	394.000	6,672
S_Arm_12A_19	Santos	213	1.500	66.000	2,783
S_Cutrale_19	Santos	260	1.000	150.000	1,843
Par_Cais_19	Paranaguá	580	4.900	322.000	8,411
Par_Corex_19	Paranaguá	763	11.000	985.000	20,859
RG_Tergrasa_19	Rio Grande	450	3.000	206.000	7,585
RG_Terbian_19	Rio Grande	300	3.000	880.000	5,850
RG_Termasa_19	Rio Grande	350	4.500	275.500	2,813
RG_Bunge_19	Rio Grande	412	4.500	165.000	2,604
São Franc_19	São Francisco	225	9.000	364.000	8,523
Itq_Tegram_19	Itaqui	550	8.000	620.000	8,864
VC_Terfron_19	Vila do Conde	200	7.500	150.000	2,677
VC_Vila_Conde_19	Vila do Conde	300	2.000	120.000	2,227
VC_Montanha_19	Vila do Conde	110	2.000	30.000	1,523
ViT_Tubarão_19	Vila do Conde	350	2.100	400.000	8,016
Sant_Cargill_19	Santarém	300	750	60.000	4,002
Manaus_Hermasa_19	Manaus	200	3.000	327.000	4,453
Bahia_Cotegipe_19	Salvador-Aratu	520	2.000	126.000	3,725
Imbituba_19	Imbituba	330	1.100	80.000	1,712
Maceió_19	Maceió	250	1.000	200.000	1,515
Ilhéus_19	Ilhéus	432	750	28.000	0,638

DMU	Complexo Portuário	Inputs			Output Movimentação (milhões t)
		Comprimento do berço (m)	Taxa de produção (t/h)	Cap. estática (t)	
S_Teaçu 1/2_20	Santos	537	5.200	477.000	16,911
S_Teaçu 3_20	Santos	251	2.400	237.500	7,693
S_T-Grão_20	Santos	354	1.500	<b>151.100</b>	4,059
S_Arm_38_20	Santos	<b>619</b>	<b>6.000</b>	313.000	8,729
S_Arm_39_20	Santos	350	2.000	194.000	6,502
S_TGG_20	Santos	277	8.000	90.000	9,747
S_TEAG_20	Santos	174	<b>3.000</b>	216.000	9,673
S_TEG_20	Santos	168	2.000	110.000	3,414
S_Tiplam_20	Santos	562	6.000	394.000	6,739
S_Arm_12A_20	Santos	213	1.500	66.000	2,811
S_Cutrale_20	Santos	260	1.000	150.000	1,862
Par_Cais_20	Paranaguá	<b>680</b>	<b>8.900</b>	322.000	11,213
Par_Corex_20	Paranaguá	763	11.000	985.000	21,069
RG_Tergrasa_20	Rio Grande	450	3.000	206.000	7,661
RG_Terbian_20	Rio Grande	300	3.000	880.000	5,908
RG_Termasa_20	Rio Grande	350	4.500	275.500	2,842
RG_Bunge_20	Rio Grande	412	4.500	165.000	2,630
São_Franc_20	São Francisco	225	9.000	364.000	8,609
Itq_Tegram_20	Itaqui	<b>870</b>	<b>11.000</b>	620.000	11,766
VC_Terfron_20	Vila do Conde	200	4.500	150.000	2,356
VC_Vila_Conde_20	Vila do Conde	300	2.000	120.000	2,249
VC_Montanha_20	Vila do Conde	110	2.000	30.000	1,538
ViT_Tubarão_20	Vila do Conde	350	2.100	400.000	8,097
Sant_Cargill_20	Santarém	300	750	60.000	4,042
Manaus_Hermasa_20	Manaus	200	3.000	327.000	4,498
Bahia_Cotegipe_20	Salvador-Aratu	260	2.000	126.000	3,137
Imbituba_20	Imbituba	330	1.100	80.000	1,730
Maceió_20	Maceió	250	1.000	200.000	1,530
Ilhéus_20	Ilhéus	432	750	28.000	0,644
S_Teaçu 1/2_21	Santos	537	5.200	477.000	16,593
S_Teaçu 3_21	Santos	251	2.400	237.500	7,162
S_T-Grão_21	Santos	354	1.500	151.100	3,779
S_Arm_38_21	Santos	619	6.000	<b>420.000</b>	9,143
S_Arm_39_21	Santos	350	<b>4.000</b>	194.000	7,940
S_TGG_21	Santos	277	8.000	90.000	9,075
S_TEAG_21	Santos	174	3.000	216.000	9,006
S_TEG_21	Santos	168	2.000	110.000	3,179
S_Tiplam_21	Santos	562	6.000	394.000	6,275
S_Arm_12A_21	Santos	213	1.500	66.000	2,617
S_Cutrale_21	Santos	260	1.000	150.000	1,733
Par_Cais_21	Paranaguá	680	8.900	322.000	10,440
Par_Corex_21	Paranaguá	<b>1.923</b>	<b>27.000</b>	985.000	38,141
RG_Tergrasa_21	Rio Grande	450	3.000	206.000	7,133
RG_Terbian_21	Rio Grande	300	3.000	880.000	5,501
RG_Termasa_21	Rio Grande	350	4.500	275.500	2,646
RG_Bunge_21	Rio Grande	412	4.500	165.000	2,448

DMU	Complexo Portuário	Inputs			Output
		Comprimento do berço (m)	Taxa de produção (t/h)	Cap. estática (t)	Movimentação (milhões t)
São_Franc_21	São Francisco	225	9.000	364.000	8,015
Itq_Tegram_21	Itaqui	870	11.000	620.000	10,954
VC_Terfron_21	Vila do Conde	200	7.500	150.000	2,649
VC_Vila_Conde_21	Vila do Conde	300	2.000	120.000	2,094
VC_Montanha_21	Vila do Conde	110	2.000	30.000	1,432
ViT_Tubarão_21	Vila do Conde	350	2.100	400.000	7,539
Sant_Cargill_21	Santarém	300	750	60.000	3,764
Manaus_Hermasa_21	Manaus	200	3.000	327.000	4,188
Bahia_Cotegipe_21	Salvador-Aratu	<b>798</b>	<b>4.000</b>	<b>226.000</b>	6,630
Imbituba_21	Imbituba	330	1.100	80.000	1,610
Maceió_21	Maceió	250	1.000	200.000	1,424
Ilhéus_21	Ilhéus	432	750	28.000	0,600

APÊNDICE D – PESOS DAS VARIÁVEIS DO MODELO

Tabela D.6: Comparação entre os pesos dos *inputs*

DMU	Peso Berço	Peso Produção	Peso Cap_estática	Peso Movimentação
S_Teaçu1/2_17	0,00071	0,00003	0,00000	0,08050
S_Teaçu3_17	0,00161	0,00008	0,00000	0,18268
S_T-Grão_17	0,00362	0,00017	0,00001	0,41118
S_Arm_38_17	0,00210	0,00010	0,00000	0,23901
S_Arm_39_17	0,00189	0,00009	0,00000	0,21538
S_TGG_17	0,00150	0,00005	0,00000	0,14333
S_TEAG_17	0,00182	0,00006	0,00000	0,17373
S_TEG_17	0,00322	0,00015	0,00001	0,36603
S_Tiplam_17	0,00182	0,00008	0,00000	0,20648
S_12A_17	0,00424	0,00020	0,00001	0,48170
S_Cutr_17	0,00329	0,00213	0,00000	0,65402
Par_Cais_17	0,00141	0,00007	0,00000	0,16051
Par_Corex_17	0,00192	0,00000	0,00000	0,05802
RG_Tergrasa_17	0,00135	0,00006	0,00000	0,15340
RG_Terbian_17	0,00825	0,00000	0,00000	0,24925
RG_Termasa_17	0,00360	0,00017	0,00001	0,40933
RG_Bunge_17	0,00429	0,00020	0,00001	0,48709
S_Franc_17	0,00522	0,00000	0,00000	0,15788
Itaqui_Tegram_17	0,00278	0,00000	0,00000	0,12422
VC_Terfron_17	0,00905	0,00000	0,00000	0,40404
VC_Vila_17	0,00324	0,00015	0,00001	0,36792
VC_Montanha_17	0,00000	0,00002	0,00003	0,43649
Vit_Tubarao_17	0,00095	0,00062	0,00000	0,18907
Sant_Cargill_17	0,00000	0,00133	0,00000	0,25316
Manaus_17	0,00878	0,00000	0,00000	0,26553
Bahia_Cotegipe_17	0,00284	0,00013	0,00001	0,32321
Imbituba_17	0,00608	0,00028	0,00001	0,69156
Maceio_17	0,00512	0,00331	0,00000	1,01729
Ilhéus_17	0,00000	0,00051	0,00017	2,62467
Total	0,09071	0,00999	0,00029	11,52671



APÊNDICE E –ALVOS E FOLGAS PARA OS *INPUTS*

Tabela E.7: Alvos e Folgas para cada terminal portuário

<b>DMU</b>	<b>Input</b>	<b>Atual</b>	<b>Radial</b>	<b>Folga</b>	<b>Alvo</b>
S_teacu1/2_17	Berço	537,00	537,00	0	537,00
	Produção	5.200,00	5.200,00	0	5.200,00
	Cap. estática	477.000,00	477.000,00	0	477.000,00
S_teacu3_17	Berço	251,00	251,00	0	251,00
	Produção	2.400,00	2.400,00	0	2.400,00
	Cap. estática	237.500,00	237.500,00	0	237.500,00
S_T-Grão_17	Berço	354,00	354,00	0	354,00
	Produção	1.500,00	1.500,00	0	1.500,00
	Cap. estática	110.100,00	110.100,00	0	110.100,00
S_Arm_38_17	Berço	319,00	319,00	0	319,00
	Produção	3.000,00	3.000,00	0	3.000,00
	Cap. estática	313.000,00	313.000,00	0	313.000,00
S_Arm_39_17	Berço	350,00	350,00	0	350,00
	Produção	2.000,00	2.000,00	0	2.000,00
	Cap. estática	194.000,00	194.000,00	0	194.000,00
S_TGG_17	Berço	277,00	277,00	0	277,00
	Produção	8.000,00	8.000,00	0	8.000,00
	Cap. estática	90.000,00	90.000,00	0	90.000,00
S_TEAG_17	Berço	174,00	174,00	0	174,00
	Produção	1.500,00	1.500,00	0	1.500,00
	Cap. estática	216.000,00	216.000,00	0	216.000,00
S_TEG_17	Berço	168,00	168,00	0	168,00
	Produção	2.000,00	2.000,00	0	2.000,00
	Cap. estática	110.000,00	110.000,00	0	110.000,00
S_Tiplam_17	Berço	562,00	562,00	0	562,00
	Produção	6.000,00	6.000,00	0	6.000,00
	Cap. estática	394.000,00	394.000,00	0	394.000,00
S_12A_17	Berço	213,00	213,00	0	213,00
	Produção	1.500,00	1.500,00	0	1.500,00
	Cap. estática	66.000,00	66.000,00	0	66.000,00
S_Cutr_17	Berço	260,00	260,00	0	260,00
	Produção	1.000,00	1.000,00	0	1.000,00
	Cap. estática	150.000,00	150.000,00	38.450,70	111.549,30
Par_Cais_17	Berço	580,00	580,00	0	580,00
	Produção	4.900,00	4.900,00	0	4.900,00
	Cap. estática	322.000,00	322.000,00	0	322.000,00
Par_Corex_17	Berço	763,00	763,00	0	763,00
	Produção	11.000,00	11.000,00	4.422,41	6.577,59
	Cap. estática	985.000,00	985.000,00	37.827,59	947.172,41
RG_Tergrasa_17	Berço	450,00	450,00	0	450,00
	Produção	3.000,00	3.000,00	0	3.000,00
	Cap. estática	206.000,00	206.000,00	0	206.000,00

<b>DMU</b>	<b>Input</b>	<b>Atual</b>	<b>Radial</b>	<b>Folga</b>	<b>Alvo</b>
RG_Terbian_17	Berço	300,00	300,00	0	300,00
	Produção	3.000,00	3.000,00	413,79	2.586,21
	Cap. estática	880.000,00	880.000,00	507.586,21	372.413,79
RG_Termasa_17	Berço	350,00	350,00	0	350,00
	Produção	4.500,00	4.500,00	0	4.500,00
	Cap. estática	275.500,00	275.500,00	0	275.500,00
RG_Bunge_17	Berço	412,00	412,00	0	412,00
	Produção	4.500,00	4.500,00	0	4.500,00
	Cap. estática	165.000,00	165.000,00	0	165.000,00
S_Franc_17	Berço	225,00	225,00	0	225,00
	Produção	9.000,00	9.000,00	7.060,34	1.939,66
	Cap. estática	364.000,00	364.000,00	84.689,66	279.310,34
Itq_Tegram_17	Berço	531,00	531,00	0	531,00
	Produção	8.000,00	8.000,00	2.556,44	5.443,56
	Cap. estática	620.000,00	620.000,00	0	620.000,00
VC_Terfron_17	Berço	200,00	200,00	0	200,00
	Produção	7.500,00	7.500,00	3.603,30	3.896,70
	Cap. estática	150.000,00	150.000,00	0	150.000,00
VC_Vila_17	Berço	300,00	300,00	0	300,00
	Produção	2.000,00	2.000,00	0	2.000,00
	Cap. estática	120.000,00	120.000,00	0	120.000,00
VC_Montanha_17	Berço	110,00	110,00	0	110,00
	Produção	2.000,00	2.000,00	0	2.000,00
	Cap. estática	30.000,00	30.000,00	0	30.000,00
Vit_Tubarao_17	Berço	350,00	350,00	0	350,00
	Produção	2.100,00	2.100,00	0	2.100,00
	Cap. estática	400.000,00	400.000,00	121.577,46	278.422,54
Sant_Cargill_17	Berço	300,00	300,00	0	300,00
	Produção	750,00	750,00	0	750,00
	Cap. estática	60.000,00	60.000,00	0	60.000,00
Manaus_17	Berço	200,00	200,00	0	200,00
	Produção	3.000,00	3.000,00	1.275,86	1.724,14
	Cap. estática	327.000,00	327.000,00	78.724,14	248.275,86
Bahia_Coteg_17	Berço	520,00	520,00	0	520,00
	Produção	2.000,00	2.000,00	0	2.000,00
	Cap. estática	126.000,00	126.000,00	0	126.000,00
Imbituba_17	Berço	330,00	330,00	0	330,00
	Produção	1.100,00	1.100,00	0	1.100,00
	Cap. estática	80.000,00	80.000,00	0	80.000,00
Maceio_17	Berço	250,00	250,00	0	250,00
	Produção	1.000,00	1.000,00	0	1.000,00
	Cap. estática	200.000,00	200.000,00	86.197,18	113.802,82
Ilhéus_17	Berço	432,00	432,00	301,85	130,15
	Produção	750,00	750,00	0	750,00
	Cap. estática	28.000,00	28.000,00	0	28.000,00