

GILBERTO DE SOUZA GUIMARÃES JUNIOR

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS PORTOS
PORTUGUESES ATRAVÉS DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA
DE DADOS**

Orientador: Doutor Manuel Francisco Magalhães Cabugueira

**Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias
Eceo - Escola de Ciências Económicas e das Organizações**

**Lisboa
2016**

GILBERTO DE SOUZA GUIMARÃES JUNIOR

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS PORTOS
PORTUGUESES ATRAVÉS DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA
DE DADOS**

Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias no dia 28/04/2016, perante o júri, nomeado pelo Despacho Reitoral n 312/2015 de 31 de Agosto, com a seguinte composição:

O presidente : Prof. Doutor António Augusto Costa

O arguente : Prof. Doutor Idalino André Magrinho

O orientador : Prof. Doutor Manuel Francisco Magalhães
Cabugueira

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Eceo - Escola de Ciências Económicas e das Organizações

Lisboa

2016

DEDICATÓRIA

À minha amada esposa Carla Guimarães, minha incentivadora e mentora, que esteve sempre ao meu lado em todos os momentos, sempre disposta a ajudar-me a ultrapassar todas as dificuldades, na elaboração dessa dissertação.

As minhas filhas Giovanna Guimarães e Rafaella Guimarães, pelo carinho e amor.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, pela proteção.

Ao meu orientador, Professor Doutor Manuel Francisco Magalhães Cabugueira, pelo direcionamento e apoio durante todas as fases da elaboração do trabalho, pelos comentários, sugestões e críticas que contribuíram para a sua melhoria.

Às minhas filhas Giovanna e Rafaella, razão do meu viver, amores da minha vida.

A minha amada esposa Carla Guimarães, um agradecimento muito especial pelo carinho, incentivo, motivação e apoio constante no período que passamos em Lisboa.

A minha avó Francisca Guimarães, (*in memoriam*) e meu avô Adeodato Guimarães (*inmemoriam*), por seus ensinamentos e por sempre me apoiarem.

E por fim, todas as demais pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta dissertação

RESUMO

O objetivo deste trabalho é identificar quais os portos portugueses que foram tecnicamente mais eficientes, no período entre 2004 – 2013, estimando um valor para a eficiência portuária através da relação entre a produção e os recursos disponíveis. Em concreto, analisou-se a relação entre o movimento portuário, ou seja, o movimento de cargas gerais, granéis líquidos e granéis sólidos, com as características dos portos, tais como: o tamanho total de cais acostável e o nº de navios que entraram nos principais portos portugueses nos referidos anos. A área delineada para o estudo foi os portos portugueses, nomeadamente os portos de: Aveiro, Figueira da Foz, Lisboa, Leixões, Setúbal e Sines. Utilizou-se a técnica DEA (Data Envelopment Analysis). Conclui-se que em relação aos portos, o tamanho do porto não é a razão principal da ineficiência nos portos, pois não foi observado uma relação direta entre o tamanho e a eficiência, nesse estudo existe eficiência em portos de pequeno e grande porte, da mesma maneira que verifica-se ineficiência nos portos de pequena e grande dimensão, existindo assim outros fatores que influenciam a ineficiência nos portos.

Palavras-chave: DEA, portos, eficiência técnica, SIAD

ABSTRACT

The objective of this study is to identify which Portuguese ports that were technically more efficient in the period between 2004 - 2013, estimating a value for the port efficiency through the relationship between production and resources available. Specifically, we analyzed the relationship between the port movement, namely the movement of general cargo, bulk liquids and bulk solids, with the characteristics of ports, such as the total size of wharf and the number of vessels that entered in the main Portuguese ports in those years. The area outlined for the study was the Portuguese ports, including the ports of: Aveiro, Figueira da Foz, Lisbon, Leixoes, Setubal and Sines. We used the technique DEA (Data Envelopment Analysis), it follows that in relation to ports, the port size is not the main reason for inefficiency in ports because it was not observed a direct relationship between the size and efficiency, in this study there is efficiency in small and large ports, the Just as there is inefficiency in small and large ports, so there other factors that influence the inefficiency in ports.

Key-words: DEA, ports, technical, efficiency, SIAD

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A1 – Autoestrada Um

A25 – Autoestrada vinte e cinco

A29 – Autoestrada vinte e nove

APA – Administração do Porto de Aveiro

BCC – Banker, Charnes e Cooper

CAPEX – Capital Expenditure

CCR – Charnes, Cooper e Rhodes

CE – Comissão Europeia

CRS – Constant Returns to Scale

DEA – Data Envelopment Analysis

DMU – Decision Making Unit

FDH –Free Disposal Hull

IMAPOR – Instituto Mar e Portos

INE – Instituto Nacional de Estatística

IP1 – Itinerário Principal do Litoral

IP4 - Itinerário Principal do Norte

M – Metro

MERCOSUL – Mercado Comum do Sul

OPEX – Operational Expenditure

PIB – Produto Interno Bruto

RCE – Retorno Crescente de Escala

RDE – Retorno Decrescente de Escala

REC – Retorno de Escala Constante

SFA – Stochastic Frontier Analysis

SIAD – Sistema Integrado de Apoio a Decisão

T – Toneladas

TEU – Twenty – foot Equivalent Unit

VRS – Variable Returns to Scale

ZALI – Zona de Atividades Logísticas e Industriais

Índice Geral

Introdução.....	1
Objetivos	2
Estrutura da dissertação	3
Capítulo I - Referencial teórico	4
2. Setor portuário português.....	18
3. Descrição dos portos portugueses	23
3.1. Porto de Aveiro	24
3.2. Porto de Leixões	27
3.3. Porto de Lisboa	31
3. 4. Porto de Setúbal	34
3. 5. Porto de Sines	36
3. 6. Porto de Figueira da Foz.....	38
Capítulo II – Metodologia.....	41
4. Área de estudo.....	42
5. Fonte de dados.....	42
6. Modelo DEA.....	42
6.1. Modelo CCR.....	42
6.1.1. CCR com orientação ao consumo	43
6.1.2. Modelo CCR com orientação ao produto	46
6.2. MODELO BCC.....	48
6.2.1 Modelo BCC com orientação ao consumo	49
6.2.2.Modelo BCC com orientação ao produto	50
6.3 Fronteira Invertida	54
Capítulo III - Resultados e discussões	57
7.1. Análise das Eficiências	58
7.2. Análise dos pesos	65
7.3. Análise dos Alvos.....	69
7.4. Análise dos Benchmarks	70
Capítulo IV - Considerações finais e sugestões	71
REFERÊNCIAS.....	75

APÊNDICE A	82
------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Diferenças entre DEA e SFA	5
Tabela 2 - Síntese dos artigos que utilizaram o DEA	13
Tabela 3-Portos portugueses e localização.....	19
Tabela 4 - Entradas por tipo de transporte. Portugal, 2004-2013. Em toneladas (somente dados declarados pelos operadores internacionais).....	21
Tabela 5 - Saídas por tipo de transporte. Portugal, 2004 - 2013. Em toneladas (somente dados declarados pelos operadores internacionais).....	21
Tabela 6 - Entradas por tipo de transporte. Portugal, 2004 - 2013. Em euros (somente dados declarados pelos operadores internacionais).....	22
Tabela 7 - Saídas por tipo de transporte. Portugal, 2004 - 2013. Em euros (somente dados declarados pelos operadores internacionais).....	22
Tabela 8 - Principais portos de acordo com suas eficiências	63
Tabela 9 - <i>Ranking</i> dos principais portos de acordo com a eficiência padrão por ano	65
Tabela 10 - Resultados porto de Aveiro, 2004 a 2013	67
Tabela 11 - Resultados do porto de Leixões, 2004 a 2013.....	67
Tabela 12 - Resultados do porto Figueira da Foz, 2004 a 2013	67
Tabela 13 - Resultados do porto de Lisboa, 2004 a 2013	68
Tabela 14 - Resultados do porto de Setúbal, 2004 a 2013	68
Tabela 15 - Resultados do porto de Sines, 2004 a 2013	69
Tabela 16 - Dados utilizados no Modelo	82
Tabela 17 - Resultado das eficiências obtidas do modelo.....	83
Tabela 18 - Resultado dos pesos das variáveis obtidas no modelo.....	85
Tabela 19 - Resultados dos alvos obtidos no modelo	86
Tabela 20 - Resultados de “ <i>benchmarks</i> ” dos portos.....	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Peso das exportações (saídas) e importações (entradas) por via marítima. Portugal, 2004 - 2013. Em %.....	23
Figura 2 - Planta do Porto de Aveiro	25
Figura 3 - ZALI - Plataforma Logística Portuária - Porto de Aveiro.....	26
Figura 4 - Movimento total de cargas e descargas do Porto de Aveiro.....	26
Figura 5 - Movimento total anual de embarcações no Porto de Aveiro.....	27
Figura 6 - Plataforma logística de Leixões.....	29
Figura 7 - Mapa do Porto de Leixões.....	30
Figura 8 - Movimento total de cargas e descargas do Porto de Leixões	30
Figura 9 - Movimento total anual de embarcações no Porto de Leixões	31
Figura 10 - Vista aérea do Porto de Lisboa.....	32
Figura 11 - Movimento total de cargas e descargas do Porto de Lisboa.....	33
Figura 12 - Movimento total anual de embarcações no Porto de Lisboa	33
Figura 13 - Vista aérea do Porto de Setúbal	34
Figura 14 - Vista do Porto de Setúbal	35
Figura 15 - Movimento total de cargas e descargas do Porto de Setúbal.....	35
Figura 16 - Movimento total anual de embarcações no Porto de Setúbal	36
Figura 17 - Movimento total de cargas e descargas do Porto de Sines	37
Figura 18 - Movimento total anual de embarcações no Porto de Sines	38
Figura 19 - Vista aérea do Porto de Figueira da Foz	39
Figura 20 - Movimento total de cargas e descargas do Porto de Figueira da Foz	39
Figura 21 - Movimento total anual de embarcações no Porto de Figueira da Foz.....	40
Figura 22 - Fronteira de eficiência no modelo DEA - CCR com orientação a <i>input</i>	46
Figura 23 - Fronteira de eficiência no modelo DEA - CCR com orientação a <i>output</i>	48
Figura 24 - Retornos variáveis de escala.....	52
Figura 25 - Modelo dos multiplicadores para as fronteiras DEA-CCR e DEA-BCC.....	56
Figura 26 - Eficiência de Porto Figueira da Foz nos anos 2004 - 2013	59
Figura 27 - Eficiência de Porto de Lisboa nos anos 2004 a 2013	60
Figura 28 - Eficiência do Porto de Setúbal nos anos 2004 a 2013.....	61
Figura 29 - Eficiência do Porto de Sines nos anos 2004 a 2013.....	61
Figura 30 - Eficiência do Porto de Aveiro nos anos 2004 a 2013	62
Figura 31 - Eficiência do Porto de Leixões nos anos 2004 a 2013.....	63

Introdução

Os portos são infraestruturas essenciais ao desenvolvimento das economias mundiais. Há muito que deixaram de ser apenas entrepostos comerciais assumindo um papel de dinamizador da economia moderna e contemporânea. São o mais importante elo do transporte mundial de cargas e um promotor de desenvolvimento, atraindo empresas e pessoas para realizarem atividades que beneficiam toda uma cadeia produtiva e contribuem para o dinamismo econômico dos países em que se encontram.

No entanto, há que ter presente que um porto pouco eficiente pode tornar-se um problema para o país em que se localiza, tornando os seus produtos menos competitivos.

Face à crescente importância do setor portuário no movimento de mercadorias num contexto global, as melhorias nos processos que estão ligados à eficiência nos transportes portuários tem uma importância fundamental para a competitividade de qualquer país. De acordo com Farrel (1957), a eficiência técnica é uma relação de otimização entre produção e recursos. Ainda segundo o autor, entende-se por ineficiência técnica a incapacidade para alcançar uma fronteira de eficiência, dada a má utilização dos seus recursos.

Para tanto, a estrutura de um porto tem que ter equipamentos terrestres, marítimos e uma logística multimodal que assegure uma melhor eficiência na manipulação de cargas e passageiros. Um porto tem que ser compreendido como parte de um complexo logístico, devendo estar sempre à procura de soluções para otimizar os seus processos operacionais e de gestão, ajustando-se às novas tecnologias, e para responder a uma demanda crescente nos transportes marítimos e terrestres. Esta orientação fez com que os portos evoluíssem para algo mais promissor e se destacassem como plataformas logísticas, melhorando a sua eficiência de forma a reduzir os custos operacionais, com o objetivo de se tornarem cada vez mais competitivos e de atraírem novos clientes com a oferta de um melhor serviço.

Para além da logística intermodal, para o porto ser competitivo e eficiente é necessário uma infraestrutura moderna que lhe permita reduzir o tempo de serviço efetuado no porto e sobretudo, e mais importante, reduzir os custos nas transações comerciais.

Na Europa há uma enorme concentração de movimentos comerciais que se realizam diariamente envolvendo um complexo logístico composto por rodovias e ferrovias. A grande maioria dessas cargas movimentadas são oriundas de outros espaços económicos e dão entrada por um porto de mar.

Segundo um estudo da Comissão Europeia (CE), em 2013, no continente europeu, existe um fluxo intenso de transportes e um comércio altamente diversificado. Com um extenso litoral (70.000Km) e mais de 1200 portos comerciais, os portos de mar são responsáveis por 74% do comércio externo de mercadorias da união europeia, e de 37% do comércio de mercadorias dentro do continente europeu.

Nesse mesmo estudo, a Comissão Europeia informa que nos países do litoral da união europeia, os portos são responsáveis pela geração de cerca de 3 milhões de empregos, diretos e indiretos, e existem um número significativo de atividades que estão associadas a este importante setor da economia.

Objetivos

Pelo referido acima, justifica-se a importância que os portos têm no comércio europeu de mercadorias, dado o seu expressivo contributo para a economia e para o emprego de forma direta e indireta.

Portugal, como um país virado para o mar, deve atribuir particular importância à dinâmica do seu sector portuário e à forma como este contribui para a economia nacional. É neste contexto que coloca-se a seguinte questão: qual o desempenho dos portos de mar em Portugal quanto à sua eficiência técnica?

Como resultou da introdução, para adaptar-se às crescentes demandas do comércio mundial o setor portuário teve que passar por transformações e adequações. Justifica-se assim que se procure analisar esta questão da eficiência técnica dos portos portugueses.

O objetivo deste trabalho é identificar quais os portos portugueses que foram tecnicamente mais eficientes, no período entre 2004 – 2013, estimando um valor para a eficiência portuária

através da relação entre a produção e os recursos disponíveis. Em concreto, analisa-se a relação entre o movimento portuário, ou seja, o movimento de cargas gerais, granéis líquidos e granéis sólidos, com as características dos portos, tais como: o tamanho total de cais acostável e o nº de navios que entraram nos principais portos portugueses nos referidos anos.

Estrutura da dissertação

O presente trabalho é composto desta parte introdutória onde define-se o tema e estabelece-se o objetivo da investigação e de mais 4 capítulos. No primeiro capítulo apresenta-se o referencial teórico que dá suporte ao método que foi escolhido para a análise do trabalho e uma breve apresentação do setor portuário português e dos portos estudados. No segundo capítulo, segue com a apresentação da metodologia utilizada para a avaliação da eficiência técnica. No terceiro capítulo apresenta-se a análise de dados e os resultados alcançados. E, por fim, no quarto capítulo tem-se as conclusões e sugestões para trabalhos futuros que envolvam a técnica DEA para análise de eficiência.

Capítulo I - Referencial teórico

1. Revisão bibliográfica

Existe uma extensa bibliografia que se preocupa com a eficiência nos meios de transporte e com a sua estimação. Em particular, há diferentes estudos que utilizam modelos econométricos e modelos estatísticos para medir a eficiência nos portos do planeta.

Essas técnicas procuram auxiliar na análise da competitividade, para que se observe o quanto os serviços de transportes são eficientes, medindo o seu desempenho seja em comparação com outros portos, ou em comparação com o desempenho do próprio porto em anos anteriores.

Nesse contexto, as metodologias mais aplicadas no estudo da eficiência são as do tipo (Gonzalez & Trujillo, 2008):

- SFA – Stochastic Frontier Analysis, que, seguindo uma metodologia paramétrica e estocástica, admite que a hipótese estatística é verificada. Utilizando o método econométrico, existe a inclusão do erro como um termo composto e ainda impõe a especificação de uma função.
- DEA - Data Envelopment Analysis, que é uma técnica não-paramétrica, não inclui o erro como termo, não admite suposições quanto à distribuição do termo da ineficiência e não permite que a hipótese estatística seja comparada, recorre a um método de programação linear.

A Tabela 1 sintetiza as diferenças entre os dois modelos para medir a eficiência.

Tabela 1 - Diferenças entre DEA e SFA

Análise Envoltória de Dados-DEA	Fronteiras Estocásticas - SFA
Metodologia não paramétrica	Metodologia paramétrica
Metodologia determinística	Metodologia estocástica
Não permite que a hipótese estatística seja comparada	Permite que a hipótese estatística seja comparada

Não realiza suposições na distribuição do termo da ineficiência	Realiza suposições na distribuição do termo da ineficiência
Não inclui o erro como termo	Inclui um termo composto do erro
Não exige a especificação de uma função	Exige a especificação de uma função
Pequeno número de variáveis	Pode confundir ineficiência caso o modelo tenha sido mal definido
Método: Programação linear	Método: Econométrico

Fonte: Falcão & Correia (2012)

A metodologia DEA é citada em vários trabalhos como uma alternativa as chamadas técnicas convencionais ou clássicas, pois utiliza um modelo de programação com base na matemática, demonstra com isso a grande capacidade de adequação na variedade de temas.

Nesse modelo consideram-se os *inputs* que transformados resultaram nos *outputs* e para medir o desempenho desta transformação recorre-se à denominada DMU (*decision making unit*), avaliando-se cada observação individual da amostra pelo método de análise envoltória de dados.

A utilização desta metodologia deve, no entanto, ter em atenção o seguinte aspecto, “o conjunto de DMUs a ser avaliado deve ser homogêneo, isto é, deve ter em comum a utilização dos mesmos *inputs* e *outputs*, realizarem as mesmas tarefas, com os mesmos objetivos, trabalhar nas mesmas condições de mercado e ter autonomia na tomada de decisões (Lins et al, 2000).

Banker, Charnes e Cooper (1984) definem DEA como “a utilização da programação matemática para obter avaliações *ex-post* face à eficiência relativa dos resultados dos gestores, que tenham sido planejados ou executados”

Existem dois modelos que se podem considerar como modelos clássicos:

O primeiro, é o modelo CCR (sobrenome do seus autores, respectivamente, Charnes, Cooper e Rhodes), que originou o primeiro artigo utilizando a construção de fronteiras de eficiência técnica, ou seja, o modelo DEA-CCR¹, tendo como pressuposto a existência de rendimentos constantes à escala (CRS), isto é, qualquer variação nos *inputs*, resulta em uma variação proporcional nos *outputs*, pois de acordo com Belloni (2000, pág.58), citado por Kassai (2002) “ao possibilitar que a tecnologia exiba propriedades de retornos à escala diferentes ao longo de sua fronteira, esse modelo admite que a produtividade máxima varie em função da escala de produção”.

Então, segundo Mello et al (2008):

“A formulação dos multiplicadores do modelo DEA CCR (Charnes *et al.*, 1978) estabelece que os pesos ou multiplicadores das variáveis devem ser calculados de forma a maximizar a eficiência de cada DMU. É imposta a restrição de que esses pesos quando aplicados às outras DMUs não podem gerar eficiências maiores do que 1 (considerando a orientação a *inputs*). Como existe a restrição padrão de que os multiplicadores são todos não negativos, e como os valores dos *input* e *outputs* são também não negativos, os pesos de uma DMU aplicados a qualquer outra fornecem um índice de eficiência contido no intervalo [0,1].”

O segundo é o modelo BCC que Banker, Charnes e Cooper desenvolveram em 1984. Este modelo assume rendimentos variáveis à escala (VRS) que podem ser crescentes ou decrescentes na fronteira de eficiência.

Neste caso, segundo Mello et al (2008):

“O modelo DEA BCC (Banker *et al.*, 1984), o modelo dos multiplicadores é obtido através do dual do modelo do envelope. Como este modelo tem uma restrição de igualdade, existe uma variável livre no modelo dos multiplicadores e, portanto, não se pode garantir a não negatividade dos índices de eficiência quando os pesos de uma DMU são utilizados para outra, em situações típicas de Avaliação Cruzada (Sexton, 1986) ou no cálculo de alguns índices de eficiência não radial (Gonzalez-Araya, 2003; Lins *et al.*, 2004).”

¹Charnes, Cooper e Rhodes (1978), “*Measuring the efficiency of decision making units*”, European Journal of Operational Research 2 (1978) 429-444.

Outros modelos também estão identificados na literatura, a saber: DEA – multiplicativo (Charnes et al., 1982), o DEA modelo cone-ratio (Charnes et al., 1990), modelo DEA de Assurance Region (Thompson et al., 1986, 1990) e o modelo de super eficiência (Andersen e Petersen, 1993), DEA - malmquist e o DEA - aditivo (Charnes et al., 1985; Tongzon – 2001), DEA – Windows (Itoh-2002).

Segundo Souza e Wilhelm (2009) o desfecho que é produzido em consequência da análise DEA traduz:

- Uma superfície envoltória que identifica as DMU's eficientes e ineficientes;
- Uma medida de eficiência métrica para cada DMU (a distância da fronteira, a fonte e o grau de ineficiência);
- Uma projeção da DMU sobre a fronteira;
- Um conjunto-referência (unidades específicas contra as quais uma DMU particular está sendo comparada).

Ainda de acordo com o autor, a importância desse método deve-se as seguintes peculiaridades:

- 1) Caracterização de cada DMU por um valor único que resume a eficiência relativa;
- 2) Para cada DMU são feitas projeções de melhorias sobre as referências observadas, revelando aquela que constitui a melhor prática;
- 3) A análise envoltória de dados coloca-se como alternativa às abordagens indiretas de especificação de modelos estatísticos abstratos que fazem inferência baseadas na análise de resíduos e dos coeficientes/parâmetros.

Na literatura existe alguns investigadores que trabalharam com o DEA como forma de melhor analisar a eficiência seja nos transportes ou na actividade operacional das empresas, aplicando este método a diferentes sectores da economia mundial.

Tongzon (2001), utilizou os métodos DEA-aditivo e o DEA-CCR para analisar 12 portos internacionais e 4 portos australianos em 1996. Os dados utilizados nesse estudo foram: a entradas de navios de contentores, a taxa de trabalho no navio/hora, o nº de contentores movimentado por guindaste por hora, o nº de guindastes, o nº de ancoradores de contentores, o nº de rebocadores, a área do terminal/m², o tempo de atraso e o nº de empregados da autoridade

portuária. O autor concluiu que o tamanho do porto ou a sua função por si só não é a principal determinante de eficiência e que a ineficiência dos portos apresenta características diferentes quanto ao tipo de carga.

No seu estudo, Valentine Gray (2001), utilizou o método DEA-CCR para analisar 31 portos de contentores dos 100 maiores do mundo, recorrendo aos seguintes dados: o comprimento total do caís, o comprimento total do terminal de contentores, nº de contentores e o total de carga movimentada. Nesse trabalho os resultados mostraram a capacidade da técnica DEA para lidar com múltiplas entradas e saídas, combinados com a capacidade de adicionar “pesos” que permitirá uma análise significativa. Destaca-se ainda a necessidade de entradas adicionais na equação.

O modelo DEA aplicado na análise de oito grandes portos japoneses por Itoh (2002) no período entre 1990 e 1999 foi o DEA-Window. Os dados que ele utilizou como *inputs* e *outputs* foram: o número de atracadores, o nº de guindaste e a área do terminal de contentores e TEUS movimentados. Ele concluiu que a mão-de-obra é um fator importante para que os resultados fossem mais sólidos nos portos de Yokohama e Kobe, e que somente o porto de Tóquio alcançou níveis elevados de eficiência.

Barros (2003) utilizou a técnica DEA – CCR e DEA – BCC para analisar 5 portos portugueses entre o período de 1999 e 2000, para tal utilizou os dados de nº de funcionários, valor dos ativos, navios, movimento de mercadorias, arqueação bruta, cota de mercado, todos os tipos de carga, preço do trabalho e preço do capital. Neste trabalho, foi analisada a eficiência técnica e alocativa das autoridades portuárias portuguesas, a fim de investigar se a política do Estado estava a atingir os seus objetivos. Os resultados foram incertos, o que os levaram a concluir que a regulação por incentivos realizados pelo órgão regulador do governo, o Instituto Marítimo-Portuário, não estava a atingir os seus objetivos.

De e Park (2004) aplicaram o modelo DEA-CCR e DEA- BCC (4 fases: produtividade, rentabilidade, liquidez e eficiência global) para avaliar 11 portos coreanos em 1999. Os dados utilizados foram: a capacidade do caís (nº de navios), a capacidade de movimentação das cargas, as cargas movimentadas, os navios, as receitas, a satisfação dos consumidores. Concluiu-se que

os portos coreanos estudados, para aumentar a sua eficiência, teriam que melhorar a sua utilização. Em particular, havia problemas de congestionamento em 6 portos.

Rios e Maçada (2006), analisaram 23 terminais de contentores do MERCOSUL (Mercado Comum do Sul), seus *inputs* e *outputs* foram: as gruas, as atracções, os rebocadores, a área do terminal, os funcionários, a quantidade de equipamento exterior ao cais, os TEUs movimentados e a média de contentores movimentados (hora/navio). Nesse estudo concluiu-se que a técnica DEA é uma ferramenta útil para os órgãos reguladores e gestores portuários analisarem a eficiência operacional, mas que seria necessária uma análise qualitativa para estabelecer uma relação entre os resultados obtidos do modelo DEA e as práticas apontadas pelos executivos.

Fontes (2006), analisou 31 portos e terminais brasileiros, utilizando os dados de extensão total do cais acostável, movimentação total de embarcações e movimentação total de carga movimentada, utilizando para essa análise o DEA-BCC. No trabalho verificou-se a existência de portos falso-eficientes. Ficou, também, evidente que alguns portos são especialistas em algumas atividades como é o caso do porto de Areia Branca, existindo assim uma possível relação positiva entre eficiência e a especialização do porto.

No seu estudo Wang e Culliname (2006) adotaram o método DEA-CCR e DEA-BCC para avaliar a eficiência e as propriedades de escala de 104 propriedades de terminais de contentores da Europa com uma produção anual de mais de 10.000 TEUs em 2003, distribuídos em 29 países europeus. Neste estudo foram utilizados como *inputs* e *outputs*: o comprimento total da cais, a área do terminal, o custo dos equipamentos e TEUS movimentados. Os autores ressaltam duas conclusões: que a ineficiência significativa permeia a maioria dos terminais em estudo e que a produção em larga escala tende a ser associada com a maior eficiência.

Sousa Júnior et al (2008) utilizou o DEA-CCR para analisar os portos da região do nordeste do Brasil no ano de 2006. Os dados utilizados como *inputs* e *outputs* foram: o comprimento dos berços, o calado admissível e movimentação (em toneladas ou em número de contentores). O trabalho demonstrou que o porto de Salvador foi o mais eficiente quanto a movimentação de contentores. Na movimentação de granéis sólidos o porto de “São Luís I” foi o mais eficiente nos 2 cenários analisados. Ficou evidente que os portos que não alcançaram eficiência precisam de

melhorar a sua infraestrutura e os seus equipamentos e sugere-se um aumento da profundidade nos portos em que for possível e a aquisição de equipamentos modernos.

Barros e Managi (2008) aplicaram o método DEA-CCR e DEA-BCC para analisar os 39 portos japoneses (entre 2003 e 2005) e os dados que utilizaram como *inputs* e *outputs* foram: o nº de gruas, o nº de funcionários, os navios, os TEUs, os granéis sólidos e granéis líquidos. Nesse estudo os portos japoneses que adotaram a teoria de procedimentos estratégicos como o “hub” estratégico mostraram-se em média mais eficientes que os demais. Sugere-se que os portos que não alcançaram a eficiência devem adotar procedimentos estratégicos e gerenciais para alcançar a fronteira de eficiência, adotando uma visão com base na gestão de recursos e desenvolvimento crítico em questões estratégicas.

Carvalho et al (2010) utilizou o método DEA-CCR e DEA-BCC para analisar 35 portos da Península Ibérica, foram utilizados como *inputs* e *outputs*, o cais, os funcionários, as gruas, a carga geral, ro-ro, granéis líquidos e sólidos, os TEUs e os passageiros. Estes autores concluem que os resultados comparativos mostraram uma ineficiência considerável numa amostra de 33 portos da Península Ibérica. Embora nenhum dos países destaque excepcional eficiência, algumas conclusões relevantes podem ser extraídas do estudo. Altas pontuações de ineficiência nesses países são influenciadas não só pela má gestão ou falta de incentivos, mas também pela interferência política prejudicial, problemas de trabalho e / ou de baixa descartabilidade para expandir as áreas portuárias.

Simões e Marques (2010) aplicaram o método DEA robusto não paramétrico para analisar 41 portos da europa, foram utilizados os dados CAPEX e OPEX, carga geral, granéis sólidos e líquidos e passageiros. Concluíram que os portos podem economizar 22% dos custos (*inputs*), se trabalhassem de forma otimizada. Pela mesma quantidade de *outputs* produzidos, os portos apresentaram níveis de ineficiência elevados.

Como foi dito anteriormente, há um crescente interesse no setor portuário e os estudos tem-se tornado cada vez mais frequentes. A análise envoltória de dados está sendo utilizada para medir a eficiência nos diferentes portos do mundo.

As avaliações de desempenho de eficiência serve como parâmetro para as atividades desenvolvidas nos portos, ou seja, os portos mais eficientes vão se tornando um espelho para os portos ineficientes, e no mundo cada vez mais globalizado esse *benchmarking* nos portos aumenta a competitividade contribuindo para uma diminuição geral de custos.

Os estudos acima referidos utilizaram diversos modelos DEA, ou seja é uma metodologia que se pode utilizar em diversas vertentes de acordo com o que se pretende medir em termos de dados obtidos. A Tabela 2 mostra a síntese dos artigos citados para uma melhor compreensão e visualização.

Tabela 2 - Síntese dos artigos que utilizaram o DEA

Artigo	Autor	Metodologia	Dados	Conclusão
Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis (2001)	Tongzon, José	DEA-Aditivo DEA-CCR	Entradas de navio Contentores, taxa de trabalho no navio/hora, nº de container movimentado por guindaste por hora, nº de guindaste, nº de ancoradores de contentores, nº de rebocadores, área do terminal/m ² , tempo de atraso, nº de empregados da A.P.	Indica que o tamanho do porto ou função por si só não é a principal determinante de eficiência. A ineficiência dos portos apresenta características diferentes quanto ao tipo de carga.
The Measurement of Port Efficiency using Data Envelopment Analysis. (2001)	Valentine e Gray	DEA-CCR	Comprimento total do cais, comprimento total do terminal de contentores Nº contentores; Total carga movimentada	Nesse trabalho os resultados mostraram a capacidade da técnica DEA para lidar com múltiplas entradas e saídas combinadas com a capacidade de adicionar “pesos” que permitirá uma análise significativa. Destaca-se ainda a necessidade de entradas adicionais na equação.
Efficiency changes at major container ports in Japan: A window application of data envelopment analysis (2002)	Itoh, Hidekazu	DEA-Window	Atracadores nº de guindaste área do terminal de container TEUS movimentados	Somente o porto de Tóquio alcançou níveis de eficiência elevado, os outros precisam melhorar sua eficiência.

Incentive Regulation and Efficiency of Portuguese Port Authorities (2003a)	Barros	DEA-CCR DEA-BCC	Nº funcionários Valor dos Ativos Navios Movimento de mercadorias Arqueação bruta Cota de mercado Todos os tipos de carga Preço do trabalho Preço do capital	Neste trabalho, foi analisado a eficiência técnica e alocativa das autoridades portuárias portuguesas, a fim de investigar se a política do estado é atingir os seus objetivos. Os resultados foram na melhor das hipóteses, misturado, o que os levaram a concluir que a regulação por incentivos realizados por órgão regulador do governo, o Instituto Marítimo Portuário não estava a atingir seus objetivos.
An alternative approach to efficiency measurement of sea ports (2004)	Park, Ro-Kyung De, Prabir	DEA-CCR DEA-BCC (4 fases)	Capacidade do cais (nº de navios), Capacidade de movimentação de cargas, cargas movimentadas, navios, receitas, satisfação dos consumidores	Recomenda-se a melhoria da utilização dos portos coreanos para aumentar sua eficiência
Analysing the Relative Efficiency of Container Terminals of Mercosur Using Dea(2006)	Rios e Maçada	DEA-BCC	Gruas, Atracações, rebocadores, área do terminal, funcionários, quantidade de equipamento exterior ao cais TEUs movimentados; média de contentores movimentados (hora/navio)	Nesse estudo concluiu-se que a técnica DEA é uma ferramenta útil para os órgãos reguladores e gestores portuários analisarem a eficiência operacional, mas seria necessária uma análise qualitativa para estabelecer

				uma relação entre os resultados obtidos do modelo DEA e as práticas apontadas pelos executivos
Avaliação da eficiência portuária através de uma modelagem DEA (2006)	Fontes	DEA-BCC	Extensão total do cais acostável, movimentação total de embarcações Movimentação total da carga movimentada	No trabalho verificou-se a existência de portos falso-eficientes. Ficou evidente também que alguns portos são especialistas em algumas atividades como é o caso do porto de Areia Branca, existindo uma relação positiva entre eficiência e a especialização do porto.
The efficiency of European container terminals and implications for supply chain management (2006)	Wang, Teng-fei Culliname, Kevin	DEA-CCR DEA-BCC	Comprimento total do cais área do terminal custo dos equipamentos TEUS movimentados	Produção em larga escala tende a ser associada com maior eficiência Ineficiência permeia a maioria dos terminais em estudo
Análise da eficiência dos portos da região nordeste do Brasil baseada em análise envoltória de dados	Sousa Júnior (2008)	DEA-CCR	Comprimento dos berços Calado admissível Movimentação (em toneladas ou em número de contentores).	O trabalho demonstrou que o porto de Salvador foi o mais eficiente quanto a movimentação de contêineres. Na movimentação de grãos sólidos o porto de “São Luís I” foi o mais eficiente nos 2 cenários analisados. Ficou evidente que os

				portos que não alcançaram eficiência precisam melhorar sua infraestrutura e seus equipamentos e sugere-se um aumento da profundidade nos portos em que for possível e a aquisição de equipamentos modernos.
Productivity Drivers in Japanese Seaports (2008)	Barros e Managi	DEA-CCR DEA-BCC	Nº funcionários; Nº gruas Navios, Granéis sólidos e líquidos, TEUs	Nesse estudo os portos japoneses que adotaram a teoria de procedimentos estratégicos como o “hub” estratégico mostraram-se em média mais eficientes que os demais. Sugere-se que os portos que não alcançaram a eficiência devem adotar procedimentos estratégicos e gerenciais para alcançar a fronteira de eficiência, adotando uma visão com base na gestão de recursos e desenvolvimento crítico em questões estratégicas.
Governance and Comparative Performance of Iberian Peninsula Seaports. An Application of Non-Parametric Techniques (2010)	Carvalho et al.	DEA-CCR DEA-BCC	Cais Funcionários, Gruas, Carga geral, Ro-Ro, Granéis líquidos e sólidos, TEUs e Passageiros	Os resultados comparativos mostraram ineficiência considerável em uma amostra de 33 portos da Península Ibérica. Embora nenhum dos países destaque

				excepcional eficiência, algumas conclusões relevantes podem ser extraídas do estudo. Altas pontuações de ineficiência nesses países são influenciadas não só pela má gestão ou falta de incentivos, mas também pela interferência política prejudicial, problemas de trabalho e / ou de baixo descartabilidade para expandir as áreas portuárias
Seaport performance analysis using robust non-parametric efficiency estimators (2010)	Simões, P. Marques, R. C	DEA robusto não paramétrico e técnicas FDH	CAPEX e OPEX, Carga geral, granéis líquidos e sólidos, passageiros	A mais importante é que pode-se economizar 22% dos seus custos (insumos) pela mesma quantidade de outputs produzidos Níveis altos de ineficiência nos portos estudados

Fonte: elaborada pelo autor

2. Setor portuário português

Portugal conta com uma costa de 963 quilômetros, possui um modelo de gestão que se enquadra no modelo Landlord port², ou seja, a iniciativa privada tem uma forte contribuição nos investimentos da super estrutura, do trabalho e toda parte comercial e operacional dos portos, o setor público investe nos acessos aos portos para que esses estejam em condições de potencializar toda a infraestrutura nos portos, e os concessionários privados investem para ter os terminais mais eficientes, oferecendo um melhor serviço (Monteiro 2003). As cargas são movimentadas na sua maioria por operadores privados através de concessões.

De acordo com o governo português (2014), Portugal em 2013 consolidou a subida das suas exportações que chegaram a cerca de 41,1% do PIB. Portugal teve ainda a maior subida da zona euro entre 2010 e 2013, e sem dúvida os portos portugueses são as principais portas de saída dessas exportações.

De acordo com o IMAPOR (Instituto Mar e Portos, 2014) os principais portos em Portugal são administrados pelas autoridades portuárias conforme a descrição da Tabela 3:

²O Banco Mundial no ano de 2001 propôs 4 modelos de gestão portuária:

Modelo Service Port – Caracteriza-se pelo domínio do setor público, a autoridade portuária oferece todos os serviços de que o porto necessite para funcionar. Todas as atividades relativas as cargas e todos os ativos são de obrigação da autoridade portuária.

Modelo Tool Port - De acordo com o Banco Mundial existe uma divisão entre as responsabilidades no âmbito operacional, cabendo a autoridade portuária que além de deter, desenvolver e manter a infraestrutura e a superestrutura dos portos e o seu equipamento de manusear as cargas

Modelo Landlord Port – Existe uma mescla das competências, a autoridade portuária tem o papel de regular, ou seja, detêm a propriedade mas concessionaria toda a infraestrutura portuária, cabendo aos agentes privados a exploração da área do porto. A autoridade portuária é responsável pela manutenção das infraestruturas.

Modelo Fully Privatized Port - O território do porto é uma propriedade privada, e essas empresas são responsáveis por todas as atividades operacionais e regulamentais, esse modelo é adotado pelo Reino Unido, ou seja é um modelo sem o setor público não interfere nas atividades portuárias.

Tabela 3-Portos portugueses e localização

Autoridade Portuária	Portos
Administração do Porto de Aveiro (APA)	Aveiro
Administração do Porto de Douro e Leixões (APDL)	Douro e Leixões
Administração do Porto de Figueira da Foz (APFF)	Figueira da Foz
Administração do Porto de Lisboa (APL)	Lisboa
Administração do Porto de Setúbal e Sesimbra (APSS)	Setúbal
Administração do Porto de Sines (APS)	Sines

Fonte: Imapor (adaptado pelo autor)

As importações de mercadorias feitas por Portugal, em 2013, foram de 51,4 milhões de toneladas, (Tabela 4), 64,8% deu entrada por via marítima, 30,3% por via terrestre (rodovia), 0,8% por via ferroviária, 0,1% por via aérea e 4,0% por instalações fixas de transporte (gasodutos e oleodutos).

As exportações foram de 36,7 milhões de toneladas (Tabela 5), 58,0% deu saída por via marítima, 39,0% por via terrestre (rodovia), 2,7% por via aérea, e 0,4% por via ferroviária.

Note-se que ao longo dos anos a via marítima é sempre o meio de transporte mais relevante nas importações, e um dos mais relevantes nas exportações.

O valor total das mercadorias exportadas foi de quase 46 mil milhões de euros (Tabela 6) deste valor 55,9% foi proveniente do transporte rodoviário, 37,2% do transporte marítimo e 6,0% do transporte aéreo.

Em relação as mercadorias importadas o valor foi de 54,1 mil milhões de euros (Tabela 7), sendo a via rodoviária responsável por 60,3%, a via marítima 33,2%, a via aérea 3,6% e o transporte ferroviário por 0,06%.

Tabela 4 - Entradas por tipo de transporte. Portugal, 2004-2013. Em toneladas (somente dados declarados pelos operadores internacionais)

	Entradas									
TRANSPORTE	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Rodoviário	13.862.211	14.521.660	14.094.682	15.681.514	14.440.106	14.354.588	14.898.273	14.745.182	15.184.625	15.597.592
Marítimo	37.085.783	38.332.684	37.796.275	36.984.356	34.553.067	32.950.450	32.422.862	31.622.892	32.651.992	33.324.554
Aéreo	44.471	42.691	120.697	40.640	38.540	44.070	117.646	34.378	29.391	33.920
Outros*	2.468.653	2.569.781	2.051.492	1.997.690	2.535.228	2.014.473	380.162	1.669.107	1.934.316	20.63.974
Não Identificado					x	367.330	2.085.756	345.889		
Ferrovário										390.229
Total	53.461.119	55.466.816	54.063.146	54.704.200	51.566.941	49.730.910	49.904.698	48.417.448	49.800.324	51.410.269

Fonte: Instituto Nacional de Estatística (INE, 2015)

Nota: * Inclui transporte ferroviário, instalações fixas de transportes e propulsão própria. Em 2013, transporte ferroviário foi contabilizado separadamente.

Tabela 5 - Saídas por tipo de transporte. Portugal, 2004 - 2013. Em toneladas (somente dados declarados pelos operadores internacionais)

	Saídas									
TRANSPORTE	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Rodoviário	12.640.500	13.611.299	14.527.451	15.835.104	13.242.008	11.488.327	12.175.902	12.476.901	12.733.138	14.318.588
Marítimo	9.186.553	10.620.615	11.962.306	12.284.812	13.143.116	12.724.643	15.162.635	15.760.879	18.066.187	21.306.578
Aéreo	289.420	296.797	267.284	386.570	514.760	747.991	821.237	869.835	913.246	974.846
Outros	203.720	176.710	218.245	260.115	700.684	175.753	314.211	99.821	183.030	2.260
Não Identificado					x	206.512	172.209	334.257		
Ferrovário										150.629
Total	22.320.194	24.705.420	26.975.285	28.766.600	27.600.568	25.343.226	28.646.193	29.541.694	31.895.601	36.752.901

Fonte: Instituto Nacional de Estatística (INE, 2015)

Tabela 6 - Entradas por tipo de transporte. Portugal, 2004 - 2013. Em euros (somente dados declarados pelos operadores internacionais)

Entradas										
TRANSPORTE	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Rodoviário	29.881.204	29.725.300	32.363.170	35.045.228	33.719.553	29.926.369	31.596.605	32.258.605	32.170.067	32.642.812
Marítimo	404.033	14.229.523	15.710.734	16.571.882	19.050.502	12.954.213	15.992.707	18.043.056	18.038.256	17.987.154
Aéreo	2.115.518	2.062.754	2.240.602	2.459.920	2.120.341	1.883.041	2.072.384	1.886.887	2.005.855	1.974.262
Outros	1.451.859	1.626.771	1.541.968	1.424.387	2.334.193	1.659.210	478.774	1.067.708	1.246.153	1.202.836
Não Identificado					1522614	559.070	1.612.569	526.774		
Ferrovário										321.874
Total	45.861.484	47.644.348	51.856.473	55.501.416	57.224.588	46.981.904	51.753.039	5.378.031	53.460.331	54.128.938

Fonte: Instituto Nacional de Estatística (INE, 2015)

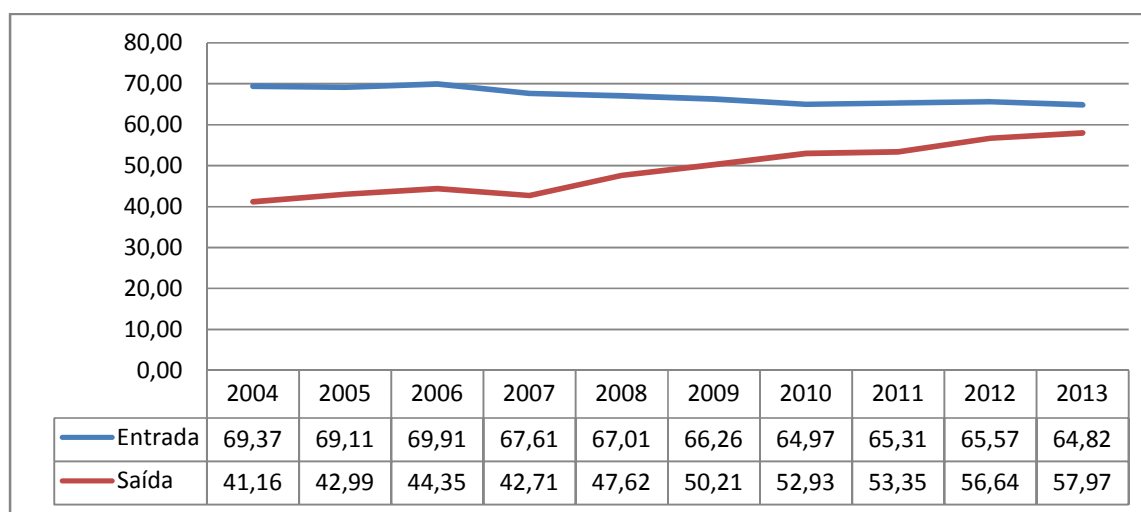
Tabela 7 - Saídas por tipo de transporte. Portugal, 2004 - 2013. Em euros (somente dados declarados pelos operadores internacionais)

Saídas										
TRANSPORTE	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Rodoviário	20.051.375	19.986.497	21.888.200	23.761.469	21.520.297	18.366.646	20.737.838	23.180.080	24.593.231	25.665.351
Marítimo	7.133.559	7.460.926	9.178.683	10.061.006	11.127.109	9.443.273	11.557.543	13.894.204	15.879.091	17.079.233
Aéreo	1.899.884	1.870.665	2.457.578	2.791.002	2.809.700	1.490.397	1.890.615	2.559.099	3.040.677	2.776.421
Outros	491.632	361.972	220.665	143.183	357.158	93.747	301.624	275.277	515.904	64.591
Não Identificado					924.930	278.835	127.671	396.042		
Ferrovário										365.465
Total	29.576.450	29.680.060	33.745.125	36.756.660	35.814.264	29.672.898	34.615.291	40.304.703	44.028.903	45.951.061

Fonte: Instituto Nacional de Estatística (INE, 2015)

De acordo com a Figura 1 que mostra a evolução das importações e exportações, em volume no período estudado, por via marítima, observa-se um aumento no movimento das exportações e ao mesmo tempo um decréscimo das importações no mesmo período. Entretanto a atividade dos portos portugueses, vem se destacando entre os demais meios de transporte, principalmente nos últimos 4 anos com o reforço de movimentação de saída de mercadorias.

Figura 1 - Peso das exportações (saídas) e importações (entradas) por via marítima. Portugal, 2004 - 2013. Em %



Fonte: Instituto Nacional de Estatística (INE, 2015)

3. Descrição dos portos portugueses

Os portos portugueses estão situados no litoral do oceano atlântico constituindo uma porta de entrada para o continente europeu.

Nesse contexto, Portugal tem uma vantagem que pode ser explorada com a máxima eficiência, pois pode atuar como a porta de entrada ou saída da Europa de/para as demais regiões, podendo tornar-se um porto “hub”, principalmente o porto de Sines que é um porto de águas profundas, o que propicia o atracamento de navios maiores.

Além do porto de Sines, Portugal conta com outros portos importantes que dão suporte à sua economia, como os portos de Aveiro, Douro e Leixões, Setúbal e Lisboa, além de outros portos secundários.

Portugal teve, desde sempre, uma vocação natural para o mar, e isso é um aspecto cultural importante para o seu desenvolvimento econômico.

3.1. Porto de Aveiro³

O Porto de Aveiro possui 5 Km de acostagem e localiza-se no distrito de Aveiro, na região centro do país, é administrado pela APA (Administração do Porto de Aveiro).

Este porto está ligado à capital, Lisboa, pela A1, e tem acesso às cidades do interior e a Espanha pela A25 e pela A29, podendo tornando-se assim uma importante rota para a ligação com os demais países europeus. Sendo um importante veículo de desenvolvimento para a economia regional, integra um “*hinterland*”⁴ importante para a transação de mercadoria, uma vez que é um porto onde o acesso é feito sem muito congestionamento e isso faz com que se torne mais eficiente.

O porto de Aveiro conta ainda com uma infraestrutura ferroviária que possibilita uma melhor fluidez das cargas, para o resto da Europa.

No que diz respeito à sua logística, o porto está bem distribuído no seu espaço físico e isso é um valor importante para um desempenho otimizado da sua utilização. O porto está dividido em 7 (sete) terminais especializados e 2 (duas) zonas logísticas intermodais.

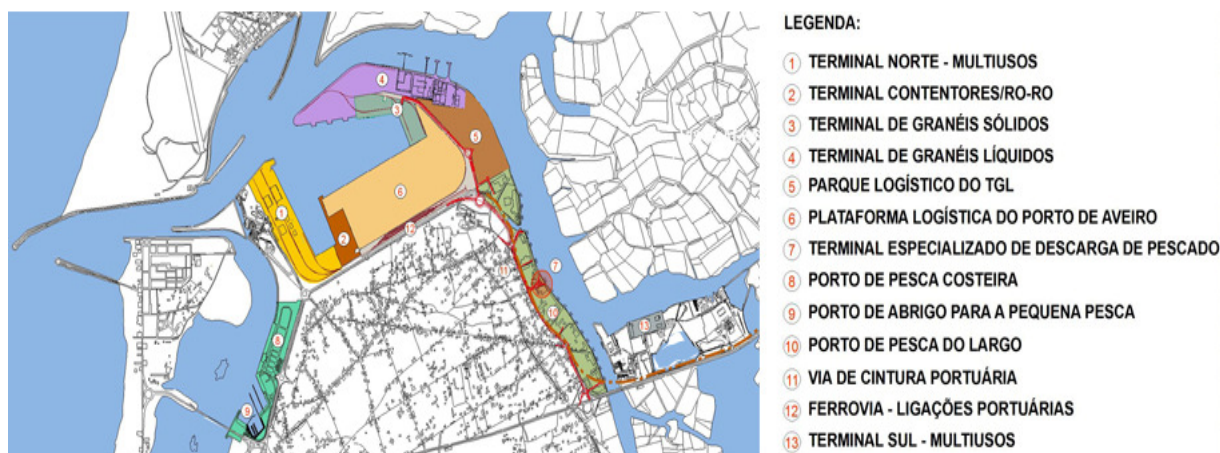
O porto pode oferecer serviços variados recorrendo a terminais de cargas sólidas, líquidas, contentores multiusos e de apoio à pesca. Para apoio do movimento de cargas possui instalações adequadas para cargas geral (fracionada, contentorizada e ro-ro), para granéis sólidos e granéis líquidos. De destacar que figura entre os 5 (cinco) maiores portos em Portugal, no que diz respeito ao movimento de cargas.

³ Informações obtidas na página eletrônica do porto de Aveiro, para detalhes ver: www.portodeaveiro.pt

⁴ Definido por Rodrigues & Notteboom (2010) como locais que se conectam ao porto em detrimento do trânsito das mercadorias, vinculando esse mesmo porto ao território onde se relaciona com os clientes e usuários, onde compram e vendem essas mercadorias, fornecendo uma logística que integra esses mesmos atores, ou seja é toda uma área de influência do porto, onde ele pode transacionar suas mercadorias e podendo ainda atrair novos clientes.

Na Figura 2 pode-se ter uma melhor visualização da capacidade do porto de Aveiro.

Figura 2 - Planta do Porto de Aveiro



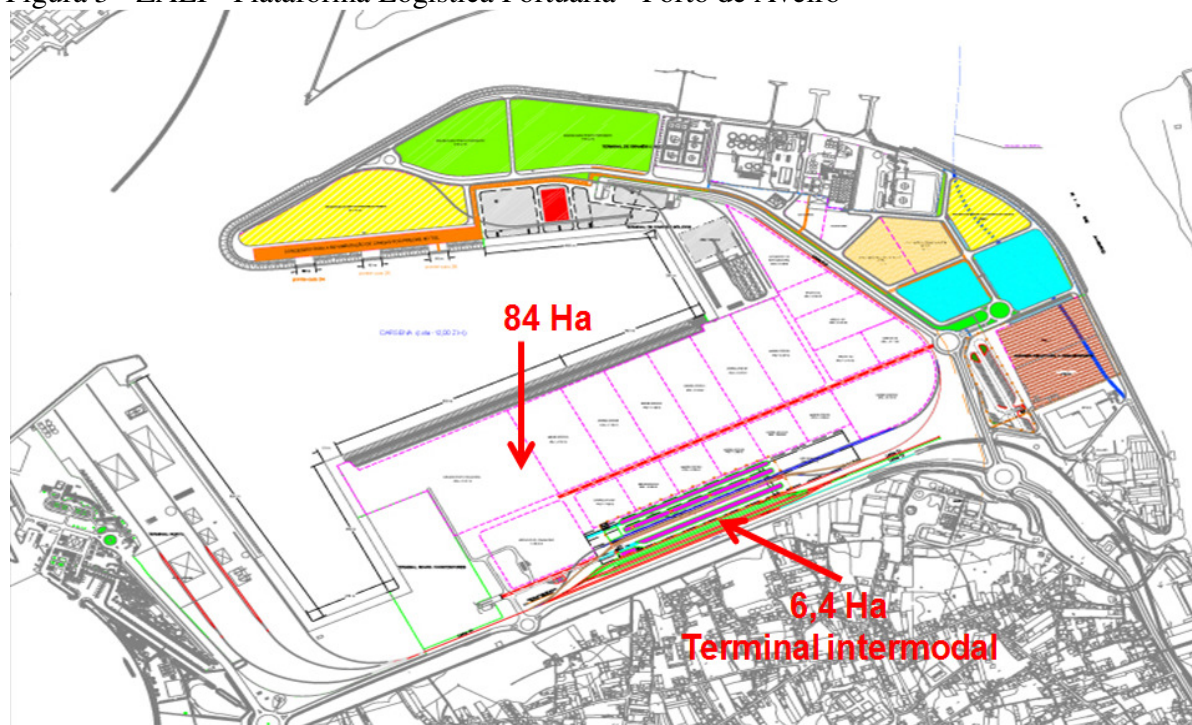
Fonte: APA

O porto de Aveiro apresenta, no entanto, algumas limitações. Tem um calado entre 9 m e 9,5 m, que só comporta navios até 150 metros de comprimento sendo um porto de porte médio, segundo a classificação marítima de transportes.

As duas zonas logísticas intermodais associadas a este porto são: a ZALI (zona de atividades logísticas e industriais) e a Plataforma Multimodal (ferroviária) de Cacia (29.3 hectares de armazenamento/estacionamento) que está localizada a 8.8 km do porto de Aveiro sendo uma importante plataforma de ligação com os centros logísticos espanhóis de Valência, Zaragoza, Barcelona, Tarragona e a capital Madrid alargando assim sua eficiência.

Nesse contexto o porto é um desenvolvedor da região em que está localizado, tornando-se uma importante plataforma de transição do sistema terrestre para o sistema marítimo e vice-versa, deixando de ser apenas um entreposto de carregamento e descarregamento. A Figura 3 ilustra, o que foi citado anteriormente.

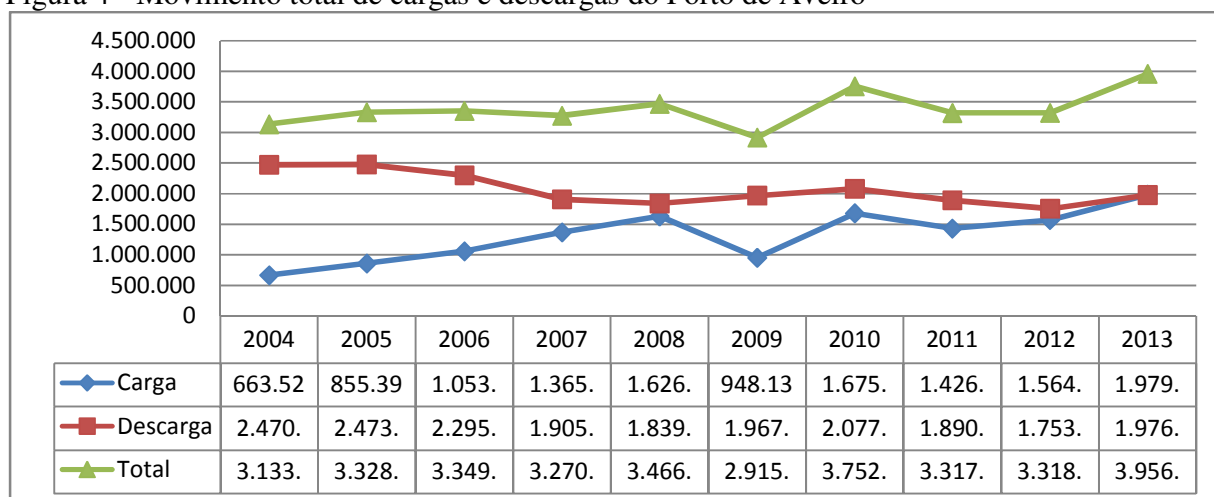
Figura 3 - ZALI - Plataforma Logística Portuária - Porto de Aveiro



Fonte: APA

A Figura 4 mostra o número de carga e descarga no porto de Aveiro entre os anos de 2004 e 2013, onde se verifica um aumento de 26,25% de cargas movimentadas no período citado.

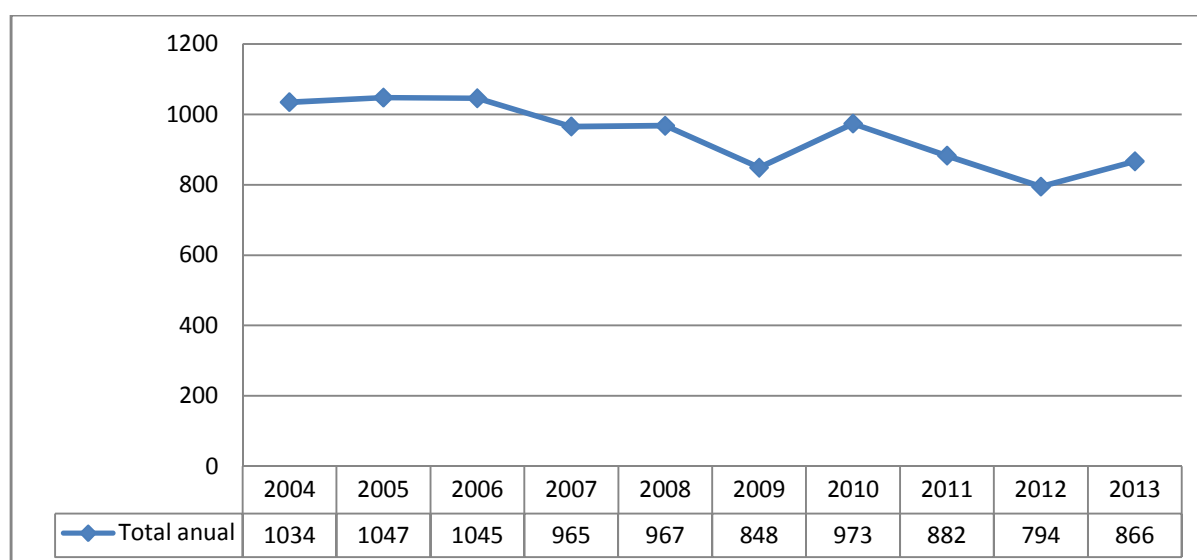
Figura 4 - Movimento total de cargas e descargas do Porto de Aveiro



Fonte: IMAPOR

A Figura 5 mostra o número de embarcações no porto de Aveiro entre os anos de 2004 e 2013, onde se verifica uma redução de 16,25% no período.

Figura 5 - Movimento total anual de embarcações no Porto de Aveiro



Fonte: IMAPOR

3.2. Porto de Leixões⁵

Leixões é um porto moderno localizado no norte de Portugal que conta com uma infraestrutura adequada para operações portuárias, possui acessos por vias rodoviárias e ferroviárias, 7 km de cais e conta com sofisticados sistemas informáticos de gestão.

Este porto tem uma ótima localização (*hinterland* rico em indústria e comércio), os serviços de pilotagem, reboque e amarração são assegurados pela APDL (Administração Portuária do Douro e Leixões) e o movimento das cargas é feita por empresas concessionadas.

O porto de leixões está ligado a rede ferroviária que circunda a cidade do Porto e tem acesso ao IP1e IP4.

⁵Informações obtidas na página eletrônica do porto de Douro e Leixões, para detalhes ver: www.apdl.pt

Este porto possui vários terminais (petroleiros, contentores, *roll-on/rol-off* e multiusos) e cais (convencionais de carga geral e sólidos, de movimentação de granéis líquidos) além de doca de pesca, doca de recreio, instalações especializadas (silos, depósitos e armazéns) e estação de passageiros. É, desta forma, um porto multifuncional que movimenta navios com cargas gerais, de contentores, navios *roll-on/roll-off*.

É um porto voltado para o crescimento da região, e a sua gestão apresenta uma preocupação particular com a sustentabilidade, aspecto relevante para a sua eficiência. É dotado de diversos equipamentos tanto a nível marítimo com a nível terrestre, o que o torna um porto moderno e voltado para a dinâmica intermodal.

Possui um plano estratégico (2004 – 2015) para modernizar e alavancar com mais eficiência a sua estratégia de desenvolvimento, melhorando a sua logística com o objetivo de se tornar um porto voltado para o desenvolvimento e com isso melhorar sua competitividade a nível nacional e internacional.

Leixões tem-se destacando no cenário nacional, principalmente, no movimento de cargas contentorizadas, pois em 2012 tornou-se o maior exportador de cargas deste segmento. Esta evolução é uma tradução do que o porto vem desempenhando um trabalho com qualidade e eficiência.

É um porto moderno que conta com uma boa infraestrutura com equipamentos modernos que permitem uma maior agilidade nas movimentações de carga e descarga dos navios, melhorando a logística portuária, satisfazendo assim todos os seus usuários. Tem uma importância significativa para a região norte do país, desenvolvendo as cidades em seu entorno, promovendo uma maior integração da comunidade com as atividades portuárias.

Na Figura 6 fica melhor esclarecida a capacidade da infraestrutura do porto de leixões e sua logística.

Figura 6 - Plataforma logística de Leixões

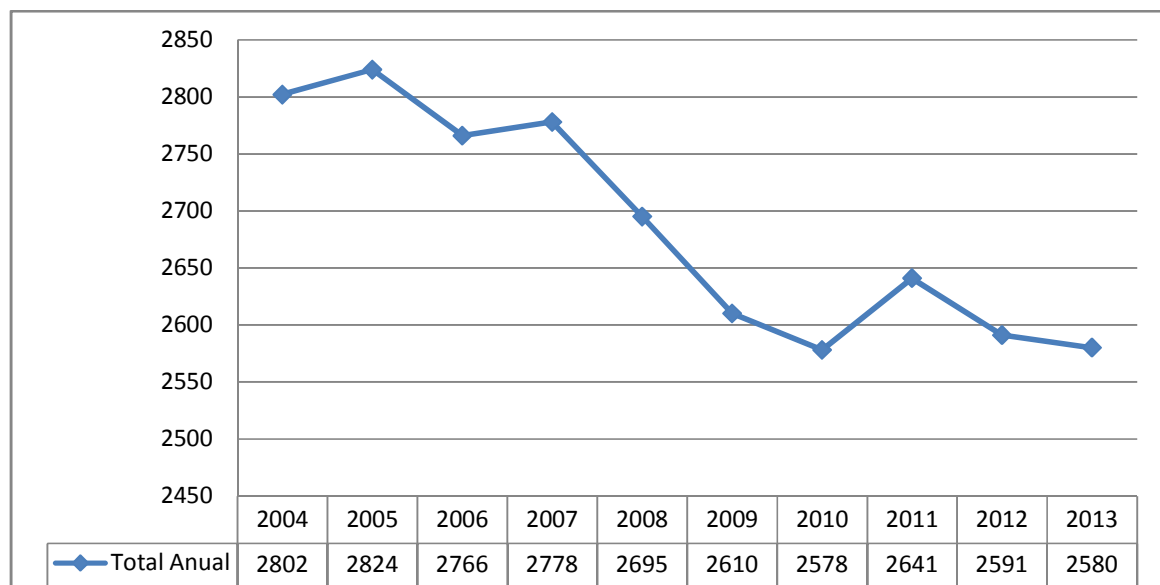


Fonte: APDL

Na Figura 7 observa-se que, está demarcada toda a parte que envolve a cintura portuária (vermelho), a via-férrea (tracejada), um novo acesso rodoviário (amarelo) e um corredor (laranja) de Leça a Matosinhos, isso significa que os trabalhos que estão sendo desenvolvidos estão melhorando as condições de tráfego nos portos e isso traduz uma melhor eficiência na logística portuária, permitindo assim que este porto se torne mais competitivo e atrativo para os seus usuários, influenciando a prospecção de novos usuários.

Na Figura 9 observa-se o número de embarcações no porto de Leixões entre os anos de 2004 e 2013, onde se verifica uma redução de 7,92% no período.

Figura 9 - Movimento total anual de embarcações no Porto de Leixões



Fonte: IMAPOR

3.3. Porto de Lisboa⁶

O porto de Lisboa localiza-se na foz do rio Tejo, está em uma área privilegiada (entroncamento das principais rotas do atlântico e mundial), é um importante porto que comporta uma estrutura moderna, com atividades multifuncionais no que diz respeito à sua funcionalidade. As suas atividades portuárias, nas duas margens do rio, são granéis líquidos, granéis sólidos, cargas contentorizada, *roll-on/roll-off* e cargas fracionadas, além disso possui 3 terminais de cruzeiros marítimos (que movimenta milhares de turistas durante todo o ano).

Segundo a APL (Administração do Porto de Lisboa, S.A.) o porto de Lisboa possui aproximadamente 43 km de comprimento, e influência de modo direto e indireto a economia de 11 municípios na margem norte e sul do rio Tejo, esses municípios são, nomeadamente, os seguintes:

⁶Informações obtidas na página eletrônica do porto de Lisboa, para detalhes acessar: www.portodelisboa.pt

Lisboa, Oeiras, Loures, Vila Franca de Xira, Benavente, Alcochete, Montijo, Moita, Barreiro, Almada e Seixal.

O porto de Lisboa possui uma logística que permite uma integração com os transportes terrestres (rodoviário e ferroviário) facilitando assim o escoamento de cargas para o interior da Europa. Este acesso às vias rodoviárias e ferroviárias existe nos dois lados do rio Tejo o que qualifica o porto de Lisboa como importante para o comércio ibérico.

É um porto devidamente equipado para as suas atividades, para além de dar uma importante contribuição para as exportações portuguesas, o porto de Lisboa é um grande complexo logístico que tem uma grande importância não somente para a cidade onde está inserido como também para as cidades que circundam Lisboa e prosperam conjuntamente como porto. É um porto que tem investido em tecnologias para fomentar o seu crescimento, procurando sempre meios para aumentar a sua eficiência, principalmente nas questões ambientais, perspectivando toda a sua estratégia de desenvolvimento em simbiose com o meio ambiente, o que só gera benefícios para toda a população.

Na Figura 10, observa-se a vista aérea do porto de Lisboa, para perceber-se a sua potencialidade.

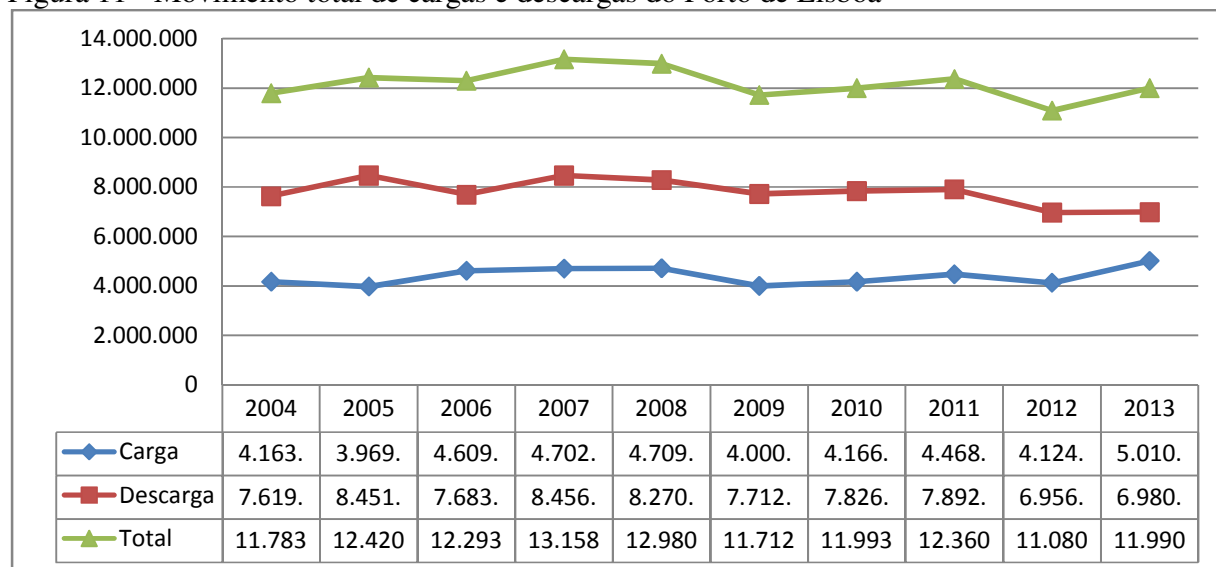
Figura 10 - Vista aérea do Porto de Lisboa



Fonte: APL

A Figura 11 demonstra o número de carga total movimentada no porto de Lisboa entre os anos de 2004 e 2013 atingindo seu ápice em 2007. No período de 2004 para 2013 verifica-se um aumento de apenas 1,75%.

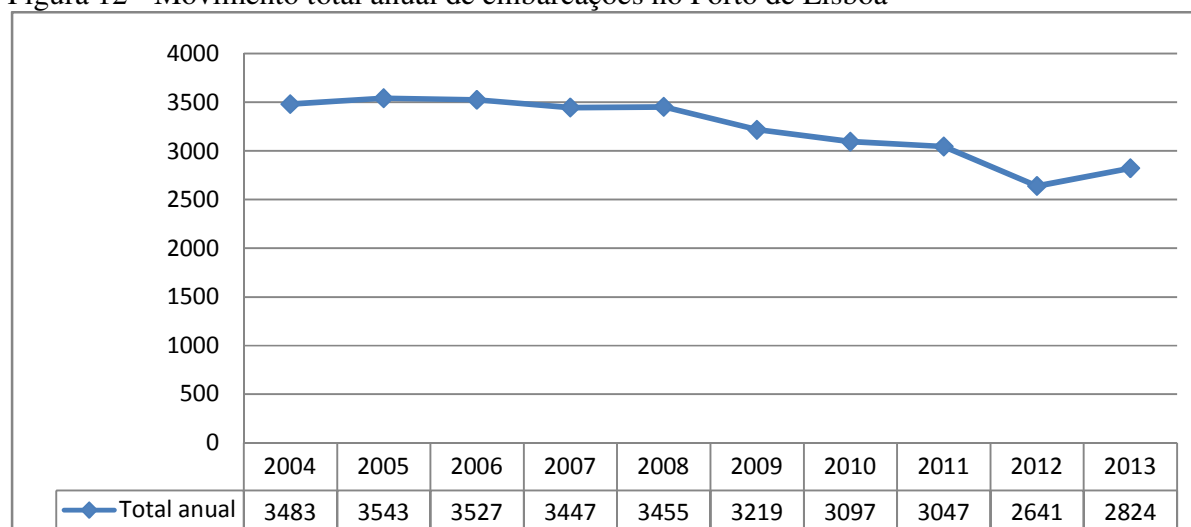
Figura 11 - Movimento total de cargas e descargas do Porto de Lisboa



Fonte: IMAPOR

O número de embarcações no porto de Lisboa entre os anos de 2004 e 2013 atingindo seu ápice em 2007. Note-se que de 2004 para 2013 se verifica uma redução de 16,25% (conforme Figura 12).

Figura 12 - Movimento total anual de embarcações no Porto de Lisboa



Fonte: IMAPOR

3. 4. Porto de Setúbal⁷

É um porto que está localizado próximo à capital, cerca de 40km, está integrado na rede ferroviária e rodoviária, e apoia uma plataforma logística (agrega valor e benefícios as empresas em seu entorno) em torno a qual estão localizadas empresas que utilizam terminais de uso privado e público.

O porto de Setúbal é administrado pela APSS (Administração Portuária de Sesimbra e Setúbal), e congrega uma área de 11 km onde todas as atividades ligadas ao sector de comércio marítimo são realizadas, tem uma excelente estrutura para a movimentação interna e externa de cargas e mercadorias em geral.

Movimenta cargas do tipo fracionada, granéis sólidos, granéis líquidos, contentores, roll-on/roll-off.

Nas Figuras 13 e 14 as imagens do porto de Setúbal:

Figura 13 - Vista aérea do Porto de Setúbal



Fonte: APSS

⁷Informações obtidas na página eletrônica do porto de Setúbal, para detalhes acessar: www.portodesetubal.pt

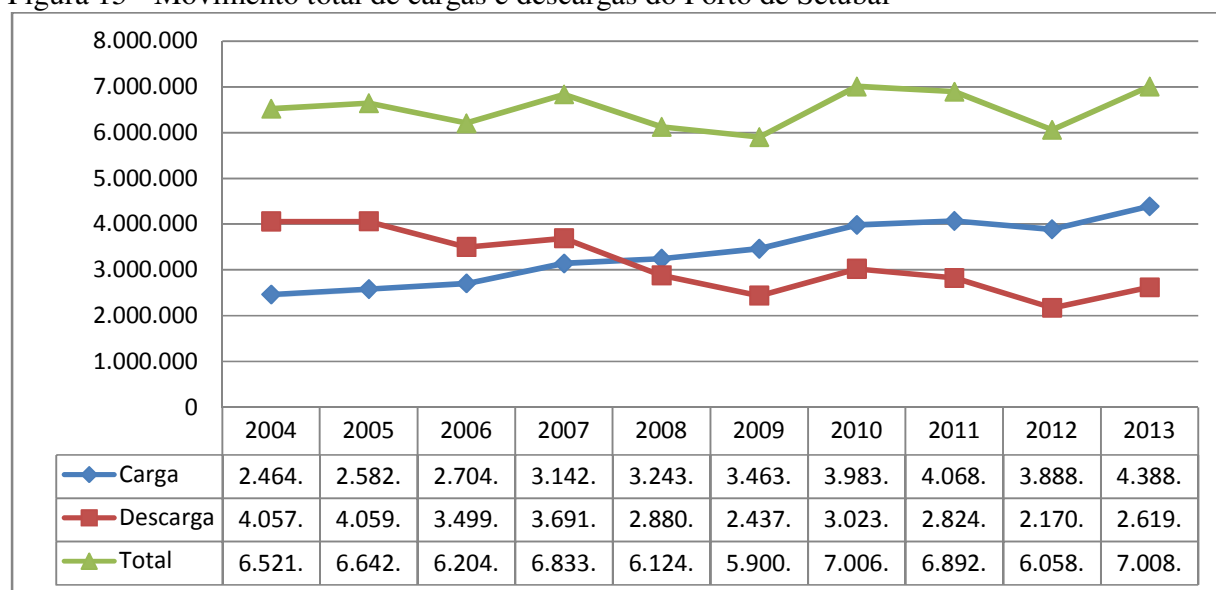
Figura 14 - Vista do Porto de Setúbal



Fonte: APSS

A Figura 15 mostra o número de cargas movimentadas no porto de Setúbal entre os anos de 2004 e 2013, verifica-se um aumento de carga total na ordem dos 7,46% em relação ao ano de 2004.

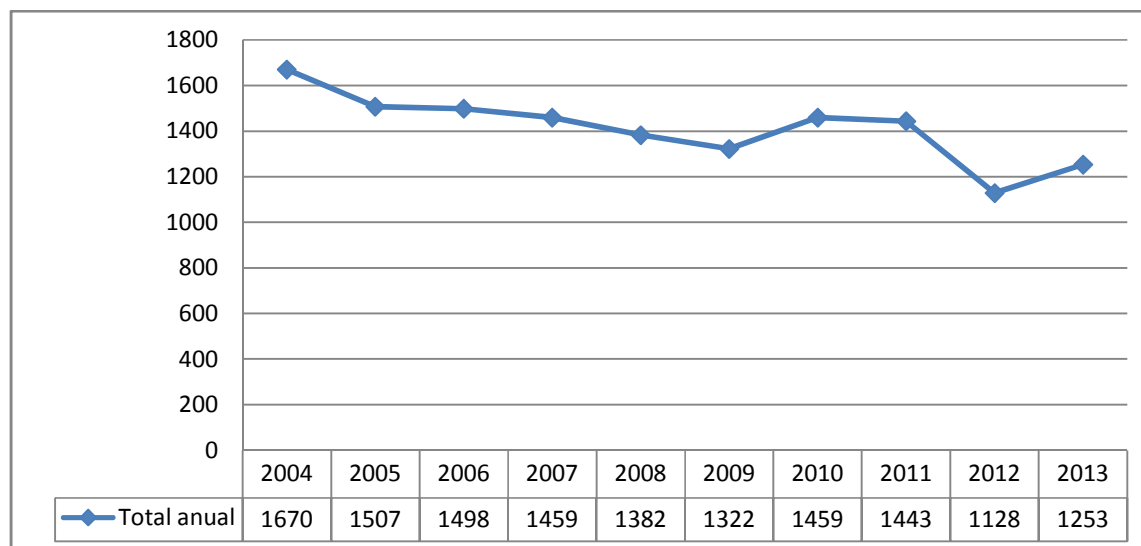
Figura 15 - Movimento total de cargas e descargas do Porto de Setúbal



Fonte: IMAPOR

A Figura 16 demonstra o número de embarcações no porto de Setúbal entre os anos de 2004 e 2013, onde verifica-se uma redução de 24,97% neste período.

Figura 16 - Movimento total anual de embarcações no Porto de Setúbal



Fonte: IMAPOR

3. 5. Porto de Sines⁸

É um moderno porto que dista 150 km da capital do país, com grande capacidade para receber navios de grande porte, tem uma infraestrutura tecnológica e equipamentos de ponta, que permite que o porto esteja na linha da frente entre os portos modernos da europa.

De acordo com a APS (Administração do Porto de Sines S.A.), o porto de Sines, é o principal porto da fachada ibero-atlântica e configura-se como um importante porto de cargas contentorizadas e geral.

O porto é extremamente competitivo, pois possui um enorme potencial que influencia as cidades no seu entorno e algumas cidades da Espanha, isso devido a seu *hinterland*. O porto está estrategicamente situado em uma das maiores rotas internacionais o que proporciona que o porto de Sines seja muito competitivo, permitindo que atue como um *hub*.

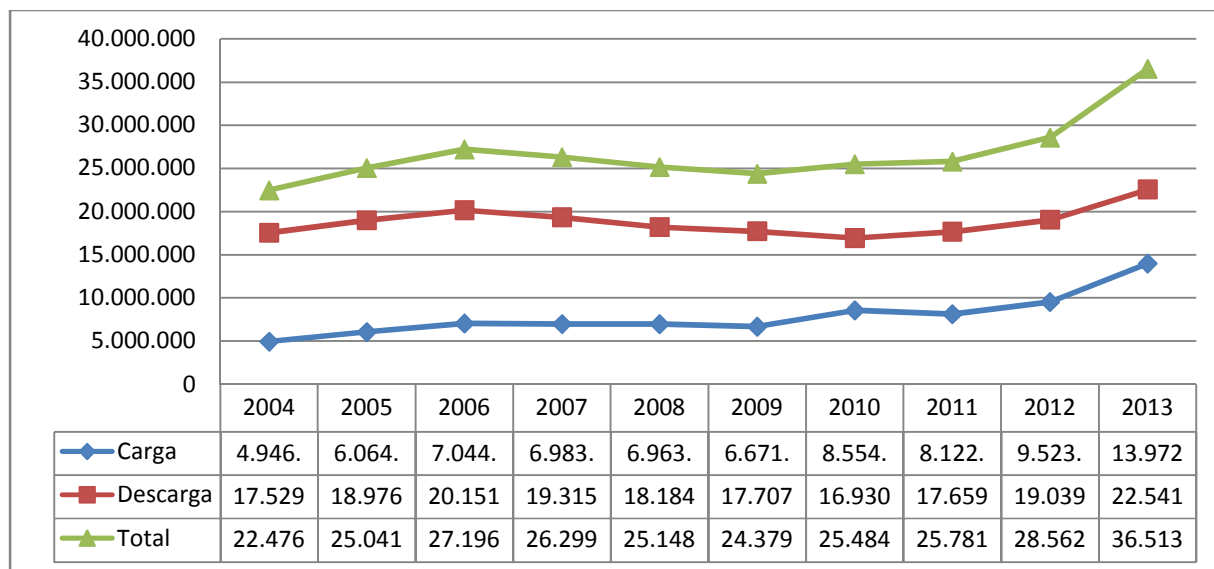
⁸Informações obtidas na página eletrônica do porto de Sines, para detalhes acessar: www.portodesines.pt

É um porto com bons acessos, tanto por rodovias como ferrovias, o que agrega valor para que se possa afirmar como um porto moderno. As atividades portuárias são diversificadas desenvolvendo-se em terminais de carga geral, *roll-on/roll-off*, granéis sólidos, granéis líquidos, gás natural, contentores e petroquímica. É um porto com um grande portfólio de atividades e capacidade de oferta.

Sines é um porto que tem uma enorme possibilidade de crescimento, isso atrai cada vez mais empresas, o que lhe atribui um grande potencial e dá-lhe destaque no cenário internacional.

O número total de cargas movimentadas no porto de Sines entre os anos de 2004 e 2013 encontra-se representado na Figura 17, verificando-se um aumento de 62,45% de carga total em relação ao ano de 2004.

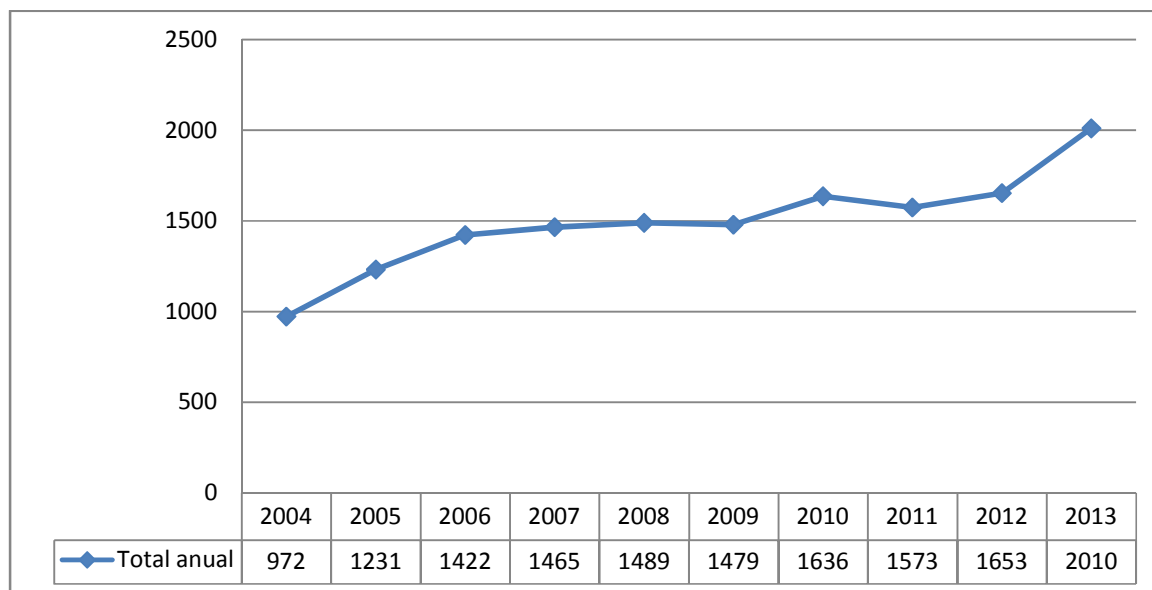
Figura 17 - Movimento total de cargas e descargas do Porto de Sines



Fonte: IMAPOR

Os dados da Figura 18 demonstra o número de embarcações no porto de Sines entre os anos de 2004 e 2013, onde se verifica um aumento de 106,79% no período.

Figura 18 - Movimento total anual de embarcações no Porto de Sines



Fonte: IMAPOR

3. 6. Porto de Figueira da Foz⁹

O Porto de Figueira da Foz localiza-se no distrito de Coimbra, contribuindo para o desenvolvimento econômico daquela região, este porto integra uma infraestrutura que incorpora o chamado corredor ibérico (que movimenta mercadorias para o resto da Europa), tal como o porto de Aveiro, acedendo a rodovias importantes e a ligações ferroviárias nacionais que convergem com a rede ferroviária da Espanha.

O porto possui zonas portuárias onde operam diferentes tipos de cargas: terminal de cargas geral; terminal de granéis sólidos; terminal de recepção produtos betuminosos; marina de recreio; porto de pesca costeira e doca dos bacalhoeiros.

⁹Informações obtidas na página eletrônica do porto de Figueira da Foz, para detalhes acessar: www.portofigueiradafoz.pt

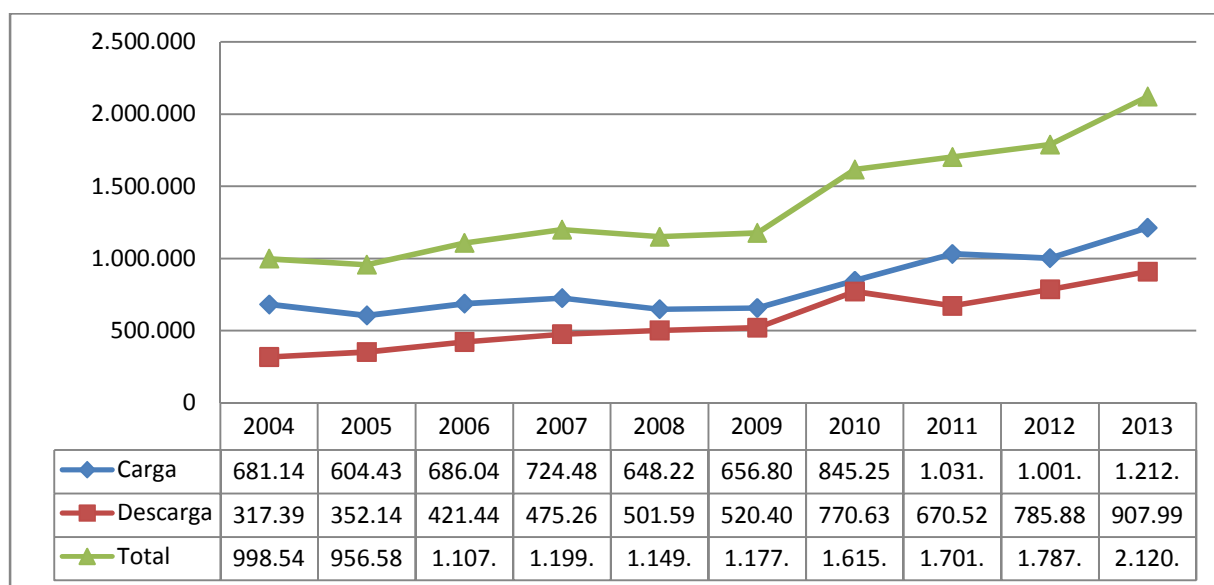
Figura 19 - Vista aérea do Porto de Figueira da Foz



Fonte: APFF

A Figura 20 demonstra o número de carga e descarga no porto de Figueira da Foz entre os anos de 2004 e 2013, onde se verifica um aumento de 112,31% de carga total movimentada em relação ao ano de 2004.

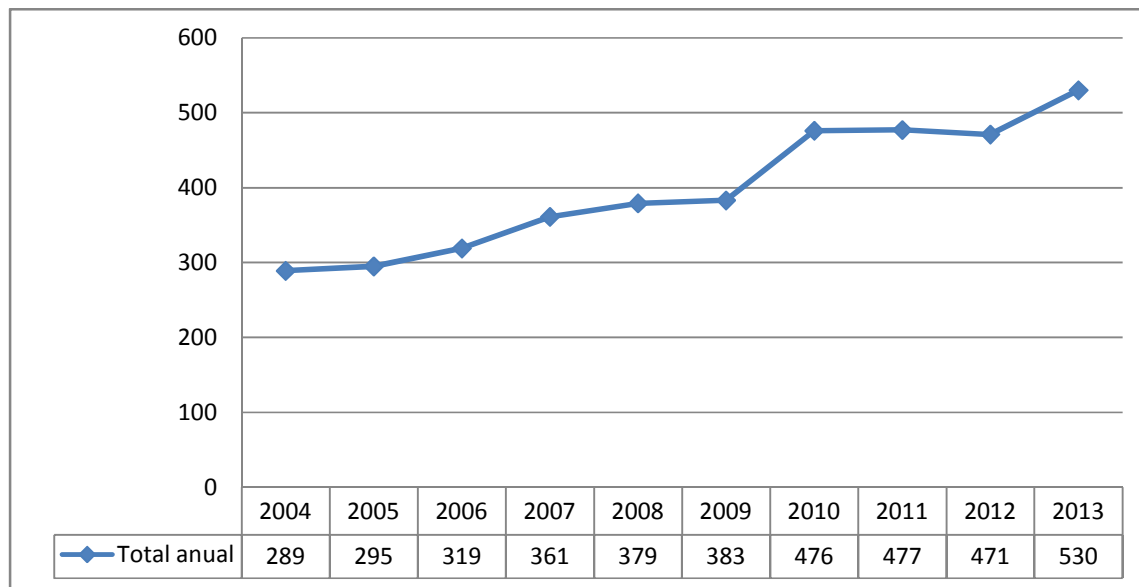
Figura 20 - Movimento total de cargas e descargas do Porto de Figueira da Foz



Fonte: IMAPOR

A Figura 21 demonstra o número de embarcações no porto de Figueira da Foz entre os anos de 2004 e 2013, onde verifica-se um aumento de 83,39%.

Figura 21 - Movimento total anual de embarcações no Porto de Figueira da Foz



Fonte: IMAPOR

Capítulo II – Metodologia

4. Área de estudo

A área delimitada para o estudo foi os portos portugueses, nomeadamente os portos de: Aveiro, Figueira da Foz, Lisboa, Leixões, Setúbal e Sines. Estes portos ficam situados no oceano atlântico, que é uma porta de entrada para Europa das mercadorias e passageiros oriundos dos demais países.

A localização destes portos é estratégica, pois são portos que têm uma grande probabilidade de angariar o tráfego ao seu redor, captando assim mais rotas para o seu desenvolvimento no setor marítimo português. Portugal é um país em que o setor marítimo faz parte da sua história e cultura desde sempre.

5. Fonte de dados

Os dados foram obtidos através dos sites das autoridades portuárias dos portos portugueses e dados da comunidade europeia.

6. Modelo DEA

A técnica DEA (Data Envelopment Analysis), consiste numa técnica não paramétrica que permite calcular a eficiência e que está sustentada numa programação linear entre todas as DMU (unidades tomadoras de decisão). Essa técnica mostra uma fronteira de eficiência, onde a relação entre os produtos (outputs) e os insumos (inputs) devem alcançar essa fronteira para estar em um “estado” ótimo da sua relação entre a quantidade produzida e seus recursos, ou seja, tem que produzir o máximo em relação ao seu insumo.

6.1. Modelo CCR

Inicialmente, o modelo CCR foi desenvolvido com orientação ao *input*, ou seja, uma variação no *input*, resultará em uma variação no *output*, devido aos retornos crescentes à escala.

$$\max h_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^n v_i x_{ik}} \quad (1)$$

sujeito a

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^n v_i x_{ik}} \leq 1, \quad k = 1, \dots, n$$

$$u_j, v_i \geq 0 \quad \forall_{i,j}$$

6.1.1. CCR com orientação ao consumo

Nesta orientação o que se procura é fazer com que haja uma minimização do consumo de *inputs* fazendo com que o nível de produção estabelecido continue pelo menos o mesmo, na equação 2 é maximizar o somatório de Y (quantidades produzidas) multiplicados por U (pesos).

Essa fórmula de maximização da DMU (k) estão sujeitas a duas restrições. A primeira, que significa que o somatório de Y multiplicado por U dos *outputs*, subtrai o somatório da multiplicação dos *inputs* pelos pesos (V), não poderá ser maior que zero (0), então a DMU que atingir o índice zero, será considerada uma DMU eficiente nesse caso.

Na segunda é que o somatório de Y multiplicado pelo peso (U), para a DMU k, é igual a 1. Com essa restrição fica explícito então que para a DMU k será considerada eficiente, h_k tem que ser igual a 1, depois de resolvido o PPL (problema de programação linear) para as DMUs investigadas o índice encontrado for menor que 1, será considerada uma DMU ineficiente.

$$\max h_k \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \quad (2)$$

Sujeito a

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

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

$$u_r, v_i \geq 0$$

Onde;

h_k = eficiência da DMU k , que estará sendo analisada

y = *outputs*;

x = *inputs*;

u = pesos (preços) dos *outputs*

v = pesos (preços) dos *inputs*

$r = 1, \dots, m$

$i = 1, \dots, n$

$j = 1, \dots, N$

Este modelo que foi transformado numa equação de programação linear, por derivação matemática, dado que em sua origem o programa apresentava-se de modo fracionário, pode ser chamado de modelo dos multiplicadores (primal) orientado ao *input*. É um modelo que permite desenvolver o seu modelo do envelope (dual) por intermédio do teorema da dualidade forte que de acordo com Bregalda e Bornstein (1981) apresentará o mesmo valor ótimo para a função objetivo quando esse existir. A equação (3) mostra o modelo do envelope linearizado.

Min θ

$$\theta x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0 \quad (3)$$

$$-y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0$$

$$\lambda_k \geq 0 \quad \forall k$$

Onde:

θ – Eficiência

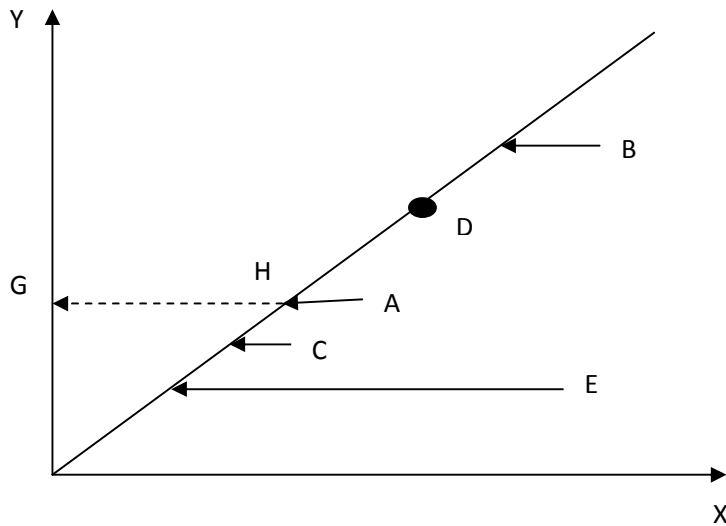
λ_k - k-ésima coordenada da DMU 0 em uma base formada pelas DMU de referência

X_{ik}, Y_{jk} - Insumos i e produtos j da DMU k

X_{i0}, Y_{j0} - Insumos i e produtos j da DMU em análise

O exemplo da Figura 22 (utilizou-se 1 insumo e 1 produto) demonstra a fronteira de eficiência no modelo DEA-CCR com orientação *aoinput*, evidencia-se que nesse caso a única DMU eficiente é a D (pois está na fronteira eficiente), enquanto as demais estão abaixo dessa fronteira. As DMUs terão que reduzir (indicadas pela seta) proporcionalmente os *inputs* para tornarem-se eficientes, ou seja, a eficiência da DMU A é (GH/GA).

Figura 22 - Fronteira de eficiência no modelo DEA - CCR com orientação a *input*



6.1.2. Modelo CCR com orientação ao produto

Nesse modelo a equação linearizada (4) tem como seu alvo fazer com que o nível de produção sejam maximizados, para tal fim também se utiliza o máximo dos seus *inputs*.

$$\min h_k \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} \quad (4)$$

Sujeito a

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

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

$$u_r, v_i \geq 0$$

Onde:

h_k = eficiência da DMU k , que estará sendo analisada

y = produtos;

x = insumos;

u = pesos (preços) dos *outputs*

v = pesos(preços) dos *inputs*

$r = 1, \dots, m$

$i = 1, \dots, n$

$j = 1, \dots, N$

Pode-se encontrar o dual desse modelo, deduzindo-o como apresentado nas equações (5).

$$\text{Max } \theta \quad (5)$$

Sujeito a

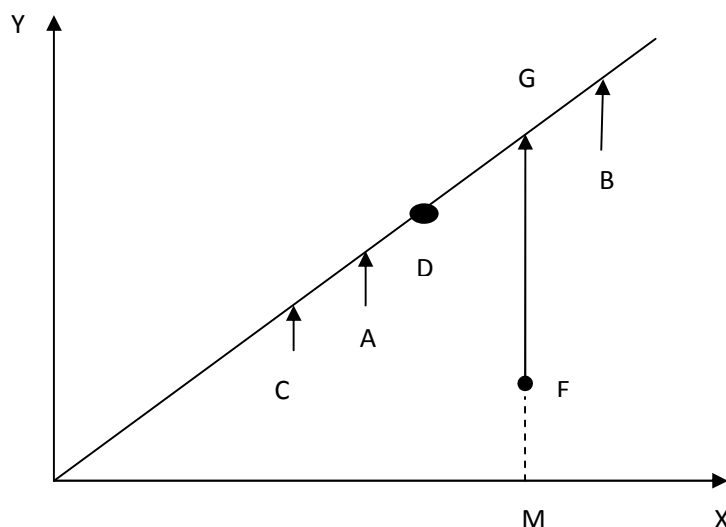
$$x_{io} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0$$

$$-\theta y_j o + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0$$

$$\lambda_k \geq 0 \quad \forall k$$

O exemplo da Figura 23 (utilizou-se 1 insumo e 1 produto) demonstra a fronteira de eficiência no modelo DEA-CCR com orientação ao *output*, evidencia-se que nesse caso a única DMU eficiente é a D (pois está na fronteira eficiente), enquanto as demais estão abaixo dessa fronteira. As DMUs terão que aumentar (indicadas pela seta) proporcionalmente os *outputs* para tornarem-se eficientes, ou seja, a eficiência da DMU E é (ME/MG).

Figura 23 - Fronteira de eficiência no modelo DEA - CCR com orientação a *output*



6.2. MODELO BCC

É um modelo também conhecido como VRS (*variable returns to scale*), e segundo Angulo – Meza et al (2007) “considera situações de eficiência de produção com variação de escala e não assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*”.

6.2.1 Modelo BCC com orientação ao consumo

Esse modelo descrito na equação (6) tem como premissa a possibilidade de que a variável u_k (introduzida nessa equação matemática) assumam valores negativos.

$$\max h_k = \sum_{r=1}^m u_r y_{rk} - u_k \quad (6)$$

Sujeito a

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

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

Onde:

$$k = 1, \dots, s$$

$$u_j, v_i \geq 0$$

y = produtos;

x = insumos;

u = pesos (preços) dos *outputs*

v = pesos(preços) dos *inputs*

u_k = fator de escala

$$r = 1, \dots, m$$

$$i = 1, \dots, n$$

$$j = 1, \dots, N$$

No conjunto de equações (7) está o modelo do envelope com orientação ao *input*, de acordo com Angulo-Meza et al (2007) “... u_k é um fator de escala (quando positivo, indica que a DMU está em região de retornos decrescentes de escala; se negativo, os retornos de escala são crescentes).”

$$\text{Min } \theta \quad (7)$$

Sujeito a

$$\theta x_{i0} - \sum_k x_{ik} \lambda_k \geq 0$$

$$-y_j o + \sum_k y_{jk} \lambda_k \geq 0$$

$$\sum_k \lambda_k = 1$$

$$\lambda_k \geq 0 \quad \forall k$$

6.2.2. Modelo BCC com orientação ao produto

Nesse modelo descrito na equação (8) também é encontrada uma nova variável v_k , que pode ter valores positivos ou negativos e possibilita o retorno de escala variáveis, ou seja, quando varia a produção varia também a máxima produtividade.

$$\min \sum_{i=1}^n v_i x_{ki} + v_k \quad (8)$$

Sujeito a

$$\sum_{i=1}^n u_r y_{rk} = 1$$

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{jr} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ji} - v_k \leq 0$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

Onde:

y = produtos;

x = insumos;

u = pesos (preços) dos *outputs*

v = pesos(preços) dos *inputs*

r = 1,...,m

i = 1,...,n

j = 1,...,N

No conjunto de equações (9) está o modelo do envelope com orientação a *output*.

$$\text{Max } \theta \quad (9)$$

Sujeito a

$$x_{i0} - \sum_k x_{ik} \lambda_k \geq 0$$

$$-\theta y_j o + \sum_k y_{jk} \lambda_k \geq 0$$

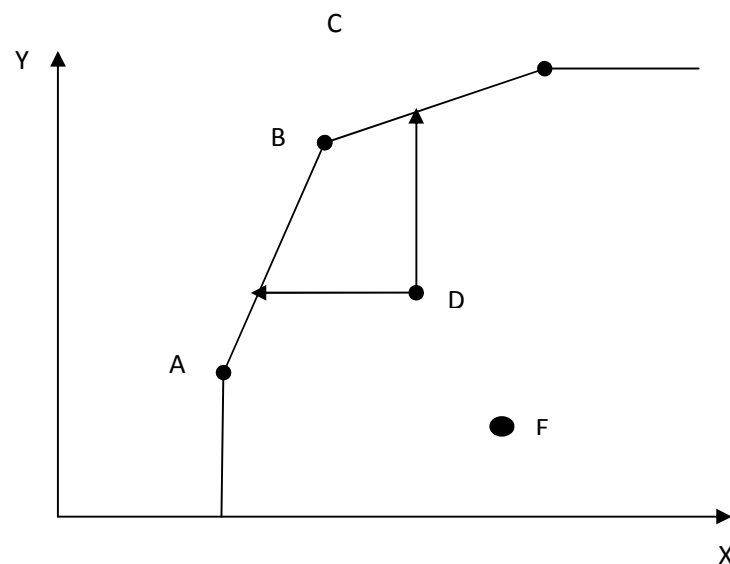
$$\sum_k \lambda_k = 1$$

$$\lambda_k \geq 0 \quad \forall k$$

No caso do modelo DEA-BCC, define-se uma fronteira de retornos variáveis à escala, ponderando retornos crescentes ou de retornos decrescentes à escala na fronteira. Segundo Meza et al (2007) "o axioma da proporcionalidade entre *inputs* e *outputs* é substituído pelo axioma da convexidade".

Observe que nesse modelo DEA-BCC, fica pressuposto que as DMUs apresentam VRS (variable returns to scale).

Figura 24 - Retornos variáveis de escala



Segundo Angula-Meza (2007):

“De forma não matemática no modelo BCC uma DMU é eficiente se, na escala em que opera, é a que melhor aproveita os *inputs* de que dispõe. Já no modelo CCR, uma DMU é eficiente quando apresenta o melhor quociente de *outputs* com relação aos *inputs*, ou seja, aproveita melhor os *inputs* sem considerar a escala de operação da DMU”.

De acordo com Belloni (2000):

“A região viável do BCC é menor (mais restrita) em função da restrição de convexidade imposta às combinações dos planos de operação, e esta distinção traduz as diferentes hipóteses de retornos à escala de operação adotadas. Em consequência, o indicador da eficiência técnica obtido com o Modelo BCC é menor ou igual ao indicador da eficiência produtiva obtido com o Modelo CCR”.

Pode-se analisar os indicadores calculados pelos modelos com base nas características abaixo:

- Indicador de eficiência modelo BCC (medida de eficiência técnica - ET)
- Indicador de eficiência modelo CCR (medida de eficiência produtiva - EP)

Quando se relaciona os indicadores (orientados ao produto) calculados, resulta o indicador de eficiência de escala - EEs.

$$EEs(X_k, Y_k) = \frac{EP(X_k, Y_k)}{ET(X_k, Y_k)} \quad (10)$$

No trabalho de Kassai (2002), as análises ficam assim resumidas:

- ✓ Se o indicador de eficiência produtiva for igual a 1, a unidade opera com eficiência produtiva e deve ter os demais indicadores iguais a 1;
- ✓ Se o indicador de eficiência produtiva for superior a 1, a unidade apresenta ineficiência produtiva que pode ser decorrente da ineficiência técnica ou de escala;
- ✓ Se o indicador de eficiência técnica for igual a 1 a ineficiência produtiva é decorrente de a unidade operar em uma escala inapropriada;
- ✓ Se o indicador de eficiência técnica for superior a 1 a unidade opera com ineficiência técnica. Calcula-se então o indicador de eficiência de escala para constatar se a unidade opera com eficiência de escala;

- ✓ Se o indicador de eficiência de escala for igual a 1, toda a ineficiência é decorrente de fatores técnicos;
- ✓ Se o indicador de eficiência de escala for maior que 1 a unidade analisada apresenta fatores de ineficiências técnicas e de escala.

6.3 Fronteira Invertida

O modelo DEA-BCC, de acordo com suas características matemáticas, considera eficientes as DMUs que tem o menor valor de um dos seus *inputs* ou o maior valor de um dos seus *outputs*, que são denominadas DMUs eficientes a partida. A fronteira invertida serve para suprimir essa DMUs. É uma ferramenta que aumenta a diferença entre as DMUs, neste caso tem por objetivo elaborar um índice de eficiência composta.

De acordo com Mezaet al (2007), “é definido como a média aritmética entre a eficiência em relação a fronteira DEA padrão e o complemento da eficiência em relação à fronteira invertida. O uso do complemento justifica-se pelo fato de a fronteira invertida gerar uma medida de ineficiência”.

Ainda de acordo com o autor para obter um índice em que as unidades eficientes têm o valor 1, é feita a normalização da eficiência composta, ao dividirem-se os valores pela maior de todas as medidas de eficiências compostas.

$$EC = \frac{[EP + (1 - EI)]}{2} \quad (11)$$

Onde:

EC= Eficiência Composta

EP= Eficiência Padrão

EI= Eficiência Invertida

Na Figura 25 está demonstrada um modelo (multiplicadores) simples com apenas 1 insumo e 1 produto, e as fronteiras DEA-CCR e DEA-BCC, pode-se observar que neste caso são consideradas eficientes as DMU A, B e C (DEA-BCC) e a DMU B no caso do DEA-CCR é eficiente. As outras DMU (D,F), não estão na fronteira e são consideradas ineficientes, tanto para o modelo DEA-BCC como para o modelo DEA-CCR. Na fórmula existe uma condição nesse modelo, que é explicada como fatores de escala que indicam que se positiva é considerada RCE, se negativa é considerada RDE, e se são nulas considera-se REC.

A condição em questão é:

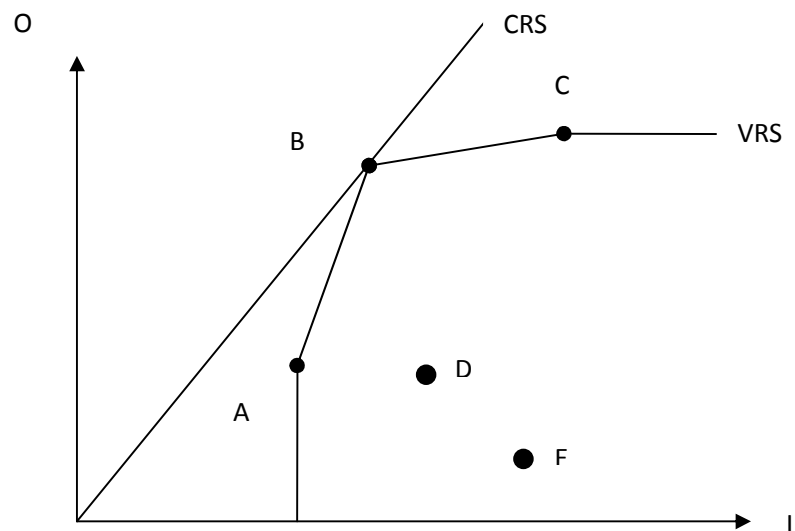
$$\sum_k \lambda_k = 1 \quad (12)$$

RCE = Retornos Crescentes de Escala

RDE = Retornos Decrescentes de Escala

REC = Retornos de Escala Constantes

Figura 25 - Modelo dos multiplicadores para as fronteiras DEA-CCR e DEA-BCC



Capítulo III - Resultados e discussões

7. Apresentação dos resultados da pesquisa

Foi verificada a eficiência técnica para 6 portos portugueses (Aveiro, Figueira da Foz, Leixões, Lisboa, Setúbal e Sines) que foram objetos de estudo deste trabalho, utilizando-se a técnica não paramétrica DEA-BCC com orientação ao *output*, sendo a variável para o *input* o tamanho do cais acostável (m) e as variáveis para o *output* o número de embarcações que acostaram nos respectivos portos e o movimento total de cargas (t) no período de 2004 até 2013.

Utilizou-se para calcular a eficiência e analisar os resultados o *software* SIAD (Sistema Integrado de Apoio a Decisão), para uma melhor compreensão e idéia de funcionamento a matriz com as entradas dos dados está na Tabela 16 do apêndice A.

7.1. Análise das Eficiências

Foram analisadas 6 portos no período de 10 anos (entre 2004 e 2013, inclusive) o que corresponde a 60 DMU's.

No que diz respeito a eficiência padrão nesse período apenas 6 DMU's (10% do total) apresentaram-se eficientes atingindo a pontuação de $E_p = 1$ (100%), ou seja, estão na fronteira de eficiência em relação aos portos estudados.

Na Tabela 17 do apêndice A pode-se observar os resultados da eficiência padrão, que é a eficiência em relação a fronteira clássica. Nesse mesmo anexo, é apresentada a fronteira invertida, que é a fronteira em que se tem uma perspectiva pessimista em relação às DMU's.

Nota-se também o resultado da eficiência composta ($EC = EP + (1 - EI) / 2$), que corresponde à média aritmética entre a eficiência padrão e o resultado da subtração da eficiência invertida pela unidade.

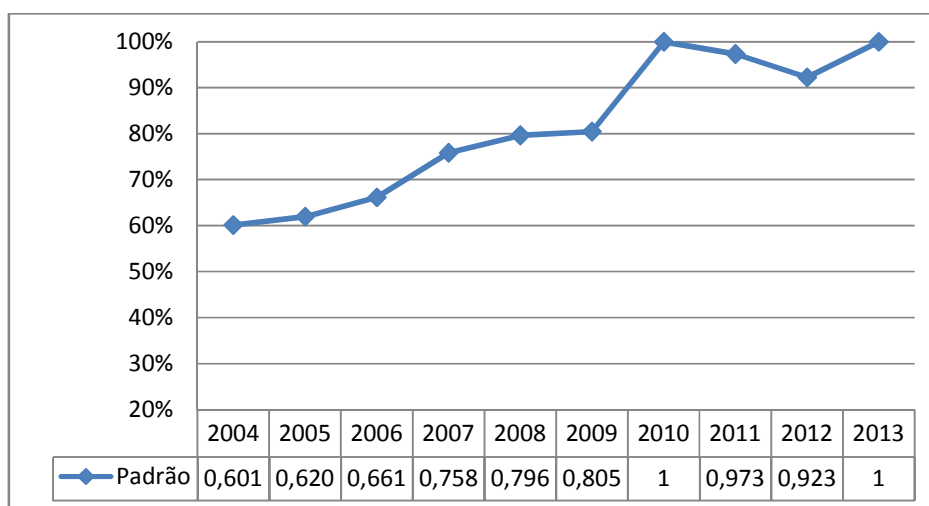
Nessa mesma saída de resultados tem-se a eficiência composta normalizada ($EC^* = EC / \text{Máx}(EC)$) que corresponde à divisão do valor da eficiência composta pelo maior valor, entre todos os valores, das eficiências composta (de acordo com Leta et al, 2005).

O resultado, obtido após o cálculo, utilizando a técnica DEA-BCC com orientação ao *output* e com o auxílio do *software* SIAD, foi que os portos que apresentaram a eficiência padrão igual a 1 foram os portos de Figueira da Foz no ano 2011 e 2013, Lisboa nos anos 2004 e 2005, Setúbal em 2004 e Sines em 2013.

Na Figura 26 pode-se ver a linha de evolução da eficiência padrão do porto de figueira da foz que em 2004 atingia 60% de eficiência padrão apresentando depois uma evolução crescente para atingir em 2010 e 2013 uma eficiência padrão de 100%, ou seja, para o seu tamanho de cais acostável (2392 metros) nesses referidos anos, atingiu a situação “ideal” face aos *outputs* que o colocou na fronteira clássica de eficiência, sendo assim super eficiente na movimentação de cargas naqueles anos. Por causa desse desempenho o porto de figueira da foz serviu, no período citado, de *benchmark* para outros portos.

Nota-se que foi em 2010 que começou a aumentar o número de embarcações que acostaram no porto de figueira da foz e em que se começou a verificar um aumento de cargas movimentadas no referido porto.

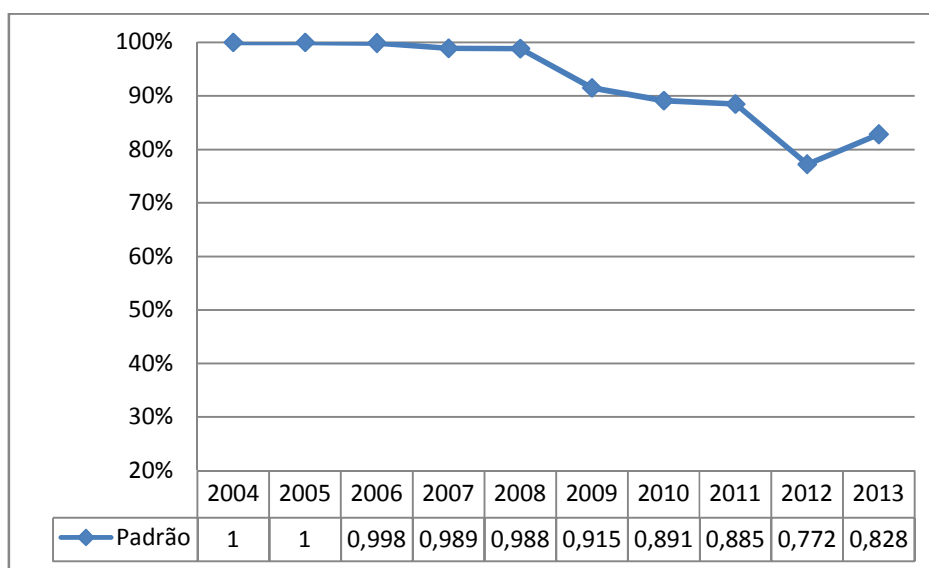
Figura 26 - Eficiência de Porto Figueira da Foz nos anos 2004 - 2013



Fonte: elaborada pelo autor

Na Figura 27 pode-se observar a linha de evolução de eficiência, no período analisado, para o porto de Lisboa, que no início do período estava operando com eficiência padrão a 100%, o que nos permite dizer que a utilização do *input*, estava tendo como consequência a máxima eficiência para os *outputs* nos anos de 2004 e 2005. Entre 2006 e 2008 esteve quase na perfeição. Entretanto, no período de 2009 até 2013 vem sofrendo com uma queda de sua eficiência, ou seja, a utilização do porto em relação a cargas movimentadas e embarcações que operam no porto de Lisboa estão de certa forma subaproveitadas, sendo em 2007 o ano que apresentou o pior desempenho do seu potencial dando a impressão que o porto está superdimensionado no *input*, no que diz respeito aos resultados dos *outputs* (movimento de carga e embarcações) entre os anos de 2007 a 2013.

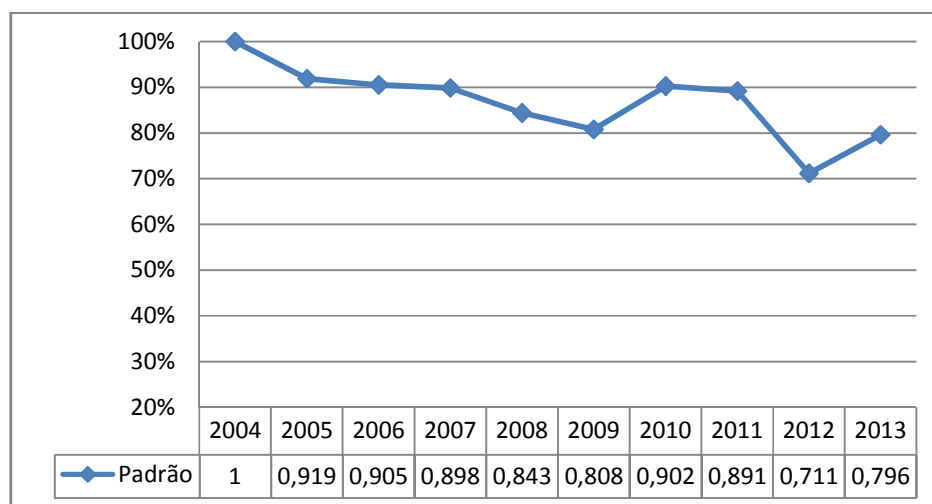
Figura 27 - Eficiência de Porto de Lisboa nos anos 2004 a 2013



Fonte: elaborada pelo autor

Na Figura 28 pode-se verificar que o porto de Setúbal, em 2004, estava operando com eficiência técnica a 100%, entretanto a partir de 2005, houve um decréscimo na sua eficiência, sendo em 2012 o ano que obteve uma maior ineficiência que chegou quase aos 30%. O ano de 2012 é também o pior ano em relação ao movimento de cargas e de embarcações, no período analisado, com um aproveitamento ineficiente dos *inputs* face à quantidade de *outputs* alcançado.

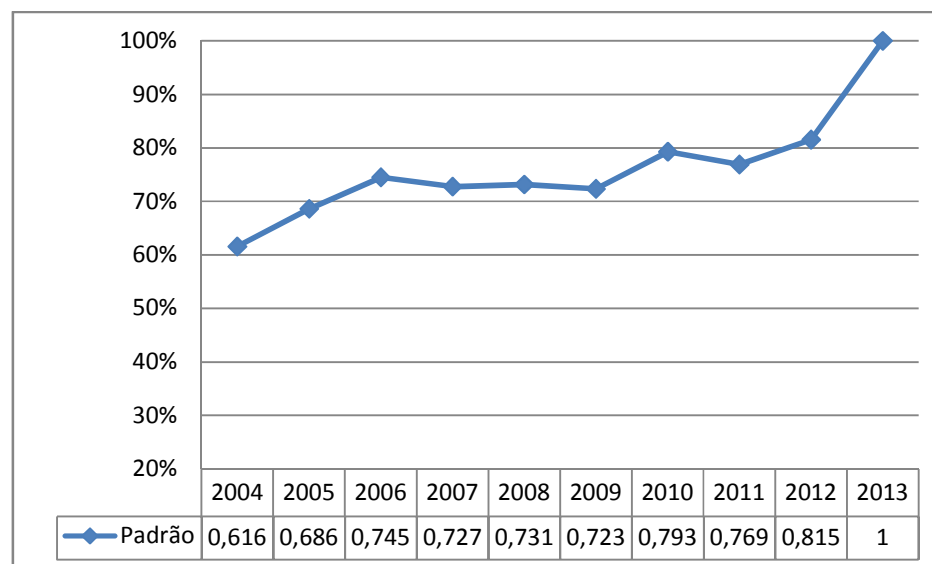
Figura 28 - Eficiência do Porto de Setúbal nos anos 2004 a 2013



Fonte: elaborado pelo autor

Nota-se, na Figura 29, que o porto de Sines está em uma linha ascendente, e em 2013 estava operando com 100% de eficiência em relação aos outros portos estudados, por causa de seu desempenho o porto de Sines pode servir de referência para esses mesmos portos.

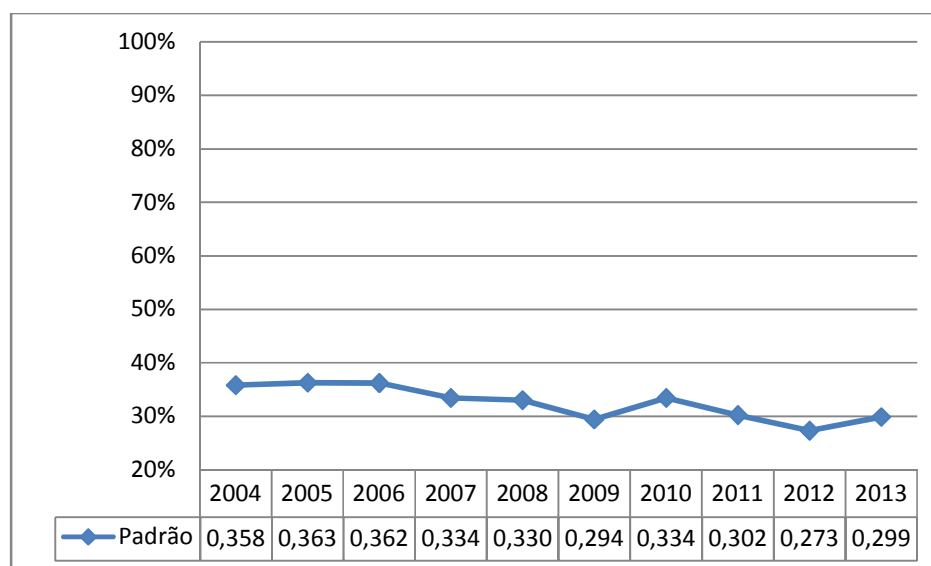
Figura 29 - Eficiência do Porto de Sines nos anos 2004 a 2013



Fonte: elaborado pelo autor

Nota-se, na Figura 30, que o porto de Aveiro está operando com ineficiência em todo o período estudado, sendo 2009 o ano de pior desempenho, foi o porto que não conseguiu utilizar seus recursos de forma adequada, sendo assim o porto menos eficiente dos portos analisados.

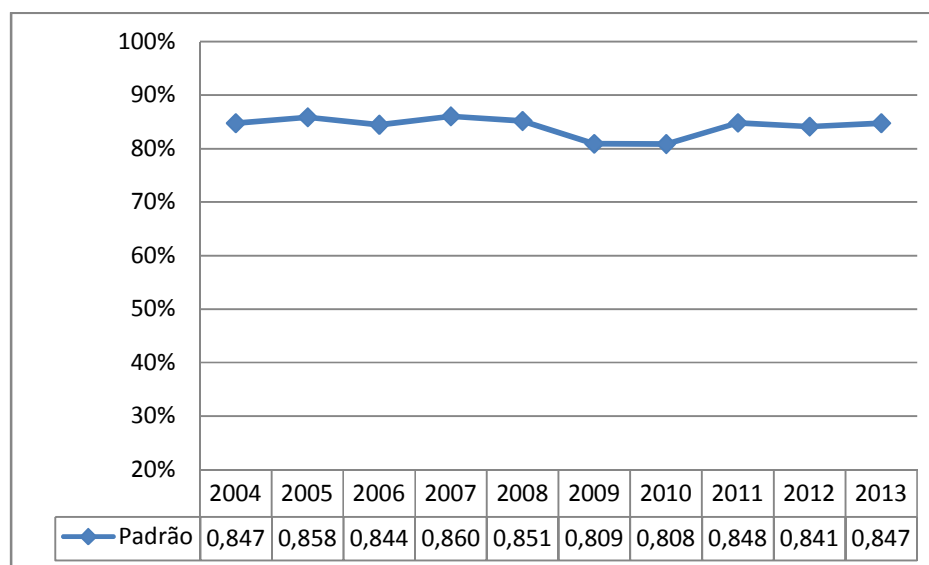
Figura 30 - Eficiência do Porto de Aveiro nos anos 2004 a 2013



Fonte: elaborado pelo autor

Nota-se, na Figura 31, que o porto de Leixões trabalha sempre em uma linha regular entre 80% e 86%, porém em nenhum dos anos conseguiu atingir a fronteira de eficiência, necessitando assim melhorar sua movimentação de cargas e embarcações para poder atingir a eficiência padrão igual a 1.

Figura 31 - Eficiência do Porto de Leixões nos anos 2004 a 2013



Fonte: elaborado pelo autor

A análise da fronteira invertida como já foi dito anteriormente, é uma análise em que segundo Lins et al (2005) troca-se os *inputs* pelos *outputs*, no modelo original, ou seja a fronteira invertida fica composta com as DMU's que obtiveram os piores desempenhos gerenciais.

Na Tabela 8, de acordo com os resultados obtidos da análise das DMU's por ambas as fronteiras identificam-se os portos principais de acordo com suas eficiências relativas.

Tabela 8 - Principais portos de acordo com suas eficiências

DMU's (portos)	EP	EI	EC	EC*
leixoes2004	0,847833	1	0,423916	0,489221
leixoes2005	0,858008	0,980617	0,438696	0,506277
leixoes2006	0,844116	0,988675	0,427721	0,493611
leixoes2007	0,860575	0,944129	0,458223	0,528813
leixoes2008	0,851503	0,956586	0,447459	0,516389
leixoes2009	0,809972	1	0,404986	0,467374
leixoes2010	0,808848	1	0,404424	0,466725
leixoes2011	0,848224	0,976145	0,436039	0,503211
leixoes2012	0,841782	0,994983	0,4234	0,488624
leixoes2013	0,847635	0,999225	0,424205	0,489554

figueiradafoz2009	0,804622	0,812578	0,496022	0,572434
figueiradafoz2010	1	0,610676	0,694662	0,801675
figueiradafoz2011	0,972922	0,60587	0,683526	0,788823
figueiradafoz2012	0,922716	0,613588	0,654564	0,755399
figueiradafoz2013	1	0,545283	0,727358	0,839408
lisboa2004	1	0,631291	0,684355	0,789779
lisboa2005	1	0,598895	0,700552	0,808472
lisboa2006	0,998294	0,605079	0,696607	0,80392
lisboa2007	0,988683	0,565305	0,711689	0,821325
lisboa2008	0,987905	0,57309	0,707407	0,816383
lisboa2009	0,914829	0,635116	0,639857	0,738426
lisboa2010	0,890802	0,620234	0,635284	0,733149
lisboa2011	0,884652	0,60182	0,641416	0,740226
lisboa2013	0,827763	0,620372	0,603695	0,696694
setubal2004	1	0,266973	0,866514	1
setubal2005	0,918838	0,295849	0,811494	0,936505
setubal2006	0,904698	0,297626	0,803536	0,92732
setubal2007	0,898335	0,305582	0,796376	0,919058
setubal2008	0,843339	0,322608	0,760366	0,8775
setubal2009	0,807652	0,33725	0,735201	0,848459
setubal2010	0,902077	0,305582	0,798247	0,921217
setubal2011	0,891384	0,30897	0,791207	0,913092
sines2012	0,815029	0,384751	0,715139	0,825306
sines2013	1	0,316415	0,841793	0,971471

*Eficiência composta normalizada

Fonte: elaborada pelo autor

De acordo com o que foi proposto pode-se observar na Tabela 9 o *ranking* dos portos portugueses em relação à eficiência padrão, no período de 2004 a 2013.

Tabela 9 - *Ranking* dos principais portos de acordo com a eficiência padrão por ano

DMU	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Aveiro	6°	6°	6°	6°	6°	6°	6°	6°	6°	6°
Leixões	3°	3°	3°	3°	2°	2°	4°	4°	2°	3°
Figueira da Foz	5°	5°	5°	4°	4°	4°	1°	1°	1°	1°
Lisboa	2°	1°	1°	1°	1°	1°	3°	3°	4°	4°
Setúbal	1°	2°	2°	2°	3°	3°	2°	2°	5°	5°
Sines	4°	4°	4°	5°	5°	5°	5°	5°	3°	2°

Fonte: elaborada pelo autor

7.2. Análise dos pesos

Na análise em questão constata-se na Tabela 18 do apêndice A que nas variáveis de *input* e *output* existe "pesos zero" em quase toda a sua totalidade, ou seja, para atingir um nível máximo de eficiência das DMU's, essas variáveis de *input* e *output* foram desprezadas quando comparadas com as outras.

A variável v_0 , na Tabela 18 do apêndice A, diz-nos se os retornos de escala são constantes, crescentes ou decrescentes para a projeção ótima. Se v_0 assumir um valor não-negativo, a produção é caracterizada por um retorno de escala crescente. Se v_0 assumir um valor negativo, a produção é caracterizada por um retorno de escala decrescente. Se v_0 for igual a zero, diz-se que a produção é caracterizada por um retorno de escala constante (Silva e Azevedo, 2004).

Observa-se também na análise desses resultados que os portos que trabalham com Retornos Crescente de Escala (RCE), são os portos de Leixões e Lisboa (sendo exceção o porto de Lisboa em 2005 e 2006 e o porto de Sines em 2013)

De acordo com Ferreira (2009), a condição da DMU segundo a eficiência técnica pura, método DEA- BCC, podem ser classificadas como:

- DMU eficiente com retorno crescente: Significa que o porto pode aumentar os produtos a custos decrescentes, pois o volume de produtos está abaixo da escala ótima.
- DMU ineficiente com retorno crescente; está operando com ineficiência técnica devido a utilização de *inputs* em demasia.
- DMU eficiente com retorno constante: O porto está otimizando os *inputs*, e o aumento da unidade pode ocorrer se for mantida a proporção de *inputs* e *outputs*, pois os aumentos dos custos e produtos são proporcionais.
- DMU ineficiente com retorno constante: O porto está operando com ineficiência técnica, ou seja, ele pode aumentar a quantidade de *outputs* utilizando a mesma quantidade de *inputs*, podendo-se tornar eficiente quando eliminar essa ineficiência.
- DMU eficiente com retorno decrescente: O porto do ponto de vista técnico é eficiente, porém como não existe ineficiência técnica, reduzir a utilização pode trazer vantagens, ou por outro lado pode-se aumentar a produção, através da utilização de novas tecnologias, ou seja, aumento da produtividade sem aumentar os *inputs*.
- DMU ineficiente com retorno decrescente: O porto está em ineficiência técnica, ou seja, tem que suprimir o excesso e insumos, podendo ser feito com um aumento da produtividade mas com a utilização do mesmo *input*.

De acordo com essa classificação e os resultados obtidos nesse estudo os portos de Portugal no período entre 2004 a 2013 se encontram assim:

Tabela 10 - Resultados porto de Aveiro, 2004 a 2013

Aveiro				
DMU	Padrão	Classificação	Retorno	Diretrizes
2004	0,358746	ineficiente	decrecente	Aumento da produtividade mas com a utilização do mesmo <i>input</i> .
2005	0,363256	ineficiente	decrecente	
2006	0,362562	ineficiente	decrecente	
2007	0,334806	ineficiente	decrecente	
2008	0,330906	ineficiente	decrecente	
2009	0,294213	ineficiente	decrecente	
2010	0,334033	ineficiente	decrecente	
2011	0,302451	ineficiente	decrecente	
2012	0,273617	ineficiente	decrecente	
2013	0,299794	ineficiente	decrecente	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 11 - Resultados do porto de Leixões, 2004 a 2013

Leixões				
DMU	Padrão	Classificação	Retorno	Diretrizes
2004	0,847833	ineficiente	crescente	Está operando com ineficiência técnica devido a utilização de <i>inputs</i> em demasia.
2005	0,858008	ineficiente	crescente	
2006	0,844116	ineficiente	crescente	
2007	0,860575	ineficiente	crescente	
2008	0,851503	ineficiente	crescente	
2009	0,809972	ineficiente	crescente	
2010	0,808848	ineficiente	crescente	
2011	0,848224	ineficiente	crescente	
2012	0,841782	ineficiente	crescente	
2013	0,847635	ineficiente	crescente	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 12 - Resultados do porto Figueira da Foz, 2004 a 2013

Figueira da foz				
DMU	Padrão	Classificação	Retorno	Diretrizes
2004	0,600967	ineficiente	decrecente	Para os anos em que o porto foi ineficiente, sugere-se um aumento da produtividade mas com a utilização do mesmo <i>input</i> .
2005	0,619748	ineficiente	decrecente	
2006	0,66148	ineficiente	decrecente	
2007	0,758403	ineficiente	decrecente	

2008	0,796218	ineficiente	decrecente	Para os anos de 2010 e 2013 reduzir a utilização pode trazer vantagens, ou por outro lado pode-se aumentar a produção, através da utilização de novas tecnologias, ou seja, aumento da produtividade sem aumentar os <i>inputs</i>
2009	0,804622	ineficiente	decrecente	
2010	1	eficiente	decrecente	
2011	0,972922	ineficiente	decrecente	
2012	0,922716	ineficiente	decrecente	
2013	1	eficiente	decrecente	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 13 - Resultados do porto de Lisboa, 2004 a 2013

Lisboa				
DMU	Padrão	Classificação	Retorno	Diretrizes
2004	1	eficiente	crescente	Em 2004 o porto poderia aumentar os produtos a custos decrescentes, pois o volume de produtos está abaixo da escala ótima, em 2005 o porto está otimizando os <i>inputs</i> , e o aumento da unidade poderia ocorrer se fosse mantida a proporção de <i>inputs</i> e <i>outputs</i> , pois os aumentos dos custos e produtos são proporcionais, já em 2006 sugeriria aumento da produtividade mas com a utilização do mesmo <i>input</i> , nos demais anos o porto estava operando com ineficiência técnica devido a utilização de <i>inputs</i> em demasia.
2005	1	eficiente	constante	
2006	0,998294	ineficiente	decrecente	
2007	0,988683	ineficiente	crescente	
2008	0,987905	ineficiente	crescente	
2009	0,914829	ineficiente	crescente	
2010	0,890802	ineficiente	crescente	
2011	0,884652	ineficiente	crescente	
2012	0,772167	ineficiente	crescente	
2013	0,827763	ineficiente	crescente	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 14 - Resultados do porto de Setúbal, 2004 a 2013

Setúbal				
DMU	Padrão	Classificação	Retorno	Diretrizes
2004	1	eficiente	decrecente	Para o ano de 2004 o porto pode-se dizer que reduzir a utilização do porto pode trazer vantagens, ou por outro lado pode-se aumentar a produção, através da utilização de
2005	0,918838	ineficiente	decrecente	
2006	0,904698	ineficiente	decrecente	
2007	0,898335	ineficiente	decrecente	
2008	0,843339	ineficiente	decrecente	

2009	0,807652	ineficiente	decrecente	novas tecnologias, ou seja, aumento da produtividade sem aumentar os <i>inputs</i> . Para os demais anos sugere-se um aumento da produtividade mas com a utilização do mesmo <i>input</i> .
2010	0,902077	ineficiente	decrecente	
2011	0,891384	ineficiente	decrecente	
2012	0,711367	ineficiente	decrecente	
2013	0,796252	ineficiente	decrecente	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 15 - Resultados do porto de Sines, 2004 a 2013

Sines				
DMU	Padrão	Classificação	Retorno	Diretrizes
2004	0,61555	ineficiente	decrecente	Para os anos em que a DMU foi ineficiente, e o retorno foi decrecente recomenda-se um aumento da produtividade mas com a utilização do mesmo <i>input</i> .
2005	0,68581	ineficiente	decrecente	
2006	0,744824	ineficiente	decrecente	
2007	0,727278	ineficiente	decrecente	
2008	0,731253	ineficiente	decrecente	
2009	0,723328	ineficiente	decrecente	Para o ano de 2013 pode-se dizer que o porto está otimizando seu <i>input</i> o aumento da unidade pode ocorrer se for mantida a proporção de <i>inputs</i> e <i>outputs</i> , pois os aumentos dos custos e produtos são proporcionais.
2010	0,792667	ineficiente	decrecente	
2011	0,768562	ineficiente	decrecente	
2012	0,815029	ineficiente	decrecente	
2013	1	eficiente	constante	

Fonte: elaborada pelo autor

7.3. Análise dos Alvos

Para uma DMU tornar-se eficiente os *inputs* e os *outputs* ineficientes teriam que alcançar um determinado nível, que seria considerado como um alvo, em resumo seria o valor que as variáveis precisariam obter para tornar uma DMU eficiente, na Tabela 19 do apêndice A deste trabalho pode-se observar os alvos e suas respectivas folgas para o *input* e *output*.

O porto que mais se destacou por sua regularidade foi o de Figueira da Foz, e o que menos se destacou foi o de Aveiro.

7.4. Análise dos Benchmarks

Em relação a análise dos *benchmarks* das DMU's ineficientes, a maneira como é construída essa fronteira de eficiência é sobretudo relacionada ao modelo em que foi analisada, nesse estudo foi utilizado o modelo BCC orientado ao *output*.

A análise da Tabela 20 do apêndice A demonstra que os portos que servem de *benchmark* para cada uma das unidades ineficientes no modelo adotado, ou seja, indica que os portos que demonstraram ineficiência no período de 2004 a 2013 devem ter como referência os portos de: Figueira da Foz 2010 e 2013, Lisboa 2004 e 2005, Setúbal 2004 e Sines 2013, porque foram os únicos portos que operaram na fronteira da eficiência, ou seja, atingiram o nível de 100% da sua capacidade técnica.

Capítulo IV - Considerações finais e sugestões

A técnica de análise de eficiência DEA é uma ferramenta útil que permite a comparação entre unidades para medir o seu grau de eficiência.

No estudo realizado foi usado a técnica DEA – BCC com orientação ao output, já que a proposta foi medir a eficiência técnica, sem alterar o insumo, para que se possa maximizar o produto. O modelo utilizado permitiu direcionar a pesquisa e facilitar a aplicação dessa técnica não paramétrica.

No trabalho realizado verificou-se que nas DMU's estudadas obtiveram “pesos zero”, um problema que poderia ser resolvido aplicando modelos que se complementem como por exemplo, agregando restrições de pesos dos multiplicadores.

Na análise das folgas e dos alvos, quando se olha para os resultados fica evidenciado quais as DMU's que se encontram ineficientes e precisam ser melhoradas, permitindo assim, ao gestor, ter uma idéia do que se precisa fazer.

No que diz respeito a análise das folgas, conclui-se que o porto de Aveiro, foi o que obteve a pior eficiência técnica no período estudado, em relação ao *input* (tamanho do cais acostável) está adequado não havendo folga, porém os *outputs* (movimentação total de mercadorias e movimentação total de embarcações) o porto esteve sempre abaixo de 37% em relação a sua eficiência técnica, é um porto que precisa rever sua estratégia para conseguir um aumento substancial de embarcações e cargas que tenha como destino seu porto.

O porto de Leixões durante o período 2004 a 2013, esteve trabalhando sempre acima dos 80% de acordo com sua eficiência e obteve sua melhor performance em 2007, ano que sua eficiência técnica foi de 86%. É um porto que vem se destacando no cenário nacional e atualmente ocupa o 3º lugar no que diz respeito a importância comercial, ficando atrás dos portos de Sines e de Lisboa

Lisboa é um porto que em 2004 e 2005 estava na fronteira de eficiência, sendo referência para os demais portos. Possui um cais acostável adequado e sua eficiência técnica esteve acima de 82% exceto em 2012 ano em que foi registrado uma eficiência de 77%.

Figueira da Foz é um porto que vem crescendo (no período pesquisado) e seus melhores anos foram o de 2010 e 2013 pois estavam na fronteira de eficiência, ou seja, operando de forma “ideal”.

Setúbal no que diz respeito ao *input*, também possui um cais acostável condizente com a necessidade de utilização do mesmo. Operou com a máxima eficiência técnica em 2004, após esse período houve um decréscimo na sua eficiência, sendo 2012 o ano em que operou a um nível máximo de 71% da sua capacidade.

Sines, que é o porto que mais movimenta mercadorias e embarcações, só esteve na fronteira da eficiência em 2013. Entretanto deve-se ressaltar que o porto de Sines vem crescendo, no período estudado, até alcançar os valores obtidos em 2013.

No trabalho conclui-se que em relação aos portos, o tamanho do porto não é a razão principal da ineficiência nos portos, pois não foi observado uma relação direta entre o tamanho e a eficiência, nesse estudo existe eficiência em portos de pequeno e grande porte, da mesma maneira que verifica-se ineficiência nos portos de pequena e grande dimensão, existindo assim outros fatores que influenciam a ineficiência nos portos, resultado semelhante foi encontrado no trabalho de Tongzon (2001).

Pode-se afirmar que os portos que não foram eficientes necessitam de rever seus equipamentos, melhorar sua estrutura e suas políticas de gestão e que apenas 10% das DMU'S analisadas mostraram-se 100% eficientes, o que é um número que indica que ao longo do período os portos estiveram a trabalhar abaixo da sua capacidade produtiva, o mesmo resultado foi verificado no trabalho de Barros e Managi (2008). Verifica-se ainda que apenas dois portos foram totalmente eficientes por 2 vezes no período estudado, e 3 portos mostrou-se 100% eficiente ao menos 1 vez.

Conclui-se ainda, que os alvos e as folgas encontrados, são indicadores que dão indícios de onde se necessita melhorar, e onde os gestores precisam concentrar esforços para atingir a fronteira da eficiência técnica, ou seja, traçar uma estratégia para alcançar esse objetivo, e que o modelo e a metodologia aplicada nesse trabalho ajuda a avaliar o desempenho dos portos a cada ano, verificando se houve melhorias e permitindo também localizar as ineficiências. Portanto é uma técnica que permite ao gestor ter uma visão do acontecimento presente e do passado, para que possa

planejar e traçar os objetivos futuros, resultado também encontrado por Rios e Maçada (2006), quando afirmam que a técnica DEA é uma ferramenta útil para avaliar os portos.

A análise de *benchmarking* nos indica quais as DMU's que servirão de referência, nesse caso conclui-se que o porto que mais se destacou na análise de eficiência técnica pura foi o porto de Figueira da Foz em 2010 e 2013, Lisboa nos anos de 2004 e 2005, Setúbal em 2004 e Sines em 2013 servindo de referência para os demais portos, principalmente para o porto de Aveiro que foi quem teve o pior desempenho na análise de eficiência técnica pura em todo o período estudado, precisando assim de acordo com os dados extraídos da amostra melhorar sua gestão, para torna-se mais competitivo, para atrair novos clientes para poder crescer sua economia e desenvolver a região onde o porto está inserido.

Para trabalhos futuros recomenda-se a utilização de variáveis financeiras, se houver disponibilidade e de fácil acesso, como investimento no período a ser estudado, tarifas praticadas pelos portos, pagamentos de seguro, e também de outras variáveis de ordem não financeira como por exemplo, nº de funcionários, horas trabalhadas, logística, etc. A fusão de mais técnicas que utilizem o DEA poderá contribuir para o aumento da confiabilidade do modelo, tendo como consequência o aumento na credibilidade dos resultados, para além disso sugere-se que aliado a utilização da pesquisa quantitativa, deva-se usar também a pesquisa qualitativa, para verificar quais práticas estão sendo utilizadas pelos gestores dos portos e compará-las entre os portos que se mostraram eficientes e os portos que foram ineficientes.

REFERÊNCIAS

Andersen, P., Petersen, N.C., (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis, *Management Science* 39 (10) 1261-1264.

Angulo-Meza, L.; Mello J.C.C.B.S.; Gomes, E. G. & Fernandes, A. J. S. (2007). Selecção de variáveis em DEA aplicada a uma análise do mercado de energia eléctrica. *Investigação Operacional*, v.27, nº 1, p. 21-36.

Banker, R. D., Charnes, A. & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science* Vol. 30, n.9, p. 1078-1092.

Barros, C. F. S & Barros, C. M. (2013). Suitability of Brazilian ports to international standards of port needs: a case study in the port of Salvador. *Journal of Transport Literature*, vol. 7, n. 4, pp. 23-49.

Barros, C. P. & Managi, S. (2008). *Productivity Drivers in Japanese Seaports*. Working Papers. Lisboa: Instituto Superior de Economia e Gestão, Universidade Técnica de Lisboa.

Barros, C.P. (2003). Incentive Regulation and Efficiency of Portuguese Port Authorities. *Maritime Economics & Logistics*, 5.

Belloni, J. A. (2000). *Uma metodologia da eficiência produtiva de universidades federais brasileiras*. Tese (Doutorado) Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Bregalda, P.A.O. & Bornstein, C. (1981). *Introdução à Programação Linear*. Rio de Janeiro : Editora Campus.

Carvalho, P.; Marques, R.C.; Fonseca, A.; & Simões, P.; (2010). Governance and Comparative Performance of Iberian Peninsula Seaports. An Application of Non-Parametric Techniques. *International Journal of Maritime Economics*, vol. 37(1), 31 – 51.

Charnes, A.; Cooper, W.W.; Huang, Z.M. & Sun, D. B. (1990) Polyhedral cone-ratio DEA with an illustrative application to large commercial banks. *Journal of Econometrics*, 46, 73-91

Charnes, A, Cooper, WW & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operations Research* 2: 429–444.

Charnes A.; Cooper W.W.; Seiford L.M. & StutzJ. (1982). A multiplicative model for efficiency analysis. *Socioecon Plann Sci.*;16:213–24.

Charnes, A, Cooper, WW, Gollany, B, Seiford, L & Stutz, J. (1985): Foundations of data envelopment analysis for Pareto–Koopmans efficient empirical productions functions. *Journal of Econometrics* 30: 91–107.

Comissão Europeia (2013). Portos marítimos europeus no horizonte de 2030: os desafios Disponível em: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-13-448_pt.htm [Acesso em: 27/11/2013]

De, P. & Park, R. K. (2004): An Alternative Approach to Efficiency Measurement of Seaports. *Maritime Economics & Logistics*, vol. 6, no. 1, 53 -69.

Falcão, V. A. & Correia, A. R. (2012). Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros. *Journal of Transport Literature*, vol. 6, n. 4, pp. 133-146.

Farrel, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of Royal Statistical*, vol. 19, nº 2, p. 253 – 281.

Ferreira, C. M. C. & Gomes, A. P. (2009). Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa.

Fontes, O. H. P. M.; (2006). *Avaliação da eficiência portuária através de uma modelagem DEA*. Niterói. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal Fluminense.

Gonzalez, M. M. & Trujillo L. (2008). Reforms and infrastructure efficiency in Spain`s container ports. *Transportation Research part A* 42, 243-257.

IMAPOR (Instituto Mar e Portos). Disponível em <http://www.imarpor.pt/>[Acesso em: 27/05/2014].

INE (Instituto Nacional de Estatística). Disponível em <http://www.ine.pt/>[Acesso em: 19/07/2014].

Itoh, H. (2002). Efficiency Changes at Major Container Ports in Japan: A Window Application of Data Envelopment Analysis. *Review of Urban and Regional Development Studies*, vol. 14, no. 2, 133-152.

Kassai, S.: (2002) *Utilização da Análise por Envolvória de Dados (DEA) na Análise de Demonstrações Contábeis*. São Paulo. Tese (Doutorado em Contabilidade e Controladoria). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade – Universidade São Paulo (USP).

Leta F. R.; Mello, J. C.C. B. S. de, Lidia A. M., Eliane G. G. & Luiz B. N. (2005). Métodos de Melhora de Ordenação em DEAAplicados à Avaliação Estática de Tornos Mecânicos. *Investigação Operacional*, 25 (2005) 229-242

Lins, M.P.E. & Meza, L. A. (2000) Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente do Apoio à Decisão. COOPE/ UFRJ – RJ.

Mello, J. C.C. B. S. de, Lidia A. M., Eliane G. G. & Luiz B. N. (2008). Alguns Paradoxos em Modelos DEA-BCC: Eficiências Negativas e Inexistência de retornos de escala. *XXVIII encontro nacionalde engenharia de produção*, Rio de Janeiro.

Monteiro, M. Feliciano F. (2003). *The Concession Process in the Portuguese Port Sector*, Dissertação (Mestrado em Transportes) Instituto Superior Técnico. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 109.

Rios, L. R. & Maçada, A. C. G. (2006). Analysing the Relative Efficiency of Container Terminals of Mercosur Using Dea. *Maritime Economics & Logistics*, 8(4).

Rodrigues, J.-P. & T. Notteboom (2010) "Foreland-based regionalization: Integrating Intermediate hubs with port hinterlands." *Research in Transportation Economics* 27(1): 19-29.

Silva, A. C. M. & Azevedo G. H. W. (2004) Eficiência e Sobrevivência: Binômio Fundamental para a Previdência Privada Aberta. *Revista Brasileira de Risco e Seguro*, v. 1, n. 0, p. 68-89.
Disponível em: <http://www.rbrs.com.br/paper/_download/binomio_gustavo.pdf>. Acesso em: 17 julho de 2015.

Simões, P. & Marques, R.C. (2010) Seaport performance analysis using robust non parametric efficiency estimators. *Transportation Planning and Technology*, 33:5, 435-451.

Sousa Junior, J. N. C., Prata, B. A. & Nobre Junior, E. F. (2008) Análise da eficiência dos portos da região nordeste do Brasil baseada em análise envoltória de dados. *Sistemas & Gestão*, vol. 3, n.2, pp. 74-91.

Souza, P.C. T., Wilhelm V. E. (2009) Uma introdução aos modelos DEA de eficiência técnica. Tuiuti: *Ciência e Cultura*, n. 42, p. 121-139, Curitiba.

Thompson, R. G., Langemeier, L. N., Lee, C. T., Lee, E., & Thrall, R. M. (1990). The role of multiplier bounds in efficiency analysis with application to Kansas farming. *Journal of econometrics*, 46(1), 93-108.

Tongzon, J .L. (2001). Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis. *Transportation Research Part A*, vol. 35, no. 2, 107 – 122.

Valentine, V. F. & Gray, R. (2001). The Measurement of Port Efficiency using Data Envelopment Analysis. *Proceedingd of the 9th World Conference on Transport Research (Seoul, South Korea)*.

Wang, T. F., Cullinane, K. (2006). The Efficiency of European Container Terminals and Implications to Supply Chain Management. *Maritime Economics & Logistics* , vol. 8, no. 1, 82 – 99.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Tabela 16 - Dados utilizados no Modelo

DMU'S	Extensão total de cais (m)	Movimentação Total de Carga (t)	Movimentação Total de Navios
Aveiro 2004	5000	3.133.656	1.034
Aveiro 2005	5000	3.328.816	1.047
Aveiro 2006	5000	3.349.570	1.045
Aveiro 2007	5000	3.270.661	965
Aveiro 2008	5000	3.466.093	967
Aveiro 2009	5000	2.915.455	848
Aveiro 2010	5000	3.752.671	973
Aveiro 2011	5000	3.317.519	882
Aveiro 2012	5000	3.318.067	794
Aveiro 2013	5000	3.956.114	866
Leixões 2004	7125	13.703.505	2.802
Leixões 2005	7125	14.050.710	2.824
Leixões 2006	7125	14.016.182	2.766
Leixões 2007	7125	14.948.486	2.778
Leixões 2008	7125	15.635.100	2.695
Leixões 2009	7125	14.142.539	2.610
Leixões 2010	7125	14.568.918	2.578
Leixões 2011	7125	16.260.439	2.641
Leixões 2012	7125	16.607.541	2.591
Leixões 2013	7125	17.179.026	2.580
Figueira da Foz 2004	2392	998.547	289
Figueira da Foz 2005	2392	956.582	295
Figueira da Foz 2006	2392	1.107.498	319
Figueira da Foz 2007	2392	1.199.754	361
Figueira da Foz 2008	2392	1.149.826	379
Figueira da Foz 2009	2392	1.177.219	383
Figueira da Foz 2010	2392	1.615.891	476
Figueira da Foz 2011	2392	1.701.833	477
Figueira da Foz 2012	2392	1.787.838	471
Figueira da Foz 2013	2392	2.120.142	530
Lisboa 2004	5891	11.783.514	3.483
Lisboa 2005	5891	12.420.906	3.543
Lisboa 2006	5891	12.293.965	3.527
Lisboa 2007	5891	13.158.951	3.447
Lisboa 2008	5891	12.980.193	3.455
Lisboa 2009	5891	11.712.538	3.219
Lisboa 2010	5891	11.993.572	3.097
Lisboa 2011	5891	12.360.544	3.047
Lisboa 2012	5891	11.080.697	2.641
Lisboa 2013	5891	11.990.895	2.824
Setúbal 2004	3202	6.521.769	1.670
Setúbal 2005	3202	6.642.136	1.507

Setúbal 2006	3202	6.204.146	1.498
Setúbal 2007	3202	6.833.985	1.459
Setúbal 2008	3202	6.124.140	1.382
Setúbal 2009	3202	5.900.917	1.322
Setúbal 2010	3202	7.006.253	1.459
Setúbal 2011	3202	6.892.587	1.443
Setúbal 2012	3202	6.058.579	1.128
Setúbal 2013	3202	7.008.667	1.253
Sines 2004	4184	22.476.068	972
Sines 2005	4184	25.041.506	1.231
Sines 2006	4184	27.196.330	1.422
Sines 2007	4184	26.299.079	1.465
Sines 2008	4184	25.148.564	1.489
Sines 2009	4184	24.379.505	1.479
Sines 2010	4184	25.484.758	1.636
Sines 2011	4184	25.781.913	1.573
Sines 2012	4184	28.562.754	1.653
Sines 2013	4184	36.513.785	2.010

Tabela 17 - Resultado das eficiências obtidas do modelo

Eficiências				
DMU	Padrão	Invertida	Composta	Composta*
aveiro2004	0,358746	0,930369	0,214189	0,247184
aveiro2005	0,363256	0,875823	0,243716	0,281261
aveiro2006	0,362562	0,870397	0,246083	0,283992
aveiro2007	0,334806	0,891396	0,221705	0,255859
aveiro2008	0,330906	0,865315	0,232796	0,268658
aveiro2009	0,294213	1	0,147107	0,169768
aveiro2010	0,334033	0,839269	0,247382	0,285491
aveiro2011	0,302451	0,933738	0,184356	0,212757
aveiro2012	0,273617	1	0,136809	0,157884
aveiro2013	0,299794	0,916859	0,191468	0,220963
leixoes2004	0,847833	1	0,423916	0,489221
leixoes2005	0,858008	0,980617	0,438696	0,506277
leixoes2006	0,844116	0,988675	0,427721	0,493611
leixoes2007	0,860575	0,944129	0,458223	0,528813
leixoes2008	0,851503	0,956586	0,447459	0,516389
leixoes2009	0,809972	1	0,404986	0,467374
leixoes2010	0,808848	1	0,404424	0,466725
leixoes2011	0,848224	0,976145	0,436039	0,503211
leixoes2012	0,841782	0,994983	0,4234	0,488624
leixoes2013	0,847635	0,999225	0,424205	0,489554

figueiradafoz2004	0,600967	1	0,300484	0,346773
figueiradafoz2005	0,619748	1	0,309874	0,35761
figueiradafoz2006	0,66148	0,905956	0,377762	0,435956
figueiradafoz2007	0,758403	0,810778	0,473813	0,546804
figueiradafoz2008	0,796218	0,831936	0,482141	0,556415
figueiradafoz2009	0,804622	0,812578	0,496022	0,572434
figueiradafoz2010	1	0,610676	0,694662	0,801675
figueiradafoz2011	0,972922	0,60587	0,683526	0,788823
figueiradafoz2012	0,922716	0,613588	0,654564	0,755399
figueiradafoz2013	1	0,545283	0,727358	0,839408
lisboa2004	1	0,631291	0,684355	0,789779
lisboa2005	1	0,598895	0,700552	0,808472
lisboa2006	0,998294	0,605079	0,696607	0,80392
lisboa2007	0,988683	0,565305	0,711689	0,821325
lisboa2008	0,987905	0,57309	0,707407	0,816383
lisboa2009	0,914829	0,635116	0,639857	0,738426
lisboa2010	0,890802	0,620234	0,635284	0,733149
lisboa2011	0,884652	0,60182	0,641416	0,740226
lisboa2012	0,772167	0,671331	0,550418	0,635209
lisboa2013	0,827763	0,620372	0,603695	0,696694
setubal2004	1	0,266973	0,866514	1
setubal2005	0,918838	0,295849	0,811494	0,936505
setubal2006	0,904698	0,297626	0,803536	0,92732
setubal2007	0,898335	0,305582	0,796376	0,919058
setubal2008	0,843339	0,322608	0,760366	0,8775
setubal2009	0,807652	0,33725	0,735201	0,848459
setubal2010	0,902077	0,305582	0,798247	0,921217
setubal2011	0,891384	0,30897	0,791207	0,913092
setubal2012	0,711367	0,395252	0,658057	0,759431
setubal2013	0,796252	0,355821	0,720215	0,831164
sines2004	0,61555	0,654315	0,480618	0,554657
sines2005	0,68581	0,516648	0,584581	0,674635
sines2006	0,744824	0,447253	0,648785	0,748731
sines2007	0,727278	0,434126	0,646576	0,746181
sines2008	0,731253	0,427128	0,652062	0,752512
sines2009	0,723328	0,430016	0,646656	0,746273
sines2010	0,792667	0,388749	0,701959	0,810096
sines2011	0,768562	0,404319	0,682122	0,787202
sines2012	0,815029	0,384751	0,715139	0,825306
sines2013	1	0,316415	0,841793	0,971471

*Eficiência normalizada

Tabela 18 - Resultado dos pesos das variáveis obtidas no modelo

DMU	Extensão total de cais (m)	Movimentação total de carga (t)	Movimento total de embarcações	v0
aveiro2004	0,00065206	0	0,00096712	-0,47280381
aveiro2005	0,00064396	0	0,00095511	-0,46693327
aveiro2006	0,00064519	0	0,00095694	-0,46782693
aveiro2007	0,00069868	0	0,00103627	-0,5066105
aveiro2008	0,00071661	0,00000001	0,00099026	-0,56102291
aveiro2009	0,00079508	0	0,00117925	-0,57650842
aveiro2010	0,0007099	0,00000001	0,00098099	-0,55577171
aveiro2011	0,00078402	0,00000001	0,00108343	-0,61380426
aveiro2012	0,00086665	0,00000001	0,0011976	-0,67848741
aveiro2013	0,00079097	0,00000001	0,00109303	-0,61924436
leixoes2004	0	0,00000002	0,00027219	1,1794777
leixoes2005	0	0,00000002	0,00026896	1,1654903
leixoes2006	0	0,00000002	0,00027339	1,1846707
leixoes2007	0	0,00000002	0,00026816	1,1620135
leixoes2008	0	0,00000002	0,00027101	1,1743936
leixoes2009	0	0,00000002	0,00028491	1,234611
leixoes2010	0	0,00000002	0,00028531	1,2363264
leixoes2011	0	0,00000002	0,00027206	1,178934
leixoes2012	0	0,00000002	0,00027414	1,1879558
leixoes2013	0	0,00000002	0,00027225	1,1797529
figueiradafoz2004	0,00453391	-0,00000059	0,00549251	-9,1811319
figueiradafoz2005	0,00499686	0	0,00338983	-10,338933
figueiradafoz2006	0,00411915	-0,00000053	0,00499006	-8,3412406
figueiradafoz2007	0,00408331	0	0,00277008	-8,4487124
figueiradafoz2008	0,00388938	0	0,00263852	-8,0474543
figueiradafoz2009	0,00384876	0	0,00261097	-7,9634078
figueiradafoz2010	0,00272473	-0,00000035	0,00330082	-5,5175609
figueiradafoz2011	0,00280057	-0,00000036	0,00339269	-5,6711249
figueiradafoz2012	0,00295295	-0,00000038	0,00357729	-5,9796988
figueiradafoz2013	0,00264212	0,00000007	0,00161392	-5,319958
lisboa2004	0	0	0,00028711	1
lisboa2005	0,00016975	0	0,00026524	0
lisboa2006	0,00020679	-0,00000004	0,00042199	-0,21647932
lisboa2007	0	0,00000001	0,00023341	1,0114463
lisboa2008	0	0,00000001	0,00023359	1,0122435
lisboa2009	0	0,00000002	0,00025225	1,0931001
lisboa2010	0	0,00000002	0,00025906	1,122584

lisboa2011	0	0,00000002	0,00026086	1,130388
lisboa2012	0	0,00000002	0,00029886	1,295057
lisboa2013	0	0,00000002	0,00027879	1,2080759
setubal2004	0,00084961	-0,00000011	0,00102924	-1,7204562
setubal2005	0,00091573	0,00000002	0,00055937	-1,8438398
setubal2006	0,00093004	0,00000002	0,00056811	-1,8726584
setubal2007	0,00093663	0,00000002	0,00057214	-1,8859224
setubal2008	0,00099771	0,00000003	0,00060945	-2,0089064
setubal2009	0,0010418	0,00000003	0,00063637	-2,0976726
setubal2010	0,00093275	0,00000002	0,00056976	-1,8780988
setubal2011	0,00094393	0,00000002	0,0005766	-1,9006277
setubal2012	0,0011828	0,00000003	0,00072251	-2,3815973
setubal2013	0,00105671	0,00000003	0,00064549	-2,127706
sines2004	0,00085393	0,00000004	0	-1,9482602
sines2005	0,00076644	0,00000004	0	-1,748666
sines2006	0,00070572	0,00000004	0	-1,6101154
sines2007	0,00040428	0,00000001	0,00055866	-0,31650395
sines2008	0,00040208	0,00000001	0,00055563	-0,31478361
sines2009	0,00040648	0,00000001	0,00056171	-0,31823221
sines2010	0,00037093	0,00000001	0,00051258	-0,29039472
sines2011	0,00038256	0,00000001	0,00052865	-0,29950262
sines2012	0,00036075	0,00000001	0,00049851	-0,28242735
sines2013	0,00023901	0,00000003	0	0

Tabela 19 - Resultados dos alvos obtidos no modelo

aveiro2004 (eficiência:0,358746)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	5.000,00	5.000,00	0	5.000,00
Movimentação total de carga (t)	3.133.656,00	8.735.028,37	1.305.006,72	10.040.035,09
Movimentação total de embarcações	1.034,00	2.882,26	0	2.882,26
aveiro2005 (eficiência:0,363256)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	5.000,00	5.000,00	0	5.000,00
Movimentação total de carga (t)	3.328.816,00	9.163.822,06	876.213,03	10.040.035,09
Movimentação total de embarcações	1.047,00	2.882,26	0	2.882,26
aveiro2006 (eficiência:0,362562)				

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	5.000,00	5.000,00	0	5.000,00
Movimentação total de carga (t)	3.349.570,00	9.238.603,04	801.432,05	10.040.035,09
Movimentação total de embarcações	1.045,00	2.882,26	0	2.882,26
aveiro2007 (eficiência:0,334806)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	5.000,00	5.000,00	0	5.000,00
Movimentação total de carga (t)	3.270.661,00	9.768.812,14	271.222,95	10.040.035,09
Movimentação total de embarcações	965	2.882,26	0	2.882,26
aveiro2008 (eficiência:0,330906)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	5.000,00	5.000,00	0	5.000,00
Movimentação total de carga (t)	3.466.093,00	10.474.549,92	0	10.474.549,92
Movimentação total de embarcações	967	2.922,28	0	2.922,28
aveiro2009 (eficiência:0,294213)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	5.000,00	5.000,00	0	5.000,00
Movimentação total de carga (t)	2.915.455,00	9.909.324,02	130.711,07	10.040.035,09
Movimentação total de embarcações	848	2.882,26	0	2.882,26
aveiro2010 (eficiência:0,334033)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	5.000,00	5.000,00	0	5.000,00
Movimentação total de carga (t)	3.752.671,00	11.234.441,62	0	11.234.441,62
Movimentação total de embarcações	973	2.912,89	0	2.912,89
aveiro2011 (eficiência:0,302451)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	5.000,00	5.000,00	0	5.000,00
Movimentação total de carga (t)	3.317.519,00	10.968.768,78	0	10.968.768,78
Movimentação total de embarcações	882	2.916,17	0	2.916,17

aveiro2012 (eficiência:0,273617)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	5.000,00	5.000,00	0	5.000,00
Movimentação total de carga (t)	3.318.067,00	12.126.668,56	0	12.126.668,56
Movimentação total de embarcações	794	2.901,86	0	2.901,86
aveiro2013 (eficiência:0,299794)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	5.000,00	5.000,00	0	5.000,00
Movimentação total de carga (t)	3.956.114,00	13.196.094,65	0	13.196.094,65
Movimentação total de embarcações	866	2.888,65	0	2.888,65
leixoes2004 (eficiência:0,847833)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	7.125,00	7.125,00	1.499,13	5.625,87
Movimentação total de carga (t)	13.703.505,00	16.162.978,75	0	16.162.978,75
Movimentação total de embarcações	2.802,00	3.304,90	0	3.304,90
leixoes2005 (eficiência:0,858008)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	7.125,00	7.125,00	1.514,22	5.610,78
Movimentação total de carga (t)	14.050.710,00	16.375.965,53	0	16.375.965,53
Movimentação total de embarcações	2.824,00	3.291,34	0	3.291,34
leixoes2006 (eficiência:0,844116)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	7.125,00	7.125,00	1.530,42	5.594,58
Movimentação total de carga (t)	14.016.182,00	16.604.560,61	0	16.604.560,61
Movimentação total de embarcações	2.766,00	3.276,80	0	3.276,80
leixoes2007 (eficiência:0,860575)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	7.125,00	7.125,00	1.584,67	5.540,33
Movimentação total de carga (t)	14.948.486,00	17.370.342,50	0	17.370.342,50
Movimentação total de embarcações	2.778,00	3.228,07	0	3.228,07

leixoes2008 (eficiência:0,851503)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	7.125,00	7.125,00	1.654,91	5.470,09
Movimentação total de carga (t)	15.635.100,00	18.361.761,34	0	18.361.761,34
Movimentação total de embarcações	2.695,00	3.164,99	0	3.164,99
leixoes2009 (eficiência:0,809972)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	7.125,00	7.125,00	1.591,06	5.533,94
Movimentação total de carga (t)	14.142.539,00	17.460.534,21	0	17.460.534,21
Movimentação total de embarcações	2.610,00	3.222,33	0	3.222,33
leixoes2010 (eficiência:0,808848)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	7.125,00	7.125,00	1.630,13	5.494,87
Movimentação total de carga (t)	14.568.918,00	18.011.938,42	0	18.011.938,42
Movimentação total de embarcações	2.578,00	3.187,25	0	3.187,25
leixoes2011 (eficiência:0,848224)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	7.125,00	7.125,00	1.712,18	5.412,82
Movimentação total de carga (t)	16.260.439,00	19.169.983,60	0	19.169.983,60
Movimentação total de embarcações	2.641,00	3.113,56	0	3.113,56
leixoes2012 (eficiência:0,841782)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	7.125,00	7.125,00	1.751,79	5.373,21
Movimentação total de carga (t)	16.607.541,00	19.729.024,65	0	19.729.024,65
Movimentação total de embarcações	2.591,00	3.077,99	0	3.077,99
leixoes2013 (eficiência:0,847635)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	7.125,00	7.125,00	1.789,90	5.335,10
Movimentação total de carga (t)	17.179.026,00	20.267.005,39	0	20.267.005,39

Movimentação total de embarcações	2.580,00	3.043,76	0	3.043,76
figueiradafoz2004 (eficiência:0,600967)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	2.392,00	2.392,00	0	2.392,00
Movimentação total de carga (t)	998.547,00	1.661.566,03	0	1.661.566,03
Movimentação total de embarcações	289	480,891317	0	480,891317
figueiradafoz2005 (eficiência:0,619748)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	2.392,00	2.392,00	0	2.392,00
Movimentação total de carga (t)	956.582,00	1.543.501,80	72.389,20	1.615.891,00
Movimentação total de embarcações	295	476	0	476
figueiradafoz2006 (eficiência:0,661480)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	2.392,00	2.392,00	0	2.392,00
Movimentação total de carga (t)	1.107.498,00	1.674.273,75	0	1.674.273,75
Movimentação total de embarcações	319	482,252181	0	482,252181
figueiradafoz2007 (eficiência:0,758403)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	2.392,00	2.392,00	0	2.392,00
Movimentação total de carga (t)	1.199.754,00	1.581.947,10	33.943,90	1.615.891,00
Movimentação total de embarcações	361	476	0	476
figueiradafoz2008 (eficiência:0,796218)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	2.392,00	2.392,00	0	2.392,00
Movimentação total de carga (t)	1.149.826,00	1.444.108,64	171.782,36	1.615.891,00
Movimentação total de embarcações	379	476	0	476
figueiradafoz2009 (eficiência:0,804622)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	2.392,00	2.392,00	0	2.392,00

Movimentação total de carga (t)	1.177.219,00	1.463.071,13	152.819,87	1.615.891,00
Movimentação total de embarcações	383	476	0	476
figueiradafoz2010 (eficiência:1,000000)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	2.392,00	2.392,00	0	2.392,00
Movimentação total de carga (t)	1.615.891,00	1.615.891,00	0	1.615.891,00
Movimentação total de embarcações	476	476	0	476
figueiradafoz2011 (eficiência:0,972922)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	2.392,00	2.392,00	0	2.392,00
Movimentação total de carga (t)	1.701.833,00	1.749.198,21	0	1.749.198,21
Movimentação total de embarcações	477	490,275805	0	490,275805
figueiradafoz2012 (eficiência:0,922716)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	2.392,00	2.392,00	0	2.392,00
Movimentação total de carga (t)	1.787.838,00	1.937.583,12	0	1.937.583,12
Movimentação total de embarcações	471	510,449857	0	510,449857
figueiradafoz2013 (eficiência:1,000000)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	2.392,00	2.392,00	0	2.392,00
Movimentação total de carga (t)	2.120.142,00	2.120.142,00	0	2.120.142,00
Movimentação total de embarcações	530	530	0	530
lisboa2004 (eficiência:1,000000)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	5.891,00	5.891,00	0	5.891,00
Movimentação total de carga (t)	11.783.514,00	11.783.514,00	0	11.783.514,00
Movimentação total de embarcações	3.483,00	3.483,00	0	3.483,00
lisboa2005 (eficiência:1,000000)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo

Extensão total de cais (m)	5.891,00	5.891,00	0	5.891,00
Movimentação total de carga (t)	12.420.906,00	12.420.906,00	0	12.420.906,00
Movimentação total de embarcações	3.543,00	3.543,00	0	3.543,00
lisboa2006 (eficiência:0,998294)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	5.891,00	5.891,00	0	5.891,00
Movimentação total de carga (t)	12.293.965,00	12.314.979,16	0	12.314.979,16
Movimentação total de embarcações	3.527,00	3.533,03	0	3.533,03
lisboa2007 (eficiência:0,988683)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	5.891,00	5.891,00	62,962699	5.828,04
Movimentação total de carga (t)	13.158.951,00	13.309.571,90	0	13.309.571,90
Movimentação total de embarcações	3.447,00	3.486,46	0	3.486,46
lisboa2008 (eficiência:0,987905)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	5.891,00	5.891,00	50,885738	5.840,11
Movimentação total de carga (t)	12.980.193,00	13.139.115,68	0	13.139.115,68
Movimentação total de embarcações	3.455,00	3.497,30	0	3.497,30
lisboa2009 (eficiência:0,914829)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	5.891,00	5.891,00	27,070024	5.863,93
Movimentação total de carga (t)	11.712.538,00	12.802.976,78	0	12.802.976,78
Movimentação total de embarcações	3.219,00	3.518,69	0	3.518,69
lisboa2010 (eficiência:0,890802)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	5.891,00	5.891,00	73,889278	5.817,11
Movimentação total de carga (t)	11.993.572,00	13.463.791,43	0	13.463.791,43
Movimentação total de embarcações	3.097,00	3.476,64	0	3.476,64
lisboa2011 (eficiência:0,884652)				

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	5.891,00	5.891,00	109,911229	5.781,09
Movimentação total de carga (t)	12.360.544,00	13.972.211,18	0	13.972.211,18
Movimentação total de embarcações	3.047,00	3.444,29	0	3.444,29
lisboa2012 (eficiência:0,772167)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	5.891,00	5.891,00	136,687398	5.754,31
Movimentação total de carga (t)	11.080.697,00	14.350.134,43	0	14.350.134,43
Movimentação total de embarcações	2.641,00	3.420,25	0	3.420,25
lisboa2013 (eficiência:0,827763)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	5.891,00	5.891,00	146,307281	5.744,69
Movimentação total de carga (t)	11.990.895,00	14.485.911,05	0	14.485.911,05
Movimentação total de embarcações	2.824,00	3.411,61	0	3.411,61
setubal2004 (eficiência:1,000000)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	3.202,00	3.202,00	0	3.202,00
Movimentação total de carga (t)	6.521.769,00	6.521.769,00	0	6.521.769,00
Movimentação total de embarcações	1.670,00	1.670,00	0	1.670,00
setubal2005 (eficiência:0,918838)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	3.202,00	3.202,00	0	3.202,00
Movimentação total de carga (t)	6.642.136,00	7.228.845,20	0	7.228.845,20
Movimentação total de embarcações	1.507,00	1.640,12	0	1.640,12
setubal2006 (eficiência:0,904698)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	3.202,00	3.202,00	0	3.202,00
Movimentação total de carga (t)	6.204.146,00	6.857.701,13	0	6.857.701,13
Movimentação total de embarcações	1.498,00	1.655,80	0	1.655,80
setubal2007 (eficiência:0,898335)				

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	3.202,00	3.202,00	0	3.202,00
Movimentação total de carga (t)	6.833.985,00	7.607.392,26	0	7.607.392,26
Movimentação total de embarcações	1.459,00	1.624,12	0	1.624,12
setubal2008 (eficiência:0,843339)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	3.202,00	3.202,00	0	3.202,00
Movimentação total de carga (t)	6.124.140,00	7.261.774,99	0	7.261.774,99
Movimentação total de embarcações	1.382,00	1.638,72	0	1.638,72
setubal2009 (eficiência:0,807652)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	3.202,00	3.202,00	0	3.202,00
Movimentação total de carga (t)	5.900.917,00	7.306.261,18	0	7.306.261,18
Movimentação total de embarcações	1.322,00	1.636,84	0	1.636,84
setubal2010 (eficiência:0,902077)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	3.202,00	3.202,00	0	3.202,00
Movimentação total de carga (t)	7.006.253,00	7.766.802,07	0	7.766.802,07
Movimentação total de embarcações	1.459,00	1.617,38	0	1.617,38
setubal2011 (eficiência:0,891384)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	3.202,00	3.202,00	0	3.202,00
Movimentação total de carga (t)	6.892.587,00	7.732.452,99	0	7.732.452,99
Movimentação total de embarcações	1.443,00	1.618,83	0	1.618,83
setubal2012 (eficiência:0,711367)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	3.202,00	3.202,00	0	3.202,00
Movimentação total de carga (t)	6.058.579,00	8.516.812,47	0	8.516.812,47
Movimentação total de embarcações	1.128,00	1.585,68	0	1.585,68

setubal2013 (eficiência:0,796252)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	3.202,00	3.202,00	0	3.202,00
Movimentação total de carga (t)	7.008.667,00	8.802.074,17	0	8.802.074,17
Movimentação total de embarcações	1.253,00	1.573,62	0	1.573,62
sines2004 (eficiência:0,615550)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	4.184,00	4.184,00	0	4.184,00
Movimentação total de carga (t)	22.476.068,00	36.513.785,00	0	36.513.785,00
Movimentação total de embarcações	972	1.579,08	430,924914	2.010,00
sines2005 (eficiência:0,685810)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	4.184,00	4.184,00	0	4.184,00
Movimentação total de carga (t)	25.041.506,00	36.513.785,00	0	36.513.785,00
Movimentação total de embarcações	1.231,00	1.794,96	215,041289	2.010,00
sines2006 (eficiência:0,744824)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	4.184,00	4.184,00	0	4.184,00
Movimentação total de carga (t)	27.196.330,00	36.513.785,00	0	36.513.785,00
Movimentação total de embarcações	1.422,00	1.909,18	100,8232	2.010,00
sines2007 (eficiência:0,727278)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	4.184,00	4.184,00	0	4.184,00
Movimentação total de carga (t)	26.299.079,00	36.160.963,95	0	36.160.963,95
Movimentação total de embarcações	1.465,00	2.014,36	0	2.014,36
sines2008 (eficiência:0,731253)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	4.184,00	4.184,00	0	4.184,00
Movimentação total de carga (t)	25.148.564,00	34.391.065,80	0	34.391.065,80
Movimentação total de embarcações	1.489,00	2.036,23	0	2.036,23

sines2009 (eficiência:0,723328)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	4.184,00	4.184,00	0	4.184,00
Movimentação total de carga (t)	24.379.505,00	33.704.612,59	0	33.704.612,59
Movimentação total de embarcações	1.479,00	2.044,71	0	2.044,71
sines2010 (eficiência:0,792667)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	4.184,00	4.184,00	0	4.184,00
Movimentação total de carga (t)	25.484.758,00	32.150.634,84	0	32.150.634,84
Movimentação total de embarcações	1.636,00	2.063,92	0	2.063,92
sines2011 (eficiência:0,768562)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	4.184,00	4.184,00	0	4.184,00
Movimentação total de carga (t)	25.781.913,00	33.545.641,34	0	33.545.641,34
Movimentação total de embarcações	1.573,00	2.046,68	0	2.046,68
sines2012 (eficiência:0,815029)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	4.184,00	4.184,00	0	4.184,00
Movimentação total de carga (t)	28.562.754,00	35.045.088,78	0	35.045.088,78
Movimentação total de embarcações	1.653,00	2.028,15	0	2.028,15
sines2013 (eficiência:1,000000)				
Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Extensão total de cais (m)	4.184,00	4.184,00	0	4.184,00
Movimentação total de carga (t)	36.513.785,00	36.513.785,00	0	36.513.785,00
Movimentação total de embarcações	2.010,00	2.010,00	0	2.010,00

Tabela 20 - Resultados de “benchmarks” dos portos

DMU	Figueiradafoz 2010	Figueiradafoz 2013	Lisboa 2004	Lisboa 2005	Setubal 2004	Sines 2013
lisboa2004	0	0	1	0	0	0
lisboa2005	0	0	0	1	0	0
lisboa2006	0	0	0,1661879	0,8338121	0	0
lisboa2007	0	0	0	0,963115	0	0,036885
lisboa2008	0	0	0	0,97018996	0	0,02981004
lisboa2009	0	0	0	0,98414175	0	0,01585825
lisboa2010	0	0	0	0,95671396	0	0,04328604
lisboa2011	0	0	0	0,93561147	0	0,06438853
lisboa2012	0	0	0	0,91992537	0	0,08007463
lisboa2013	0	0	0	0,91428982	0	0,08571018
setubal2004	0	0	0	0	1	0
setubal2005	0	0,03476762	0	0	0,93655441	0,02867798
setubal2006	0	0,01651811	0	0	0,96985698	0,01362492
setubal2007	0	0,05338114	0	0	0,90258757	0,04403129
setubal2008	0	0,03638681	0	0	0,93359963	0,03001356
setubal2009	0	0,03857424	0	0	0,92960791	0,03181785
setubal2010	0	0,06121948	0	0	0,8882838	0,05049672
setubal2011	0	0,0595305	0	0	0,89136593	0,04910357
setubal2012	0	0,09809821	0	0	0,82098575	0,08091604
setubal2013	0	0,11212481	0	0	0,79538936	0,09248584
sines2004	0	0	0	0	0	1
sines2005	0	0	0	0	0	1
sines2006	0	0	0	0	0	1
sines2007	0	0	0	0,00462852	0,0080457	0,98732578
sines2008	0	0	0	0,02784709	0,0484063	0,92374661
sines2009	0	0	0	0,03685239	0,06406012	0,89908749
sines2010	0	0	0	0,0572384	0,09949689	0,84326471
sines2011	0	0	0	0,03893787	0,06768529	0,89337684
sines2012	0	0	0	0,01926723	0,03349202	0,94724075
sines2013	0	0	0	0	0	1

