



ISG – Instituto Superior de Gestão, Administração e Educação

**Análise da Eficiência Operacional dos Terminais de
Contentores nos Portos de Moçambique**

Victorino Adriano

**Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Gestão
de Projectos**

Júri:

Presidente: Professor Doutor Joel Neves

Orientadores: Professor Doutor José Faria e Prof. Doutora Delfina Mugabe

Vogal: Professor Doutor Cardoso Muendane

Maputo, 14 de Dezembro de 2016

Victorino Adriano

**Análise da eficiência operacional dos terminais de
contentores nos portos de Moçambique**

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Gestão de Projectos no ISG – Instituto
Superior de Gestão, Administração e Educação

Orientador: Prof. Doutor José Faria

Co-orientadora: Prof. Doutora Delfina Mugabe

Júri:

Presidente: Professor Doutor Joel Neves

Orientadores: Professor Doutor José Faria e Prof. Doutora Delfina Mugabe

Vogal: Professor Doutor Cardoso Muendane

Maputo, 14 de Dezembro de 2016

Dezembro, 2016

Victorino Adriano

**Análise da eficiência operacional dos terminais de
contentores nos portos de Moçambique**

Orientador: José Faria, Professor. Doutor

Co-orientadora: Delfina Mugabe, Professora Doutora

A presente dissertação de projecto foi julgada e aprovada para obtenção do Grau de Mestre em Gestão de Projectos no ISG- Instituto Superior de Gestão, Administração e Educação.

Maputo, aprovado em 14 de Dezembro de 2016

Júri:

Presidente: Prof.Doutor Joel Muendane

Assinatura:_____

Orientadores: Prof. Doutor José Faria e Prof. Doutora Delfina Mugabe

Assinaturas:_____

Vogal: Prof. Doutor Cardoso Muendane

Assinatura:_____

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, abaixo assinado, declaro, por minha honra, que o presente trabalho final de mestrado é original, tendo sido por mim elaborado sem recurso a quaisquer outras fontes para além das indicadas. Os conceitos e formulações retirados de outros autores, de modo literal ou adaptado, encontram-se rigorosamente identificados e citados, com respeito pelas normas e convenções aplicáveis aos trabalhos académicos. Mais declaro ter consciência de que a utilização de elementos alheios não identificados, bem como a prestação de falsas declarações, constituem graves faltas éticas, susceptíveis de sanções disciplinares e legais. Declaro, ainda, que o presente trabalho não foi submetido a qualquer outra instituição/entidade para efeitos de avaliação, para além das directamente envolvidas na sua elaboração, e que os conteúdos das versões impressa e electrónica são integralmente iguais.

Mestrado em Gestão de Projectos.

Maputo, ao 14 do mês de Dezembro do ano 2016

Nome: Victorino Adriano

Assinatura: _____

**Análise da eficiência operacional dos terminais de contentores nos
portos de Moçambique**

***Analysis of the operational efficiency of container terminals in the
ports of Mozambique***

Agradecimentos

Agradeço ao Professor Doutor José Faria e à Professora Doutora Delfina Mugabe, orientadores científicos pelo apoio e assistência prestada para conclusão deste presente trabalho.

Agradeço ao Eng.º Adelino Mesquita, Director Geral da Cornelder de Moçambique e toda sua equipa pelo empenho abnegado para o fornecimento de toda informação e esclarecimentos adicionais ao presente trabalho.

Agradeço ao Dr.º Arlindo Macamo, Gestor operacional da DP World pela entrevista concedida no âmbito deste trabalho e à Portos do Norte, pelo apoio prestado para concretização desta pesquisa.

Agradeço à minha família e em especial à minha esposa pela ajuda e compreensão ao longo dos meus estudos.

Agradeço à todos que directa ou indirectamente ajudaram-me na concretização desta pesquisa.

.

Resumo

Esta pesquisa tem como objectivo fazer uma análise da eficiência operacional dos terminais de contentores nos portos de Moçambique. Em Moçambique existem apenas 3 terminais de contentores, a saber: terminal de contentores de Maputo, situado no porto de Maputo cujo operador é a DP World, o terminal de contentores da Cornelder de Moçambique, situado no porto da Beira e terminal de contentores da Portos do Norte situado no Porto de Nacala. Todas as empresas quando são criadas estão preocupadas com a rentabilidade delas e o caminho para o seu alcance é através do aumento da produtividade dos meios e recursos utilizados na produção de qualquer *output*. Quanto maior for a produtividade dos meios utilizados maior será a eficiência e por conseguinte, maiores serão os resultados de qualquer unidade de produção e esta tornar-se-á mais competitiva em relação à concorrência. Para garantir a sobrevivência dos portos moçambicanos é necessário que sejam competitivos e foi por essa razão que a maioria destes portos foram privatizados. A prossecução da pesquisa é sustentada pelo método DEA – *Data Envelopment Analysis* ou Análise Envoltória de Dados, através dos seus modelos DEA-BCC e DEA-CCR, uma técnica que compara os terminais entre si, através de *benchmarking* e determina as ineficiências existentes no sistema. As conclusões desta pesquisa revelam que pela análise dos resultados pelo modelo DEA-CCR, que avalia a eficiência técnica e de escala, mostra que o terminal de contentores da Beira é ineficiente ao registar um índice de eficiência igual a 0,82 que é inferior a 1. A análise dos resultados pelo modelo DEA-BCC, que avalia a eficiência técnica, mostra que os três terminais são eficientes sob ponto de vista de gestão. Os resultados para ambos modelos, DEA-CCR e DEA-BCC revelam que os três terminais estão a operar com recursos (*inputs*) sobredimensionados para os níveis de produção registados em 2015. O sobredimensionamento de *inputs* sugere oportunidades de melhoria ou aproveitamento para alcançar níveis mais altos de produção. Esta pesquisa poderá auxiliar os gestores de cada terminal no planeamento de *inputs* e *outputs*, quer sob ponto de vista do dimensionamento da infraestrutura, quer da previsão dos *outputs* a médio e longo prazos.

Palavras-chave: Portos de Moçambique, Terminal de Contentores, Logística e Competitividade.

Abstract

This research aims to make an analysis of the operational efficiency of container terminals in the ports of Mozambique. In Mozambique there are only 3 container terminals, namely: container terminal in Maputo, located in the port of Maputo whose operator is DP World; the container terminal of Cornelder de Moçambique, located in the port of Beira and container terminal of Portos do Norte located in the Port of Nacala. All companies when they are created are concerned about their profitability and the way to reach them is by increasing the productivity of the means and resources used to produce any output. The higher the productivity of the media used the greater the efficiency and therefore the greater the results of any production unit and the latter will become more competitive in relation to the competition. To ensure the survival of Mozambican ports it is necessary to be competitive and that is why most of these ports were privatized. The continuation of the research is supported by the DEA-Data Envelopment Analysis method through its DEA-BCC and DEA-CCR models, a technique that compares the terminals to one another through benchmarking and determines the inefficiencies in the system. The conclusions of this research show that the analysis of the results by the DEA-CCR model, which evaluates the technical and scale efficiency, shows that the Beira container terminal is inefficient when it registers an efficiency index equal to 0.82 that is lower than 1. The analysis of the results by the DEA-BCC model, which evaluates the technical efficiency, shows that the three terminals are efficient from the point of view of management. The results for both models, DEA-CCR and DEA-BCC, show that the three terminals are operating with oversized inputs for production levels recorded in 2015. The oversizing of inputs suggests opportunities for improvement or use to reach higher levels Production. This research can help the managers of each terminal in the planning of inputs and outputs, both from the point of view of infrastructure design and the forecast of outputs in the medium and long term.

Key words: Ports of Mozambique, Container Terminal, Logistics and Competitiveness.

Lista de abreviaturas e siglas

GMPH	– <i>Gross Moves Per Hour</i>
BMPH	– <i>Berth Moves Per Hour</i>
CRS	– <i>Constant Returns to Scale</i> – Rendimentos de Escala Constantes
CdM	– Cornelder de Moçambique, SARL
DEA	– <i>Data Envelopment Analysis</i>
DEA-CCR	– Sinónimo de modelo DEA-CRS, Rendimentos de Escala Constantes
DEA-BCC	– Sinónimo de modelo DEA-VRS, Rendimentos de Escala Variáveis
DWT	– <i>Dead Weight Ton</i> (Toneladas Brutas de Arqueação para navios)
DMU	– <i>Decision Making Unit</i> – Unidade Decisora
<i>Inputs</i>	– Variáveis de entrada
TEU	– <i>Twenty-foot Equivalent Unit</i> – unidade equivalente a 20 pés
m	– metros
ha	– hectares
Km	– Quilómetros
MPDC	– <i>Maputo Port Development Company</i>
SADC	– <i>Southern African Development Society</i>
<i>Output</i>	– Variáveis de saídas
PPP	– Parceria Público-Privada
DPWM	– Terminal de Contentores de Maputo
TCM	– Terminal de carvão da Matola
TCB	– Terminal de Contentores da Beira
TCN	– Terminal de Contentores de Nacala
UNCTAD	– <i>United Nations Conference on Trade and Development</i>
VRS	– <i>Variable Returns to Scale</i> – Rendimentos de Escala Variáveis
SADC	– <i>Southern Africa Development Community</i>

Lista de figuras

Figura 1 – Portos moçambicanos e suas capacidades	7
Figura 2 - Esquema das operações num terminal intermodal de contentores.....	10
Figura 3 – Países da região da SADC.....	12
Figura 4 - Ilustração da produtividade e dos tipos de eficiência	22
Figura 5 - Modelo DEA-CCR orientado para <i>inputs</i>	28
Figura 6 - Modelo DEA-CCR orientado para <i>Outputs</i>	29
Figura 7 – Modelo DEA-BCC orientado para <i>inputs</i>	31
Figura 8 - Modelo DEA-BCC orientado para <i>outputs</i>	32
Figura 6 - Modelo proposto na pesquisa operacional.....	38
Figura 10 – Layout do Terminal de contentores da DP World Maputo	41
Figura 11 - Layout do Terminal de contentores da Cornelder - Beira	42
Figura 12 – Layout do Terminal de contentores de Nacala	43
Figura 13 – Desenho da pesquisa operacional	46

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Tráfego portuário 2011-2015 em toneladas métricas	8
Gráfico 2 - Movimento de contentores 2011-2015 nos portos de Maputo, Beira e Nacala	8
Gráfico 3 - Movimento de contentores na SADC 2007-2014.....	13

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Estudos semelhantes prévios	14
Tabela 2 – Estudos anteriores sobre Modelo DEA	15
Tabela 3 - Modelos, sectores e países estudados	16
Tabela 4 – Paradigmas do método DEA	24
Tabela 5 – Variáveis para o estudo	33
Tabela 6 – Estudos realizados com DEA em terminais de contentores	35
Tabela 7 – Comparativo de correntes	36
Tabela 8 – Vantagens e desvantagens das técnicas para avaliar a eficiência	36
Tabela 9 – DMUs-Terminais de contentores a analisar	40
Tabela 10 – Relação de equipamentos da DP World Maputo	41
Tabela 11 – Relação de equipamentos do terminal de contentores de Nacala	43
Tabela 12 - variáveis <i>inputs</i> e <i>outputs</i> para o estudo	44
Tabela 13 - Conjunto de dados para analisar a eficiência dos terminais seleccionados	49
Tabela 14 - correlação entre as variáveis Inputs (X) e outputs (Y)	50
Tabela 15 – Resultados de níveis de eficiência pelo modelo DEA-CCR	51
Tabela 16 - Média dos pesos das variáveis do modelo DEA-CCR, orientados para <i>inputs</i>	52
Tabela 17 - Média dos pesos das variáveis do modelo DEA-CCR, orientados para <i>Outputs</i>	52
Tabela 18 – Total de <i>inputs</i> de 2015 para os 3 terminais de contentores	53
Tabela 19 - Oportunidade para aumento de eficiência nos três terminais pelo modelo DEA-CCR	53
Tabela 20 – Potencial de melhoria dos <i>inputs</i> pelo modelo DEA-CCR	54
Tabela 21 - Potencial de melhoria dos <i>inputs</i> do porto da Beira pelo modelo CCR .	55
Tabela 22 – Potencial de melhoria dos <i>outputs</i> do porto da Beira pelo modelo CCR	55
Tabela 23 – Resultados pelo modelo DEA-BCC	56
Tabela 24 - Média dos pesos das variáveis do modelo DEA-BCC, orientados para <i>inputs</i>	56
Tabela 25 - Média dos pesos das variáveis do modelo DEA-BCC, orientados para <i>outputs</i>	57
Tabela 26 - Oportunidade para aumento de eficiência nos 3 terminais pelo modelo DEA-BCC	57
Tabela 27 - Oportunidade para aumento de eficiência nos três terminais pelo modelo DEA-BCC	58
Tabela 28 – Oportunidades para aumento da eficiência pelo modelo DEA-BCC	58
Tabela 29 – Nível de aproveitamento da capacidade instalada no terminal	64
Tabela 30 - Estatísticas descritivas	77

Índice

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Importância, actualidade e relevância do tema de investigação	2
1.1.1 A operação portuária em Moçambique	5
1.1.2 Breve descrição dos portos moçambicanos	6
1.1.3 Estrutura de funcionamento de um terminal de contentores.....	9
1.1.4 Contextualização do movimento de contentores na SADC	12
1.2 Estudos semelhantes prévios.....	14
1.3 Modelos, sectores e países estudados (resumo).....	16
1.4 Objectivos.....	17
1.4.1 Objectivo geral.....	17
1.4.2 Objectivos específicos	17
1.5 Estrutura da pesquisa.....	18
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1 Correntes e paradigmas (<i>State-of-the-art</i>).....	19
2.1.1 Conceitos básicos de eficiência, eficácia e produtividade	19
2.1.2 Métodos para avaliar a eficiência e sua implementação.....	23
2.2 Método DEA e seus modelos	23
2.2.1 Modelo DEA-CCR.....	25
2.2.2 Modelo DEA-BCC	30
2.2.3 Varáveis do método DEA.....	32
2.3 Estudos realizados no sector portuário pelo método DEA	34
2.4 Comparativo de correntes (esquema) e paradigmas.....	36
2.5 Comparativo crítico de estudos	37
2.6 Modelo proposto para pesquisa	38
2.7 Síntese das hipóteses	39
3 METODOLOGIA E DESENHO DA INVESTIGAÇÃO.....	40
3.1 Estudo de caso.....	40
3.1.1 Terminal de Contentores da DP World no Porto de Maputo	40
3.1.2 Terminal de Contentores da Cornelder de Moçambique - Beira	42
3.1.3 Terminal de Contentores de Nacala – Portos do Norte	42
3.2 Necessidade de informação	43
3.3 Desenho da pesquisa.....	46

3.4	Metodologia de recolha e análise de dados	46
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	48
4.1	Apresentação, análise e discussão de dados	49
4.1.1	Validação das variáveis do modelo proposto.....	50
4.1.2	Análise de Resultados pelo Modelo DEA-CCR.....	51
4.1.3	Análise de Resultados pelo Modelo DEA-BCC.....	56
4.2	Exploração dos resultados	59
4.2.1	Terminal de Contentores da DP World no Porto de Maputo.....	60
4.2.2	Terminal de Contentores da Cornelder de Moçambique no Porto da Beira	61
4.2.3	Terminal de Contentores da Portos do Norte no Porto de Nacala	62
4.2.4	Comparação da capacidade do terminal com os <i>outputs</i>	63
4.3	Contraste de hipóteses.....	66
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	67
5.1	Conclusões.....	67
5.2	Recomendações.....	68
5.3	Limitações do método de pesquisa	69
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
7	ANEXOS	74

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho surge com intuito de pesquisar as diferentes formas existentes para medir e avaliar a eficiência das operações nos terminais de contentores moçambicanos. Em Moçambique existem apenas 3 terminais de contentores, nomeadamente, o terminal da DP World situado no porto de Maputo, terminal da Cornelder de Moçambique situado no porto da Beira e o terminal da Portos do Norte situado no porto de Nacala. O método usado nesta pesquisa foi a Análise Envoltória de Dados (do inglês, *Data Envelopment Analysis – DEA*), conforme estudos semelhantes prévios de Syafaarudin (2015), Grilo (2014), Palma (2011), Nigra (2010) e Silveira (2009). A questão fundamental versada na hipótese e que permitiu identificar os terminais de contentores eficientes está relacionada com a forma como a avaliação da eficiência deve ser feita. Este processo passa necessariamente pela identificação dos recursos empregues em termos de *inputs* e os produtos gerados em termos de *outputs* em cada terminal de contentores num determinado período. Os *outputs* são traduzidos em termos de contentores manuseados e os recursos empregues são as infra-estruturas e os equipamentos existentes em cada terminal. Dentre esses recursos empregues é necessário identificar que recursos não estão a ser devidamente aplicados na produção de *outputs* e que apresentam um certo nível de ociosidade. O problema principal é saber que *inputs* devem ser minimizados por forma a maximizar os *outputs*. Por outro lado, constitui preocupação de cada gestor saber se o seu nível de produção atingido corresponde ao que tecnicamente devia ser atingido tendo em conta os recursos empregues no processo produtivo.

Em face do exposto, os gestores portuários devem estar preparados para adequar os equipamentos de manuseamento ajustados à realidade actual e que o mundo impõe-lhe para melhoria da produtividade dos seus recursos. Para além dos equipamentos que devem ser modernos, dentre outros factores, estão associados ao tipo e *layout* de infra-estruturas que devem receber e transferir as cargas, o tempo de espera para atracação e permanência dos navios no terminal de contentores em cada porto.

Para dar resposta a estes desafios, o Governo moçambicano iniciou o processo de concessões no final da década de 90. O objectivo da concessão dos portos sob a

forma de PPP's – Parceria Público-Privada¹ por parte do Governo é de envolver o sector privado, quer nacional, quer estrangeiro na reconstrução, exploração e desenvolvimento de sistemas ferro-portuários para que seja moderno, competitivo, eficiente, orientado para o mercado e financeiramente viável.

1.1 Importância, actualidade e relevância do tema de investigação

O futuro do manuseamento de portuário do mundo vislumbra-se pela tendência crescente da carga manuseada em contentores. Neste contexto, os operadores portuários são obrigados a investir na infra-estrutura e em novos equipamentos modernos para assegurar a eficiência no processo de manuseamento da carga portuária.

De acordo com Shamy & Kalla (2012) cerca de 90% de volume de carga do mundo é transportada via marítima, o que representa 59% em termos de unidades monetárias. Neste contexto, o sector portuário de contentores de Moçambique necessita de uma análise da situação actual da eficiência e produtividade para avaliar a necessidade de investimentos quer em termos de infra-estruturas, quer em termos de equipamentos para garantir o funcionamento pleno e eficiente nas suas operações.

Uma das características da actividade portuária é a conectividade entre o *hinterland* e o resto mundo. Para garantir a competitividade entre os operadores portuários é necessário que os operadores portuários de Moçambique estejam preparados para competir em pé de igualdade, quer a nível regional da SADC – *Southern African Development Society*, quer com a inter-conectividade com os portos onde a mercadoria transita até ao consumidor final.

Para Marlow e Casaca (2003) *apud* Grilo (2014:7), a eficiência aumenta a produtividade e o desempenho, mas a existência de operações ineficientes nos terminais resulta numa imagem de pobre desempenho portuário, que afecta a sua posição no mercado e a dos seus utilizadores, que têm de investir capital adicional

¹ Lei 15/2011 de 10 de Agosto – Lei das PPP's e seu Decreto 16/2012 de 04 de Junho – Regulamento da Lei das PPP's

nos seus negócios para lidar com tal ineficiência. Quanto mais produtivos forem os meios e recursos utilizados no processo de produção maior será o nível da eficiência dessa unidade e maiores serão os resultados alcançados em cada período. Contrariamente a eficiência, a eficácia tem a ver com alcance dos resultados sem tomar em conta os recursos empregues. A análise empresarial baseada na eficácia impede o aumento da rentabilidade dos activos investidos e esta visão não se mostra recomendável para a gestão dos portos e muito menos à gestão dos terminais de contentores de Moçambique.

Os portos de Maputo, Beira e Nacala constituem as principais origens e destinos da carga de Moçambique e para o resto do mundo. Por isso, analisar a eficiência dos três terminais que compõem o mercado de contentores em Moçambique é de extrema importância na medida em que as conclusões poderão ajudar na compreensão dos factores que condicionam o bom ou mau desempenho das operações em cada terminal de contentores.

É nesta base e olhando o desenvolvimento do sector portuário em Moçambique, alguns projectos estão curso, nomeadamente:

- a) A dragagem do porto de Maputo dos actuais -12 metros de profundidade para -14 metros cujo investimento está avaliado em USD 100 milhões, prevendo-se que se conclua em finais de 2016;
- b) O porto da Beira, para além da dragagem está em preparação para expandir o seu espaço de armazenagem;
- c) O Porto de Nacala está ser reabilitado e modernizado com apoio do governo japonês por via de JICA – Agência de Cooperação Internacional do Japão, para expansão deste porto em termos de infra-estruturas e equipamentos de manuseamento, cuja conclusão das obras está prevista para meados de Julho de 2020.

É por estas e outras razões que esta pesquisa tem como foco, o estudo das operações portuárias dos terminais de contentores de Maputo, Beira e Nacala, com a finalidade de analisar a eficiência operacional de cada terminal e identificar variáveis que podem ser melhorados ou ajustados em função da quantidade de contentores movimentados em 2015. Por outro lado, os terminais de contentores

dos portos de Maputo, Beira e Nacala estão nos portos principais de Moçambique e apresentam características comuns, nomeadamente:

- Em termos de conectividade por via do sistema ferroviário para os países do *hinterland* e vice-versa;
- Os três portos estão concessionados a operadores privados em regime de PPP, facto que requer maior esforço em termos de recursos para melhoria da competitividade entre os portos e capitalização das infra-estruturas portuárias;
- Estes portos influenciam o sistema logístico do país em termos de movimentação de carga do país para o resto do mundo e vice-versa.

Considerou-se ser relevante o estudo da eficiência dos terminais de contentores desses portos, pois, é necessário compreender o *modus operandi* de cada um deles com a finalidade de contribuir para o estabelecimento de um quadro teórico-prático comum sobre a eficiência operacional de cada um dos terminais.

No final, este trabalho vai contribuir para que as partes interessadas pelo sistema portuário de Moçambique terão uma base para vislumbrar os terminais de contentores eficientes e os factores de produção que precisam ser melhorados para aumento da eficiência operacional dos terminais já referidos. Para além disso, os próprios gestores terão uma visão empírica sobre a eficiência das suas operações com base no método DEA – *Data Envelopment Analysis*, ou Análise Envoltória de Dados.

No cômputo geral, em Moçambique, há lacunas nesta área de análise da eficiência dos terminais de contentores e é necessário perceber o contributo desses terminais para o sistema logístico portuário como um todo. Assim, consideramos que esta pesquisa é um contributo para a compreensão da gestão e conhecimento da eficiência dos terminais de contentores em Moçambique, onde os estudos na área mostram-se, ainda, inexistentes.

1.1.1 A operação portuária em Moçambique

A origem do Contentor

A competitividade da economia moçambicana depende, em grande medida, da eficiência e do baixo custo das actividades portuárias. O fenómeno da globalização do mercado faz com que as empresas sejam cada vez mais eficientes para ganhar vantagem competitiva no mercado. Segundo Palma (2011), “a globalização amplifica ainda mais este efeito, e a correcta escolha das rotas mais eficientes, e eficazes, são decisivas na competitividade dos mesmos no Mercado.”

Todavia, o surgimento do contentor² em 1937, veio alavancar as operações portuárias, resultando na poupança do tempo de manuseamento da carga e por conseguinte na melhoria dos custos operacionais. Por outro lado, a introdução do contentor no manuseamento de carga traz consigo benefícios para o operador portuário, evitando perdas, quebras, deteriorações e desvios de mercadorias, como também de agilizar e reduzir o custo das operações de carga e descarga.

O “Contentor foi concebido para melhorar a eficiência de manuseamento, principalmente a eficiência no manuseamento portuário, como também para os restantes modos de transporte”³ (Liu, 2010).

Deste modo, a carga contentorizada continuará sendo o negócio atractivo para indústria portuária a médio e longo prazos para Moçambique e no resto do mundo pelas vantagens acima enumeradas.

As operações portuárias são realizadas num porto em função do tipo da carga a ser manuseada. Um porto é caracterizado por dois interfaces, nomeadamente, Terra-Mar e Mar-Terra. O interface Terra-Mar é caracterizado por todas infra-estruturas e equipamentos de recebimento, entrada e saídas de mercadorias do porto para o *hinterland*. O interface Mar-Terra é caracterizado por todas infra-estruturas e equipamentos de acostagem de navios e posterior armazenagem de mercadorias

² Somente em 1937, o americano Malcom Mc Lean, então com pouco mais de 20 anos, motorista e dono de uma pequena empresa de caminhões, ao observar o lento embarque de fardos de algodão no porto de Nova Iorque, teve a ideia de armazená-los e transportá-los em grandes caixas de aço que pudessem, elas próprias, serem embarcadas nos navios. Disponível em [https://pt.wikipedia.org/wiki/Container_\(transporte\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Container_(transporte)) (10/08/16)

³ Tradução livre do autor: no original “*The container was designed to improve handling efficiency, primarily port handling efficiency, but also for all the handling between different transport modes*” (Liu, 2010)

no porto. Dependendo do seu tamanho, um porto pode ser constituído por diversos terminais. Segundo Dias (2013:156) *apud* Camal (2014:13), um porto é um local que possibilita adequadas condições de ancoragem e permanência de navios, de forma relativamente segura, podendo estes abrigar-se de ventos e tempestades. As embarcações e navios procedem a acostagem para embarque/desembarque de passageiros e carga/descarga de mercadorias. Em função dos produtos manuseados nos portos os seus terminais devem estar providos de equipamentos de movimentação próprios para as especificações de mercado de forma a tornarem-se mais eficientes, (Camal, 2014).

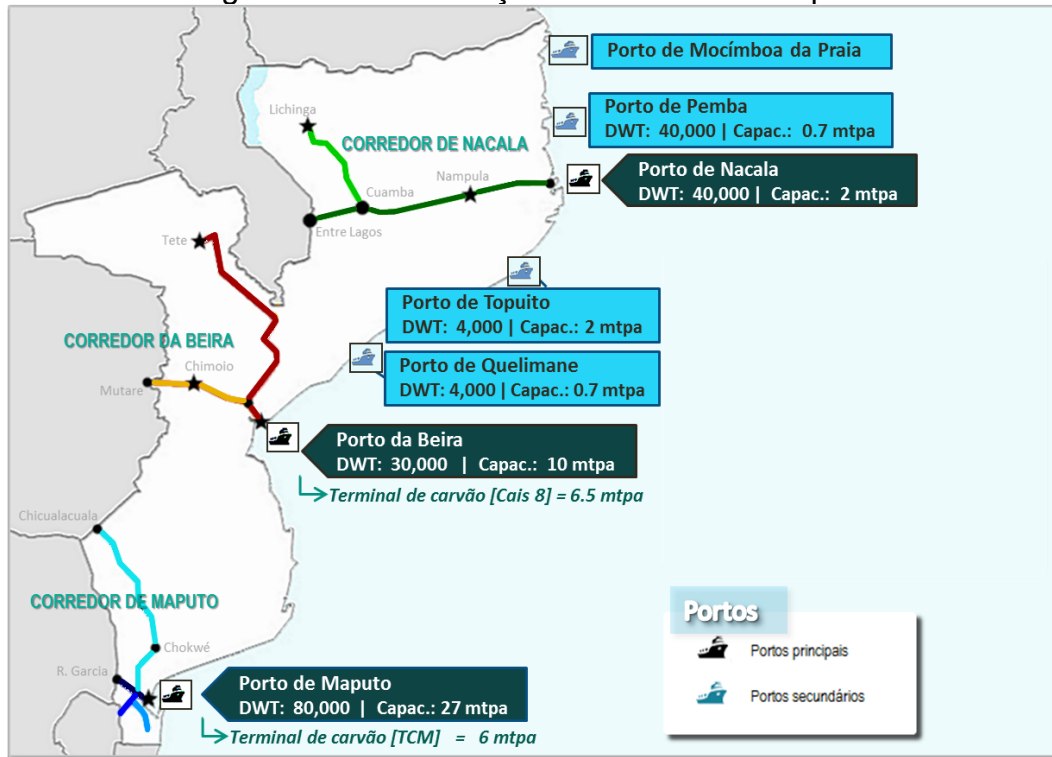
Segundo Camal (2014:15), nos terminais de contentores são indispensáveis guias de movimentação vertical colocadas nas proximidades do cais. Na sua dissertação, Camal (2014) diz que estas guias devem poder movimentar-se paralelamente aos navios ao longo do cais, permitindo recuar ou deixar passar outros equipamentos, portanto, devem estar equipados com carris de rolamento zonas munidas de plataformas ou mesas de recuo ou avanço, etc. O potencial *hinterland* do porto pode ser definido como a área que pode ser alcançada com um custo mais barato ou num tempo mais curto do que de outro porto (Wilmsmeie et al., 2012).

1.1.2 Breve descrição dos portos moçambicanos

O sistema portuário moçambicano possui três portos principais, sendo Maputo, Beira e Nacala e quatro portos secundários, sendo Quelimane, Topuito (em Angoche), Pemba e Mocímboa da Praia. Os portos principais foram concessionados a operadores privados com objectivo de torna-los competitivos. O porto de Maputo foi concessionado ao MPDC - Sociedade de Desenvolvimento do Porto de Maputo, SARL desde Abril de 2003. O porto da Beira foi concessionado a CdM - Cornelder de Moçambique, SARL, sendo concessionária dos terminais de carga geral, de contentores e propósitos múltiplos do Porto da Beira, desde Outubro de 1998. O porto de Nacala foi concessionado a CDN - Corredor de Desenvolvimento do Norte desde 2000 e iniciou a sua operação em 2005.

Os terminais de contentores estão situados nos três portos principais citados anteriormente, conforme mostra a figura abaixo.

Figura 1 – Portos moçambicanos e suas capacidades



Fonte: Relatórios do CFM – 2015

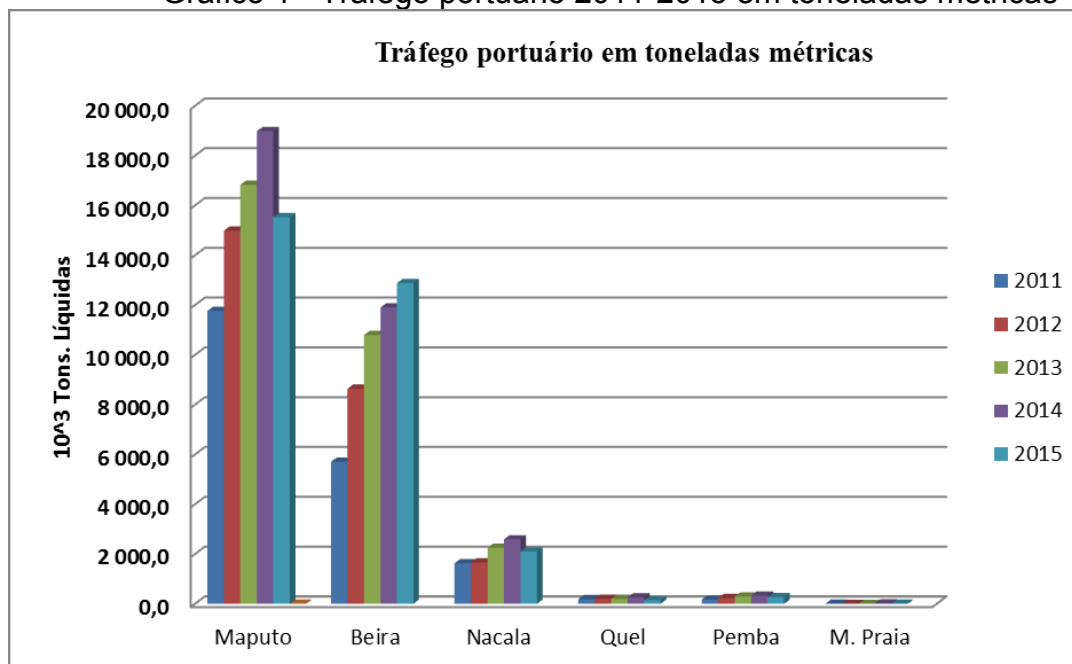
Os três portos principais possuem as seguintes capacidades:

- Porto de Maputo pode receber navios até 80.000 toneladas;
- Porto da Beira pode receber navios até 30.000 toneladas;
- Porto de Nacala pode receber navios até 40.000 toneladas.

Em termos de projectos em curso, o porto de Maputo planeia dragar o canal de acesso em 2016, de -11 metros para -14 metros de profundidade o que lhe permitirá receber navios com capacidade acima de 80.000 toneladas.

O manuseamento de carga dos portos moçambicanos nos últimos 5 anos (2011-2015) foi seguinte:

Gráfico 1 - Tráfego portuário 2011-2015 em toneladas métricas

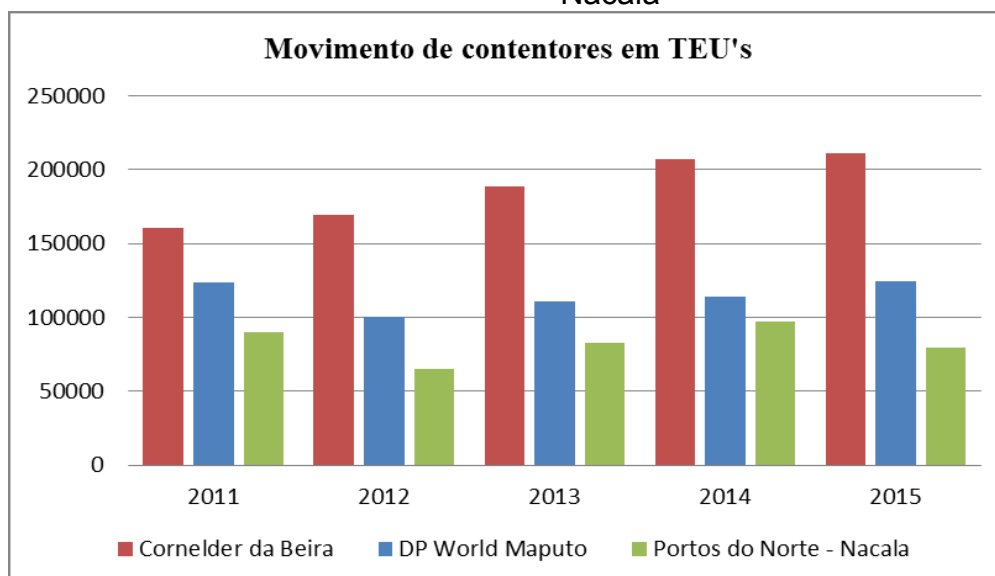


Fonte: CFM

Tendo em conta a figura acima, o porto de Maputo manuseia mais carga comparativamente aos portos da Beira, Nacala e os restantes portos secundários (Quelimane Pemba e Mocimboa da Praia).

Em termos de movimento de contentores nos últimos 5 anos (2011-2015) foi seguinte:

Gráfico 2 - Movimento de contentores 2011-2015 nos portos de Maputo, Beira e Nacala



Fonte: CFM

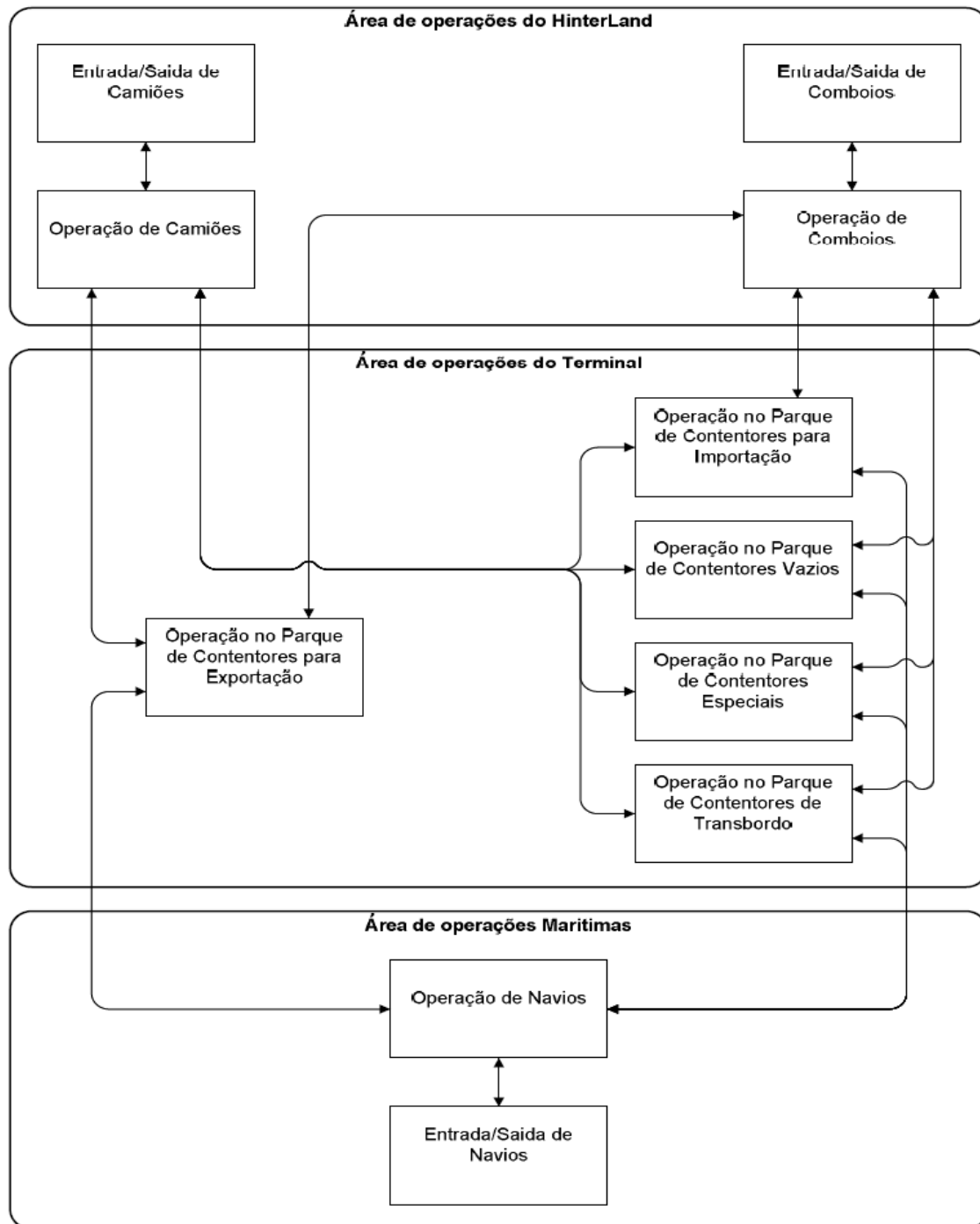
Tendo em conta a figura anterior, a Cornelder da Beira manuseou maior número de contentores em 2015 com pouco mais de 200.000 TEU's, contra pouco mais de 125000 TEU's para DP World no porto de Maputo e cerca de 75000 TEU's para Portos do Norte no porto de Nacala.

1.1.3 Estrutura de funcionamento de um terminal de contentores

Na secção anterior foi referido que um porto pode ser constituído por diversos terminais. Os terminais de contentores constituem o ponto de entrada e saída da carga unitizada que é empacotada em contentores de 20 e 40 pés. No mundo actual, Grilo (2014) refere que se verifica a substituição das tradicionais cargas marítimas heterogéneas por contentores homogéneos. A adopção do conceito de contentor, Cullinane e Khanna (2000) *apud* Grilo (2014) referem que criou uma revolução nos portos e permitiu aos transportes marítimos beneficiarem das economias de escala não só na movimentação de carga mas também no tamanho dos navios.

De acordo com Grilo (2014:41), os aspectos estruturais que definem o grau de atractividade e competitividade de um porto prendem-se fundamentalmente com três factores: as infra-estruturas e superestruturas portuárias, os acessos terrestres e o acesso marítimo. Sobre as três interfaces referidas na secção anterior, que são *hinterland*, Terminal e Mar, Silva (2007) *apud* Palma (2011:66) apresenta um esquema genérico de operações num terminal intermodal de contentores, conforme a figura a seguir.

Figura 2 - Esquema das operações num terminal intermodal de contentores



Fonte: Silva (2007)

Nesta figura é possível identificar várias operações que podem ocorrer nas três interfaces referidas:

- Nas operações para o *hinterland* verifica-se que a carga que sai e entra para o terminal tem origem rodoviária e ferroviária, o que pressupõe que o terminal

deverá estar dotado de equipamento suficiente para fazer face a demanda dos dois modos de transporte;

- Nas operações dentro do terminal é necessário assegurar a disponibilidade de espaço para carga importada, em trânsito e transbordo bem como para contentores vazios;
- Nas operações do Mar verifica-se a entrada e saída de navios vindos de diversos pontos do mundo. Esta actividade deve ser realizada impreterivelmente na presença de rebocadores de navios.

Tendo em conta as três operações bem distinta, Liu (2010:29) indica a existência de vários agentes envolvidos nestas operações, que são: autoridades portuárias, operadores de terminais, rebocadores, consignatários, entre outros agentes.

No que concerne ao tipo de equipamento envolvido em cada operação, Liu (2010: 30) subdivide em dois grupos: guias de cais e equipamento de manuseamento de carga na área do terminal. As guias são equipamentos usados para a operação de carga e descarga do navio para o cais. Há navios que trazem as suas guias montadas no próprio navio ou o terminal pode estar dotado das suas próprias guias ou guindastes. Por seu turno, na área do terminal é necessário que se disponha de equipamentos para o carregamento e descarga de mercadorias vindas do *hinterland* e vice-versa. Neste processo, na área do terminal, duas actividades ocorrem e são: o empilhamento de contentores e de transporte horizontal. Para o empilhamento de contentores, Liu (2010) indica os seguintes equipamentos: pórticos (do inglês, *Straddle Carriers*), guindastes portuários (do inglês, *Rubber Tired Gantry Cranes - RTGs*), guindastes ferroviários (do inglês, *Rail Mounted Gantry Cranes- RMGs*), *Reach stackers* e Empilhadeiras (do inglês, *Stackers*) para contentores vazios. Para o transporte horizontal dos contentores dentro do terminal, Liu (2010) apresenta os seguintes equipamentos necessários: tractores, atrelados, *Straddle Carriers*, veículos teleguiados (do inglês, *Automated Guided Vehicles -AGV*) e *Reach Stackers*. De referir que estes equipamentos são ilustrados no anexo 2 do presente trabalho.

1.1.4 Contextualização do movimento de contentores na SADC

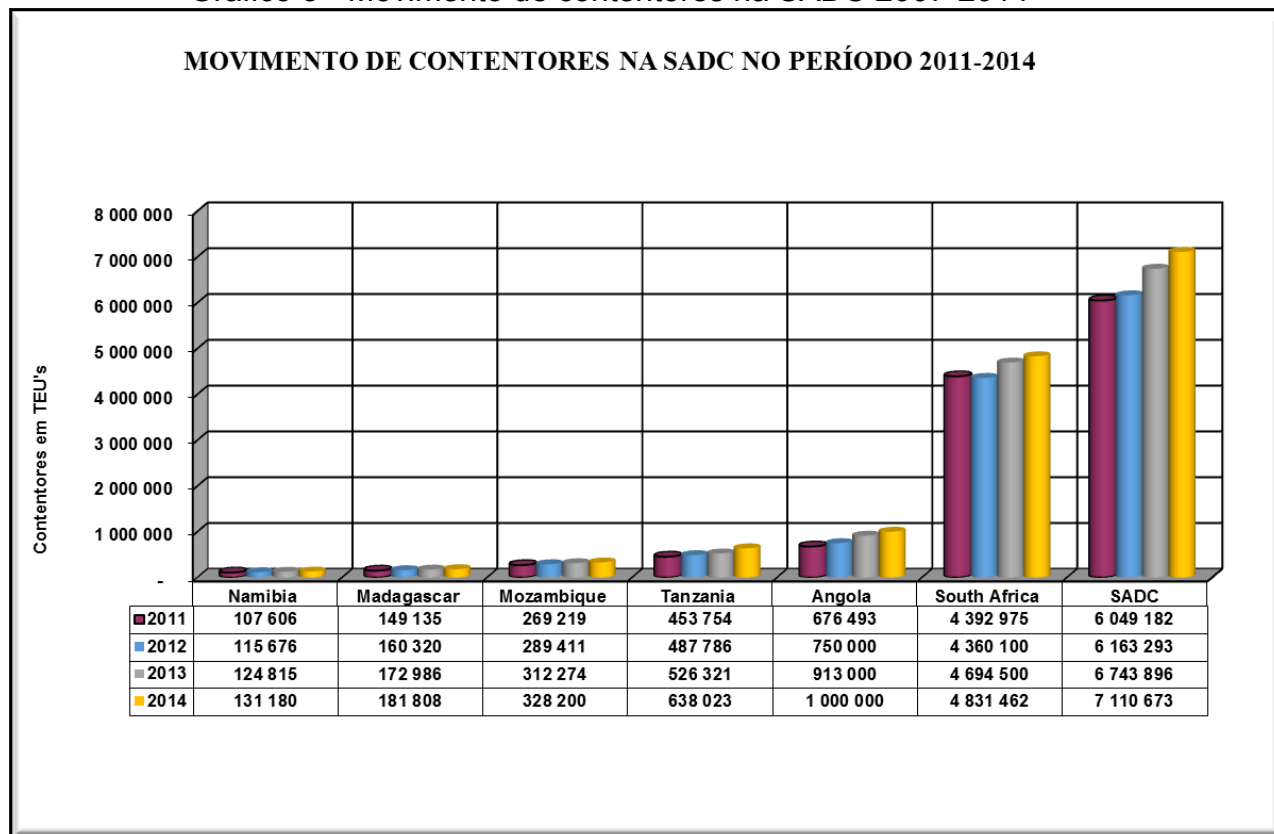
A região da Comunidade de Desenvolvimento da África Austral é formada por 14 países, conforme o mapa abaixo, no qual Moçambique faz parte.

Figura 3 – Países da região da SADC



Segundo dados publicados pelo Banco Mundial, o movimento de contentores na região da SADC no período 2007 a 2014 tende a evoluir significativamente, conforme o gráfico seguinte:

Gráfico 3 - Movimento de contentores na SADC 2007-2014



Fonte: Compilados pelo Autor desta pesquisa

Os dados da figura 14 mostram a evolução do movimento de contentores na SADC de 2011 a 2014. Em 2014, a região da SADC movimentou 7,1 milhões de contentores contra 6,0 milhões registados em 2011 o que mostra um crescimento de cerca de 1,0 milhão de contentores neste período.

Com base no gráfico acima verifica-se que Moçambique ocupa a quarta posição com 5% ao ter manuseado 328.200 TEU's, estando na terceira posição a Tanzânia com 9% (cerca de 638.023 TEU's), na segunda posição ocupa Angola com 14% correspondente a 1 milhão de TEU's e a África do Sul é líder com 68% neste mercado da SADC com 4.831.462 TEU's de carga manuseada em 2014.

1.2 Estudos semelhantes prévios

A análise da eficiência operacional dos terminais de contentores é um tema estudado por várias partes do mundo, sendo que para o caso de Moçambique esta pesquisa é o primeiro estudo a ser feito.

Algumas dissertações recentes que debruçaram-se sobre a análise da eficiência em terminais de contentores são descritos na tabela nº 1 a seguir.

Tabela 1 – Estudos semelhantes prévios

Escola	Autores	Modelo	Unidades	Input/Entradas	Output/Saída
Asiática	Syafaaruddin (2015)	DEA – CCR	18 terminais de contentores da Indonésia, 2014	Área do terminal em m ² , profundidade máxima, comprimento total do cais, índice de produtividade do guindaste e taxa de armazenamento	TEU ⁴ s movimentados
	Palma (2011)	DEA – BCC	10 terminais de contentores da Península ibérica	Número total de pórticos de mar [Un.], Número de funcionários [Un.], Área do terminal [ha], Número de tractores [Un.], Número total de equipamentos de pátio [Un.], Comprimento total do terminal [m]	TEUs movimentados e Movimento de contentores por navio hora
Europeia	Nigra (2010)	DEA-CRR e DEA-BCC	21 portos ibéricos	Outras despesas operacionais, Capex, N° de trabalhadores	Carga movimentada (ton) e passageiros
	Grilo (2014)	DEA-CRR e DEA-BCC	11 terminais portuários de Portugal	Comprimento total de cais [m], Número de Postos de Acostagem [Un.], Fundos [m], Área de armazenamento do terminal [ha], Número de Pórticos/Gruas/Guindastes [Un.]	Carga movimentada (ton)

⁴ TEU – *Twenty-foot Equivalent Unit*

Americana	Silveira (2009)	DEA-CRR e DEA-BCC	23 terminais portuários	Nº de berços, área do terminal e investimento	Carga movimentada (ton) e Navios atracados
------------------	-----------------	-------------------	-------------------------	---	--

Na sua dissertação, Nigra (2010: 36-37) resume os vários estudos feitos sobre a eficiência nos portos e terminais de contentores e apresenta os métodos e modelos que foram usados, conforme o descrito na tabela nº 2 a seguir.

Tabela 2 – Estudos anteriores sobre Modelo DEA

Autores	Modelo	Unidades	Input/Entradas	Output/Saídas
Valentine e Gray (2001)	DEA – CCR	31 dos maiores 100 terminais de contentores do Mundo, 1998	Comprimento total do cais, comprimento total do terminal de contentores	Número de contentores, total de carga movimentada
Itoh (2002)	DEA – Window	8 portos Japoneses	Área do terminal, atracações, gruas, empregados	TEU ⁵ s movimentados
Cullinane et al. (2004)	DEA – Window (CCR e BCC)	25 dos 30 maiores terminais de contentores do mundo, 1992 – 1999	Comprimento e área do terminal, número total de gruas, pórtilhos	TEUs movimentados
Wang et al. (2005)	DEA-CCR e DEA BCC	25 dos 30 maiores terminais de contentores do mundo e cinco portos da China Continental, 1992 – 1999	Comprimentos e área do terminal, número total de gruas móveis, número de pórtilhos	TEUs movimentados
Wang e Cullinane (2006)	DEA – CCR DEA – BCC	104 terminais de contentores Europeus, 2003	Comprimento total do cais, área do terminal e custo dos equipamentos	TEUs movimentados
Rios e Maçada (2006)	DEA – BCC	23 terminais de contentores MERCOSUR (15 Brasileiros, 6 Argentinos e 2 Uruguaios), 2002-2004	Gruas, atracações, rebocadores, área do terminal, empregados, quantidade de	TEUs movimentados, média de contentores movimentados por hora por navio

⁵ TEU – Twenty-foot Equivalent Unit

			equipamentos exteriores ao cais	
Mac Dowell (2007)	DEA – CCR	8 portos Brasileiros e os 4 maiores terminais de contentores do mundo, (2005)	Comprimento e área do terminal, número total de gruas, pórticos	TEUs movimentados

Fonte: (Nigra, 2010)

1.3 Modelos, sectores e países estudados (resumo)

Devido a vários factores exógenos e endógenos que condicionam a obtenção dos dados para análise da eficiência de uma unidade de produção, alguns estudos focalizam a análise da eficiência ao nível do terminal de contentores e outros ao nível do Porto como um todo.

Para melhor ilustração dos modelos, sectores e países estudados, Nigra (2010) apresenta um quadro com alguns estudos realizados utilizando o método DEA e seus modelos que se resumem na tabela a seguir:

Tabela 3 - Modelos, sectores e países estudados

Modelos	Sectores	Países estudados
DEA – BCC e DEA – CCR	Portuário	Espanha, Portugal, Indonésia, Coreia, Grécia, China, Brasil, Argentina, Uruguai, Itália, África oriental, Médio Oriente, Japão e outros países do mundo

Fonte: Adaptado de Nigra (2010)

Por outro lado, na sua tese, Liu (2010) agrupa vários estudos em 3 grupos ou contextos, nomeadamente, mundial, regional e nacional (cada país) dos portos e terminais, conforme se segue:

- No contexto mundial, Liu (2010) mostra pesquisas de Cullinane & Song, (2006), Tongzon & Heng (2005) e Sun, Yan & Liu (2006) que analisam a eficiência dos portos, com uma amostra entre 20 a 30 portos, comparando com o *benchmarking* dos portos de calibre mundial;
- No contexto regional, Liu (2010) identifica pesquisas de Notteboom, Coeck e Van Den Broeck (2000) que estudaram 36 terminais de contentores europeus e 4 terminais da Europa do leste; Cullinane, Song e Gray (2002) estudaram

15 terminais de portos asiáticos. Nesta perspectiva, as pesquisas procuram analisar a eficiência de portos e terminais de zonas económicas, por exemplo, países da SADC com objectivo de identificar o melhor terminal/porto de referência. Para a região da SADC os portos de referência são da África do Sul;

- No contexto específico de cada país, Liu (2010) inclui estudos de Liu (1995), que analisou 28 portos comerciais da Inglaterra; Coto-Millan, Banso-Pino e Rodriguez-Alvarez (2000) que analisaram 27 portos espanhóis; Estache, Gonzalez e Trujillo (2002) pesquisaram 13 autoridades portuárias mexicanas; Cullinane e Song (2003) analisaram três terminais de contentores da Coreia e dois terminais de contentores da Inglaterra; Barros (2005) estudou 10 autoridades portuárias portuguesas; Rodriguez-Alvarez, Tovar e Trujillo, (2007) analisaram 3 terminais multiuso das Ilhas Canárias; Gonzalez e Trujillo (2008) analisaram 5 autoridades portuárias espanholas. Portanto, como se pode depreender, há vários estudos que focalizam apenas os portos e terminais de cada país, dada a dificuldade da colecta de informação consistente para os restantes contextos.

Com base no exposto acima, a presente pesquisa enquadra-se no contexto específico de Moçambique e procura focalizar o estudo da eficiência no contexto dos terminais de contentores sem incluir aspectos e factores além-fronteiras.

1.4 Objectivos

1.4.1 Objectivo geral

O objectivo geral desta pesquisa é analisar o nível da eficiência operacional dos terminais de contentores de Maputo, Beira e Nacala em 2015, recorrendo ao método que se revelar mais adequado para esta pesquisa.

1.4.2 Objectivos específicos

- Identificar os recursos - “*Inputs*” empregues e a quantidade de contentores movimentados - “*Output*” nos terminais de contentores de Maputo, Beira e Nacala do ano 2015;

- Determinar o nível da eficiência de cada terminal com base no desempenho de 2015 com recurso ao método que se revelar mais adequado;
- Analisar e comparar as eficiências dos terminais estudados, destacando os *inputs* que precisam de ser melhorados ou ajustados para aumento da eficiência nesses terminais.

1.5 Estrutura da pesquisa

Esta pesquisa é composta por cinco capítulos, conforme se segue. O primeiro capítulo introdutório faz uma abordagem geral do tema e apresenta a relevância do tema de investigação; faz menção de alguns estudos semelhantes prévios, países estudados, o problema da pesquisa, hipóteses e objectivos. O Segundo capítulo faz a revisão da literatura e o estado da arte sobre a eficiência portuária, evolução dos estudos realizados no sector portuário, o comparativo de correntes e paradigmas, nomeadamente, o método de Análise Envoltória de Dados (DEA), o comparativo crítico de alguns estudos realizados, o modelo proposto e hipóteses de investigação e por fim faz uma abordagem geral da operação portuária em Moçambique. O terceiro capítulo apresenta a metodologia e desenho da investigação, a informação necessária para o estudo, selecção dos sujeitos, população, o tipo de abordagem, método de recolha e análise de dados e as limitações do estudo. O quarto apresenta o estudo de caso, a análise de dados e aplicação do método DEA nos seus modelos DEA-CCR e DEA-BCC e por fim, no quinto capítulo, apresentam-se as conclusões, as recomendações e as limitações sobre o estudo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Correntes e paradigmas (*State-of-the-art*)

2.1.1 Conceitos básicos de eficiência, eficácia e produtividade

A abordagem literária dos vários autores sobre a eficiência, eficácia e produtividade dos portos e terminais portuários tende a convergir em certas matérias. Para falar da eficiência e produtividade é indispensável dispor de um quadro de indicadores de desempenho do sistema portuário.

A eficiência portuária, significa, acima de tudo, reunir capacidade de investimento em meios humanos, infra-estruturais e equipamentos, bem como implementar novos e avançados sistemas de gestão que permitam atingir níveis de produtividade à altura das exigências dos utilizadores dos serviços portuários.

Para Rios (2006) *apud* Grilo (2014:15), a eficiência é a comparação entre o produto observado e o máximo produto potencial alcançável, para os recursos utilizados. Outro conceito que não se pode ignorar quando se trata da eficiência é a diferença existente entre esta e a eficácia. Para Soares de Mello et al. (2005) *apud* Grilo (2014:15) referem que a eficácia está ligada ao que é produzido sem levar em conta os *inputs*. Portanto, a eficácia é um factor importante para a análise do desempenho, porém, avaliada isoladamente, não é adequada por não considerar os dados de entrada (*inputs*) e também devido à subjectividade inerente à determinação de eficácia ou ineficácia das unidades decisoras (do inglês, *DMUs – Decision Making Units*).

De acordo com Nigra (2010: 28), a eficiência de qualquer DMU é obtida como o máximo da relação ponderada de *outputs* e *inputs* na condição, que as relações semelhantes para cada DMU, sejam igual ou inferior a um (1). Por outro lado, Cullinane e Song (2002) a eficiência é um conceito relevante no contexto económico dos portos, nos dias de hoje, não apenas relativamente às posições estratégicas dos portos que ligam os diversos países de um mundo globalizado, mas também, no que diz respeito à conexão das diferentes localidades de cada mesmo país.

Por outro lado, Macedo e Manhães (2009) referem que o transporte de carga em contentores é uma tendência mundial, abarcando não somente países

desenvolvidos, como países em desenvolvimento. A utilização de contentores oferece uma maior eficiência no transbordo da carga e, em consequência, essa redução de tempo na troca de modais reduz os custos de transportes, aumentando a margem de lucro das empresas.

De acordo com Liu (2010:33), existem dois conceitos sobre o desempenho económico que são: produtividade e eficiência. Segundo Liu (2010), o conceito de produtividade é definido como sendo a relação do rácio entre volume do *output* sobre volume de *inputs* usados, ao passo que a eficiência é um conceito relativo que mostra o desempenho da empresa e a comparação com referências de excelência (*benchmarking*⁶) do sector. Segundo Grilo (2014:14), a determinação da produtividade de qualquer organização traz benefícios para os gestores na medida em que permite:

- a) Identificação de actividades mais produtivas;
- b) O estabelecimento da quantidade e do uso dos recursos de forma optimizada;
- c) A definição da quantidade necessária de investimento para aumentar a produção;
- d) A orientação da unidade, quando ineficiente, para melhorar a produção;
- e) A determinação de estratégias para um aumento de produtividade.

Por outro lado, Falcão e Correia (2012:140) referem que a eficiência técnica de uma unidade produtiva pode ser medida pela razão entre a produção observada e a produção máxima, ou pela razão entre a quantidade mínima necessária de recursos e a quantidade efectivamente empregada, dada a quantidade de produtos gerada.

De forma mais abrangente, considera Ghobadian e Husband (1990) *apud* Silveira (2009) referem e que existem três amplas categorias de produtividade, sendo:

- Conceito económico aborda a eficiência na alocação de insumos;
- Conceito tecnológico analisa a relação entre a fracção utilizada de *inputs* e *outputs* na produção de acordo com a tecnologia empregue;

⁶ *Benchmarking* - é considerado um processo contínuo e sistemático de empresas e serviços, através da sua comparação com unidades consideradas eficientes, levando ao estabelecimento de acções gerenciais efectivas, com o objectivo de aprimorar os resultados (redução de custos, aumento de produção, etc.), (Macedo & Manhães, 2009).

- Conceito de engenharia estuda a relação entre o efectivo e o potencial *output* num determinado processo.

Na sua dissertação, Nigra (2010), refere que vários autores afirmam que a eficiência e a produtividade são conceitos mais importantes na avaliação do desempenho. Quando uma organização produz menos *outputs*, daquilo que é tecnicamente possível, a partir duma quantidade fixa de *inputs*, esta organização é considerada ineficiente, (Nigra, 2010).

Assim, o método DEA constrói uma eficiência relativa que contabiliza o rácio entre saídas e entradas virtuais”, conforme a equação a seguir, (Grilo, 2014).

$$Eficiencia_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \quad (1)$$

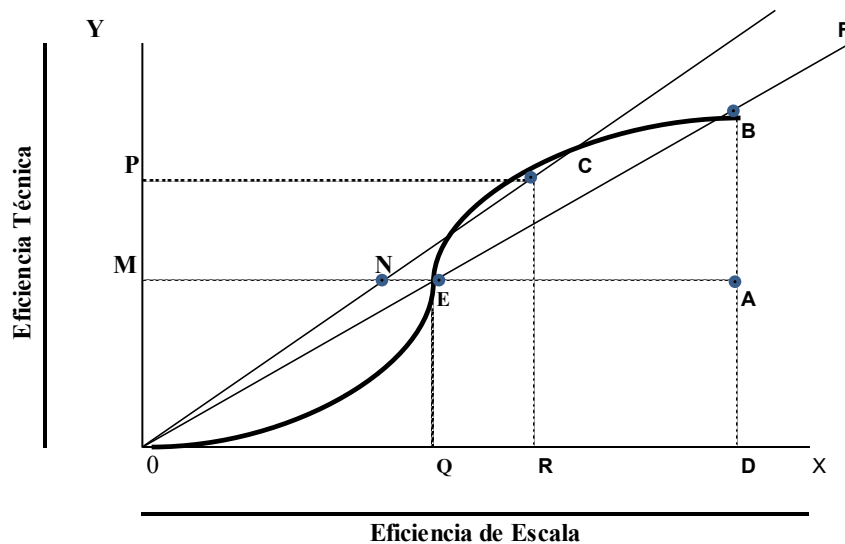
Sabendo que:

- y_{rj} - representa a saída r da unidade j ;
- x_{ij} - representa a entrada i da unidade j ;
- v_i e u_r representam, respectivamente, os pesos de cada entrada i e de cada saída r .

Segundo Wang, Cullinane e Song (2005) *apud* Liu (2010) subdividem a eficiência em três grupos, designadamente, eficiência técnica, eficiência de escala e eficiência alocativa. Por definição, Silveira (2009:10), diz que a eficiência técnica é a medida entre as razões de produtividades observadas e pode ser vista de duas formas. A primeira forma, Wang et al.(2002) *apud* Silveira (2009:10) dizem que a eficiência técnica indica a habilidade de produzir um máximo nível de produto (*output*) para um dado nível de insumo (*input*) através do incremento da tecnologia. Noutra forma, a eficiência técnica indica a habilidade em reduzir o mínimo de insumo (*input*) para o mesmo nível de produto (*output*), conforme mostra a figura 1. De acordo com Silveira (2009:10) refere que a eficiência de escala é mensurada pela razão da produtividade de um ponto qualquer na fronteira ao ponto de máxima produtividade

observada. Por seu turno, Wang, Cullinane e Song (2005) *apud* Liu (2010)⁷ definem eficiência alocativa como sendo a medida de benefício ou utilidade derivada de uma escolha proposta ou real na distribuição ou repartição dos recursos.

Figura 4 - Ilustração da produtividade e dos tipos de eficiência



Fonte: Adaptado de Silveira (2009)

Onde:

- A, B e C são unidades de negócio diferentes dentro da mesma indústria, onde “C” é a unidade modelo ou *benchmarking* no sector;
- X são insumos ou *inputs*;
- Y são produtos ou *outputs*;
- A produtividade da unidade “A” é calculada pela razão entre AD/OD ;
- A produtividade de “B” é igual a BD/OD
- Por exemplo, a eficiência técnica da unidade “A” é calculada pelo quociente de $(AD/OD)/(BD/OD)$.

Na sua tese, Liu (2010) conclui que na análise da eficiência a literatura existente focaliza-se na eficiência técnica.

⁷ Tradução livre do autor: no original “...Allocative efficiency is a measure of the benefit or utility derived from a proposed or actual choice in the distribution or apportionment of resources”(Liu,2010).

2.1.2 Métodos para avaliar a eficiência e sua implementação

Segundo Liu (2010:33), as principais correntes para o cálculo da eficiência e produtividade são:

“*Index number, Corrected Original Least Squares (COLS), Data Envelopment Analysis (DEA), and Stochastic Frontier Analysis (SFA)*”.

Na sua tese, Liu (2010) explica que o método *Index Number* está relacionado com indicadores de produtividade. Por seu turno, o método de estimação *Corrected Original Least Squares (COLS)* avalia a eficiência no processo produtivo e está intrinsicamente ligado com as funções de produção e de custos de uma determinada organização.

Para Falcão e Correia (2012:141), as principais metodologias de avaliação da eficiência portuária podem ser separadas em dois grupos: Análise Envoltória de Dados (DEA) e Fronteira Estocástica (do inglês, *Stochastic Frontier Analysis*). Por outro lado, estes autores esclarecem que a metodologia DEA avalia a eficiência relativa dos portos, ao passo que a Fronteira Estocástica avalia a eficiência técnica ou económica dos portos.

2.2 Método DEA e seus modelos

Segundo Nigra (2010), o método da Análise Envoltória de Dados (do inglês, *DEA – Data Envelopment Analysis*) foi desenvolvido em 1978 por Charnes, Cooper e Rhodes, normalmente designado por modelo “DEA-CCR”, para medir a eficiência técnica, utilizando diversos *inputs* e *outputs*, transformando-os num único *input* virtual e num único *output* virtual. Na sua dissertação, Nigra (2010:31) diz que a eficiência é definida pelo modelo DEA-CCR como sendo a relação da soma ponderada dos *outputs* com a soma ponderada dos *inputs*, onde a estrutura dos pesos, é calculada por meio de programação matemática e são assumidos Rendimentos Constantes de Escala (do inglês, CRS – *Constant Returns to Scale*). Em 1984, os autores Banker, Charnes e Cooper (BCC) desenvolveram o modelo

DEA-BCC com Rendimentos Variáveis de Escala (do inglês, VRS – *Variable Returns to Scale*).

De acordo com Nigra (2010), o método DEA foi usado em diversas áreas para avaliar a eficiência. Os resultados deste método são mais detalhados do que os obtidos em outros paradigmas, servindo melhor ao embasamento de recomendações de natureza de gestão.

O método DEA subdivide-se em dois paradigmas, conforme a tabela abaixo.

Tabela 4 – Paradigmas do método DEA

Abordagem	Autores	Formulação/Modelos
DEA-CCR	Charnes, Cooper e Rhodes – 1978	CRS – <i>Constant Returns to Scale</i> ou Rendimentos de escala constantes.
DEA-BCC	Banker, Charnes e Cooper - 1984	VRS – <i>Variable Returns to Scale</i> ou Rendimentos de escala variáveis

Fonte: Adaptado pelo autor deste trabalho

De acordo com Grilo (2014), os modelos da técnica DEA podem ser orientados por entradas (*inputs*), por saídas (*outputs*), ou por ambos. Na sua dissertação, Grilo (2014:17) esclarece que a implementação orientada para *Inputs* visa minimiza-los o suficiente para se obter um nível de saídas desejado. Por outro lado, a orientação por saídas visa maximiza-las para um nível de entradas fixo, isto é, dados os actuais valores de entradas na unidade, quais os níveis de saídas máximos que se podem atingir. Para a orientação por ambos procura a máxima eficiência, minimizando as entradas e maximizando as saídas, (Grilo, 2014).

Para Macedo e Manhães (2009:39), a *abordagem* DEA orientada para *inputs* maximiza as quantidades de produtos através de uma combinação linear dos vários produtos da empresa. A Abordagem DEA orientada para saídas ou *outputs* pretende-se minimizar as quantidades de insumos ou *inputs*, isto é, procura-se minimizar uma combinação linear das quantidades dos vários insumos da empresa.

Por seu turno, Falcão & Correia (2012) indicam as principais características da Análise Envoltória de Dados - DEA, por ser um modelo não paramétrico e determinístico, é uma técnica baseada na programação linear.

Segundo Falcão e Correia (2012:143), o método DEA, não apresenta coeficientes, e quanto menor a amostra, melhores serão as interpretações, porém há necessidade de escolher uma amostra correlacionada para obter informações mais precisas. A principal deficiência é a necessidade de um grande número de dados de difícil acesso, Falcão e Correia (2012:143).

Deste modo, a análise da eficiência operacional dos terminais de contentores de Maputo, Beira e Nacala foi feita com recurso ao método DEA em ambos modelos, designadamente, DEA-CCR e DEA-BCC. De acordo com Palma (2011:33), o método DEA é utilizado pelos investigadores para avaliar o desempenho dos terminais e, consegue ao mesmo tempo projectar as melhorias que cada variável deverá ter para atingir a linha de fronteira eficiente.

De acordo com Neyma (2014:51), a técnica DEA é considerada a mais apropriada para medir a eficiência nos terminais de contentores portuária.

2.2.1 Modelo DEA-CCR

O modelo DEA-CCR deriva das letras iniciais dos autores Charnes, Cooper e Rhodes que desenvolveram este modelo em 1978. Na sua dissertação, Grilo (2014), refere que a formulação DEA-CCR avalia a eficiência técnica total, identifica as DMUs eficientes e ineficientes e determina a que distância da fronteira de eficiência estão as unidades ineficientes. Nesta formulação, qualquer variação nas entradas ou *inputs* produz uma variação proporcional nas saídas ou *outputs*. Este modelo pode ser orientado para *inputs* e *outputs*. As formulações do modelo DEA-CCR a seguir apresentadas são baseadas na dissertação de Talluri (2000) *apud* Grilo (2014).

O modelo DEA-CCR com orientação para *inputs* é dado pela equação seguinte:

$$MAX.....z_0 = \frac{\sum_{y=1}^O v_y O_{y0}}{\sum_{x=1}^I u_x I_{x0}} \quad (2)$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{r=1}^S u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \forall k \quad (3)$$

$$u_x, v_y \geq 0, \forall x, y$$

Sabendo que:

Z_0 : Eficiência da DMU 0;

I : Número total de *inputs*;

O : Número total de *outputs*

N : N° total de DMU's;

I_{xk} : Quantidade de *input* x para DMU k ; $k = 1, 2, \dots, n$;

O_{yk} : Quantidade de *output* y para a DMU k ; $k = 1, 2, \dots, n$;

u_x : peso do *input* x ;

v_y : peso do *output* y .

A função objectivo do modelo (3) representa a eficiência da DMU, a qual será maximizada. Essa eficiência será multiplicada pelos *inputs*, de forma a obter a

fronteira eficiente. A inequação $\frac{\sum_{y=1}^O v_y O_{yk}}{\sum_{x=1}^I u_x I_{xk}} \leq 1, k = 1, \dots, n$ garante que a razão do

somatório dos *outputs* pelo somatório dos *inputs* seja menor ou igual a 1. A Inequação $u_x, v_y \geq 0, \forall x, y$, garante que os pesos, tanto dos *inputs* quanto dos *outputs*, sejam não negativos para qualquer valor de x e y . A formulação citada

trata-se de um problema de programação fraccional, que recai num problema de programação não-linear, devido à divisão entre variáveis de decisão. Isso pode ser resolvido definindo o denominador da função objectivo como uma constante.

Assim, o problema transforma-se num problema de programação linear e se houver solução óptima esta será obtida quando se tem a seguinte estrutura:

$$MAX.....z_0 = \sum_{y=1}^O v_y O_{y0} \quad (4)$$

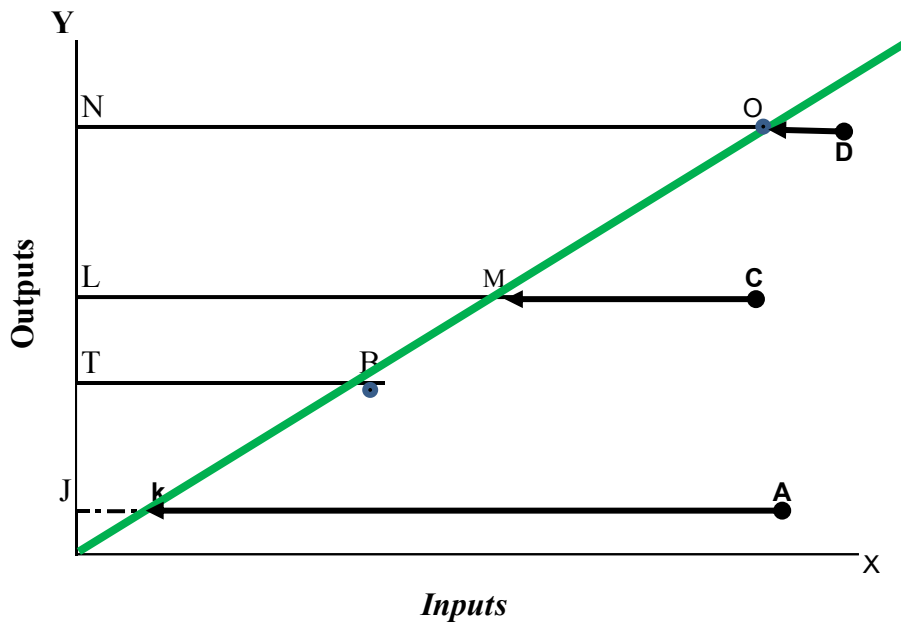
Sujeito a:

$$\sum_{x=1}^I u_x I_{x0} = 1 \quad (5)$$

$$\sum_{y=1}^O v_y O_{yk} - \sum_{x=1}^I u_x I_{xk} \leq 0, \forall k \quad (6)$$

$$u_x, v_y \geq 0, \forall x, y$$

Esta forma do problema é conhecida como o problema dos multiplicadores, como também são chamados os pesos x u e y . Conforme Soares de Mello et al. (2003) *apud* Grilo (2014), a estrutura matemática desses modelos permite que uma DMU seja considerada eficiente com várias combinações de pesos. Caso um dos pesos seja zero, significa que a variável foi desconsiderada. A figura 2 ilustra graficamente o modelo DEA/CCR orientado a *inputs*.

Figura 5 - Modelo DEA-CCR orientado para *inputs*

Os pontos “A”, “B”, “C” e “D” são as DMUs analisadas. A DMU “B”, por se encontrar em cima da fronteira, é considerada eficiente. As setas indicam a projecção de cada DMU ineficiente na fronteira através da redução dos recursos (*inputs*). A eficiência do ponto “A” é obtida da razão entre os segmentos “JK”/“JA”. A eficiência das restantes DMUs é obtida fazendo-se a razão dos segmentos “B” (“TB”/“TB”), C(“LM”/“LC”) e D(“NO”/“ND”).

A formulação da DEA – CCR, orientada a *output*, é ilustrada segundo Talluri (2000) *apud* Grilo (2014). Quando o modelo CCR é orientado a *output*, determinar-se-á a eficiência máxima, que será multiplicada por todos os *outputs*, mantendo-se constantes os *inputs*, para a DMU atingir a fronteira eficiente.

$$MIN.....z_0 = \sum_{x=1}^I u_x I_{x0} \quad (7)$$

Sujeito a:

$$\sum_{y=1}^O v_y O_{y0} = 1 \quad (8)$$

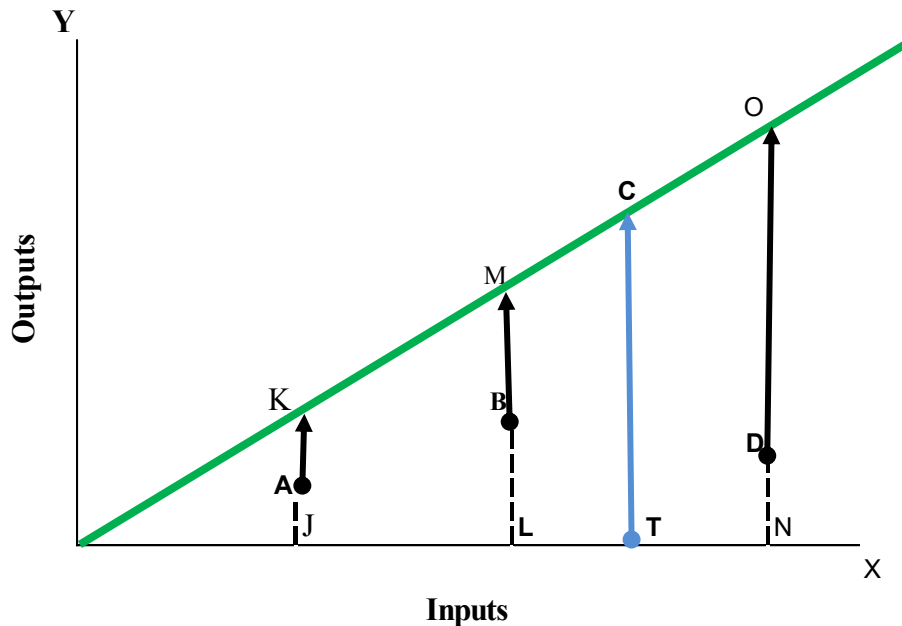
$$\sum_{y=1}^O v_y O_{yk} - \sum_{x=1}^I u_x I_{xk} \leq 0, \forall k \quad (9)$$

$$u_x, v_y \geq 0, \forall x, y$$

Segundo Talluri (2000) *apud* Grilo (2014), a diferença em relação ao modelo orientado a *inputs* é a troca da função objectivo: no modelo orientado a *outputs*, o objectivo é minimizar o somatório dos *inputs* multiplicados pelos seus pesos. A outra diferença é a restrição que faz com que o somatório dos *outputs*, multiplicados pelos seus pesos, seja igual a 1 (8).

A figura 3 apresenta, numa forma gráfica, o modelo DEA/CCR orientado a *output*. As DMUs “A”, “B”, “C” e “D” são as DMUs analisadas. A DMU “C”, por se encontrar em cima da fronteira, é considerada eficiente. As setas indicam a projecção de cada DMU ineficiente na fronteira, através da maximização dos produtos (*outputs*). A eficiência do ponto “A” é obtida pela razão entre os segmentos “JA”/”JK”. A eficiência das restantes DMUs é obtida fazendo-se a razão dos segmentos “B” (“LB”/”LM”), “C” (“TC”/”TC”) e “D” (“ND”/”NO”).

Figura 6 - Modelo DEA-CCR orientado para Outputs



O modelo DEA-CCR determina a fronteira que indica que crescimentos proporcionais dos *inputs* produzirão crescimentos proporcionais dos *outputs*.

2.2.2 Modelo DEA-BCC

O modelo DEA-BCC deriva das letras iniciais dos autores Banker, Charnes e Cooper que desenvolveram este modelo em 1984. De acordo com Macedo e Manhães (2009), a formulação DEA-BCC utiliza uma abordagem que permite a projecção de cada unidade ineficiente sobre a superfície de fronteira (envoltória) determinada pelas unidades eficientes de tamanho compatível.

O modelo BCC passa a considerar a possibilidade de rendimentos crescentes ou decrescentes de escala na fronteira eficiente, obrigando que essa seja convexa. De acordo Soares de Mello et al. (2003), o modelo BCC permite que as DMUs, que operam com baixos valores de *inputs*, tenham retornos crescentes de escala e, as que operam com altos valores, tenham retornos decrescentes.

O modelo BCC também pode ser orientado a *input* ou *output*. A estruturação do modelo BCC é igual à do CCR, então será apresentada apenas a formulação do modelo BCC, desenvolvido por Banker et al. (1984), já em programação linear orientado a *input* e a *output*. A seguir é apresentada a orientação a *input*.

$$MAX.....z_0 = \sum_{y=1}^O v_y O_{y0} + v_0 \quad (10)$$

Sujeito a:

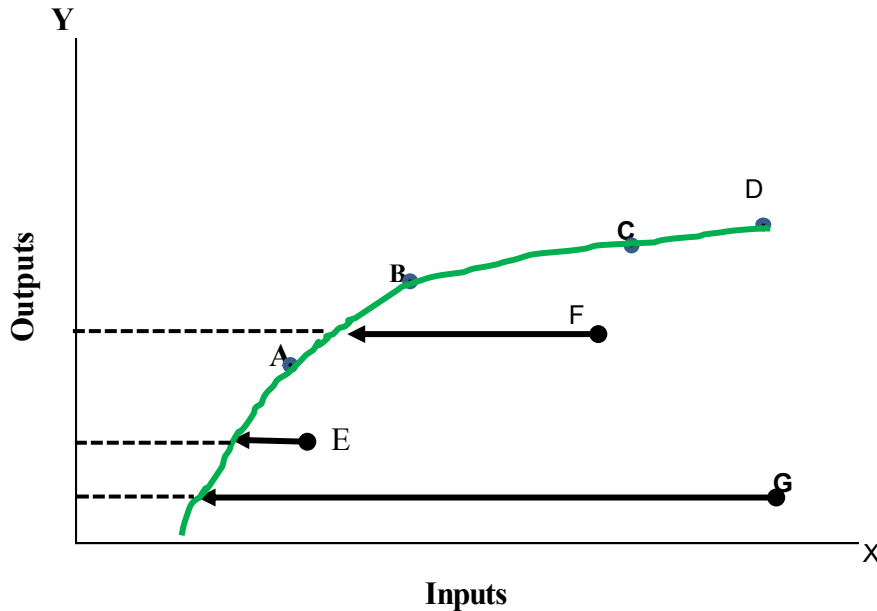
$$\sum_{x=1}^I u_x I_{x0} = 1 \quad (11)$$

$$\sum_{y=1}^O v_y O_{yk} - \sum_{x=1}^I u_x I_{xk} \leq 0, \forall k \quad (12)$$

$$u_x, v_y \geq 0, v_0 \in \Re$$

A figura 4 mostra o modelo DEA/BCC orientado a *input*. As DMUs “A”, “B”, “C”, “D”, “E”, “F” e “G” são as DMUs analisadas. As DMUs “A”, “B”, “C” e “D”, por se encontrarem na fronteira, são consideradas eficientes.

Figura 7 – Modelo DEA-BCC orientado para *inputs*



Fonte: Grilo (2014)

As setas indicam a projecção de cada DMU ineficiente em relação à fronteira, através da redução dos recursos (*inputs*). A formulação do modelo BCC orientada a *output* é apresentada a seguir.

$$\text{MIN} \dots z_0 = \sum_{y=1}^O u_x I_{x0} + u_0 \quad (13)$$

Sujeito a:

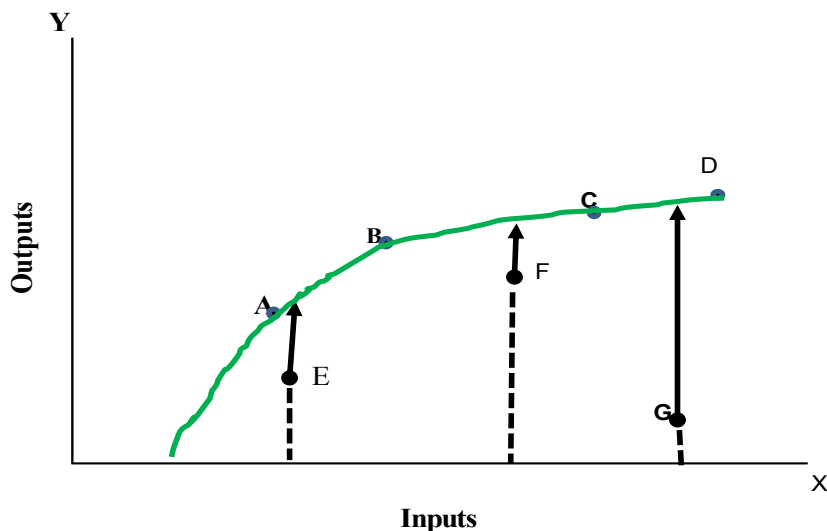
$$\sum_{y=1}^O v_y O_{y0} = 1 \quad (14)$$

$$\sum_{y=1}^O v_y O_{yk} - \sum_{x=1}^I u_x I_{xk} - u_0 \leq 0, \forall k \quad (15)$$

$$u_x, v_y \geq 0, u_0 \in \Re$$

As variáveis x e y são interpretadas como factores de escala (Soares De Mello et al., 2003). A figura 5 mostra o modelo DEA/BCC orientado a *output*. As DMU “A”, “B”, “C”, “D”, “E”, “F” e “G” são as DMUs analisadas. As DMUs “A”, “B”, “C” e “D”, por se encontrarem na fronteira, são consideradas eficientes.

Figura 8 - Modelo DEA-BCC orientado para *outputs*



Fonte: Grilo (2014)

As setas indicam a projecção de cada DMU ineficiente em relação à fronteira através da maximização dos produtos (*outputs*). Coelli (1999) sugere que a decisão da orientação do modelo a ser utilizado (*input* ou *output*) deve ser feita com a análise das variáveis seleccionadas, de modo que a orientação seja feita com os dados mais confiáveis.

2.2.3 Varáveis do método DEA

Tal como propõe Dias et al (2009), citando estudos anteriores sobre esta matéria, realizados por Roll e Hayuth (2006), Tongzon (2001), Turner et al. (2004), Cullinane et al., (2004), Sharma e Yu (2009) apresentam, com frequência, as variáveis a seguir e que também serão objecto de análise:

Tabela 5 – Variáveis para o estudo

Indicador	Tipo
Número total de pórticos de mar [Un.]	Input
Número de funcionários [Un.]	Input
Área do terminal [ha]	Input
Número de tractores [Un.]	Input
Número total de equipamentos de pátio [Un.]	Input
Comprimento total do terminal [m]	Input
TEU's [Un.]	Output
Movimento contentores por navio por hora [Un.]	Output

Fonte: Palma (2011:67)

Contudo, de acordo com Golany e Roll (1989) *apud* Grilo (2014:56), o número de DMUs deve ser pelo menos duas vezes o número de variáveis, e um número grande de variáveis reduz a capacidade do DEA distinguir os DMUs eficientes dos ineficientes, e assim o modelo deveria ser o mais compacto possível para maximizar o poder discriminatório do método DEA.

Segundo Palma (2011), algumas das variáveis utilizadas apresentam algumas nuances que devem ser tidas em conta na avaliação dos resultados, nomeadamente:

- i. Número de Pórticos de mar – não distingue o tipo (*Panamax* 12~13), *Post-Panamax* (18), *Super Post-Panamax* (+22);
- ii. Área do terminal – não distingue as condições do pavimento; não existe precisão na informação da área de estacionamento efectiva.
- iii. Número total de equipamentos de pátio – não distingue os diferentes tipos de equipamentos *Transtainers*, *RTG*, *Stradle Carriers*, *Reach Stackers*, *Fork Lifts*;
- iv. Comprimento total do terminal – não distingue as condições de atracagem; não distingue os calados;
- v. TEU – não distingue o número de navios estivados; não distingue o peso de cada contentor.

2.3 Estudos realizados no sector portuário pelo método DEA

A evolução dos estudos realizados no sector portuário está repartida em dois paradigmas, designadamente, o método DEA e seus modelos CCR e BCC.

Estudos recentes de acordo com as dissertações e artigos científicos consultados mostram a predominância da utilização do método DEA para análise da eficiência nos portos e terminais.

Particularmente no sector portuário, foram realizados alguns estudos através do método DEA, conforme consta na dissertação de Nigra (2010) e transcrito na tabela nº 6 seguinte. De acordo com este autor, a aplicação desta técnica no sector portuário começou com Roll e Hayuth (1993) que utilizaram apenas dados artificiais para fazer uma examinação teórica da aplicação do método DEA neste sector.

Tabela 6 – Estudos realizados com DEA em terminais de contentores

Autores	Amostra	Método	Inputs	Outputs	Conclusões
Tongzon (2001)	4 portos australianos e 12 portos internacionais com uma elevada capacidade de transporte de contentores	DEA - Aditivo e DEA - CCR	número de gruas, as atracções, os rebocadores, a área do terminal, o trabalho ⁸ e os tempos de atrasos ⁹	TEU, taxa de trabalho nos navios ¹⁰	4 portos ineficientes através do modelo DEA – Aditivo
Valentine e Gray (2001)	31 dos 100 maiores terminais de contentores do mundo para o ano de 2001	DEA – CCR	comprimento total dos cais e o comprimento total dos cais de contentores	TEU, Toneladas métricas	foi investigada a relação entre a eficiência dos portos e do tipo de estrutura organizacional
Itoh (2002)	8 portos japoneses	DEA window	área do terminal de contentores, o número de atracções, o número de gruas e o número de empregados	TEUs	4 inputs foram insuficientes para retirar as conclusões desejadas. Quando indicadores como a mão-de-obra são acrescentados ao modelo DEA, este torna os resultados mais consistentes, acabando por diminuir o seu poder discriminatório
Serrano e Castellano (2003)	nove portos espanhóis de 1992 a 2000	DEA	comprimento do cais, a área do terminal, incluindo armazéns, edifícios, estradas e espaços verdes, e por fim o número de gruas	TEU, Toneladas métricas	1) os portos espanhóis apresentavam um excesso de investimento em infra-estruturas; 2) existia uma relação inversa entre a eficiência e a dimensão dos portos.
Cullinane et al. (2004)	25 dos 30 maiores terminais de contentores do mundo entre os anos 1992 e 1999	CCR e BCC	comprimento e a área do terminal, o número de gruas e de pórtilos	TEUs	portos público/privados obtiveram melhor desempenho
Wang e Cullinane (2006)	104 terminais de contentores de 29 países	CCR e BCC para o ano de 2003	comprimento total do cais, a área do terminal e as despesas anuais dos equipamentos do terminal	TEUs	superioridade, ao nível de eficiência, dos terminais de maior dimensão em relação aos menores
Rios Maçada (2006)	23 terminais da MERCOSUL	BCC	número de gruas, o número de atracções, a área do terminal, o número de empregados e o número de equipamentos	TEUs, número de movimentos, por hora por navio	14% terminais 100% eficientes

Fonte: Adaptado de Nigra (2010)

⁸ Refere-se ao número de trabalhadores de estiva.⁹ Tempos de atrasos - definidos como a diferença entre o tempo total no cais, o tempo à espera no cais e do tempo entre o início e término do trabalho no navio.¹⁰ Definida como o número de contentores movimentados por hora de trabalho por navio.

2.4 Comparativo de correntes (esquema) e paradigmas

Os paradigmas DEA e SFA são apontados como os mais comuns para o estudo da eficiência dos portos e terminais portuários.

As principais características dos métodos DEA e SFA são apresentadas na tabela abaixo:

Tabela 7 – Comparativo de correntes

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 e Correia (2012:144)

Tendo em conta a literatura existente, Bauer (1990) apresenta vantagens e desvantagens de cada modelo, conforme a tabela a seguir:

Tabela 8 – Vantagens e desvantagens das técnicas para avaliar a eficiência

Técnica	Vantagem	Desvantagem
Fronteira Estocástica (SFA)	- Identifica os desvios em relação à fronteira de produção - Decompõe em ruídos puramente aleatórios e ineficiência.	Utiliza apenas um único produto que pode ser considerado
Índice Malmquist	Identifica o comportamento da eficiência oriunda da tecnologia e da natureza relativas da mudança de produtividade.	É sensível à especificação e à quantidades de variáveis por unidades agregadas.
Análise por Envolvência de Dados - DEA	- Analisa múltiplos produtos e múltiplos <i>inputs</i> sem a especificação de nenhuma forma funcional. - Determinar uma fronteira linear por partes compreendidas pelo conjunto de DMU's. - Apresenta uma flexibilidade nos pesos.	Amostra não pode ser muito grande, pois pode causar distorções no resultado.

De acordo com Neyma (2014:51), a técnica DEA é considerada a mais apropriada para medir a eficiência nos terminais de contentores portuária pelas vantagens acima indicadas. Para além disso, segundo Falcão e Correia (2012:142), referem que a principal desvantagem do método de Fronteira Estocástica é a necessidade de um grande número de dados de difícil acesso, além dos problemas com as definições dos insumos/*inputs* e produtos das actividades dos portos.

2.5 Comparativo crítico de estudos

Com base na literatura existente, o pesquisador identificou duas correntes importantes para análise da eficiência em terminais portuários que são: Análise Envoltória de Dados (DEA) e Fronteira Estocástica (SFA). Para Falcão e Correia (2012:135), a metodologia da Fronteira Estocástica (SFA) apresenta como principal vantagem o facto de comparar os resultados dos portos analisados com parâmetros técnicos ou normalizados. Porém, só consegue analisar um produto por vez. Por sua vez, a Análise Envoltória de Dados (DEA), tem como vantagem a possibilidade de analisar múltiplos produtos, mas com um número reduzido de dados na amostra a fim de não causar distorções nos resultados, conforme refere Falcão e Correia (2012). Segundo Liu (2010:34) e Palma (2011:18) o ponto forte da metodologia DEA é de não requerer *a priori* uma função objectivo explicita. Para além disso, estes autores avançam algumas características da técnica DEA, nomeadamente:

- a) Examina a possibilidade de diferentes ajustes de *inputs* e *ouputs*;
- b) Permite localizar a fronteira eficiente dentro de um grupo analisado e as unidades incluídas;
- c) Determina, para cada unidade eficiente, subgrupos de unidades eficientes, os quais formam seu conjunto de referência.

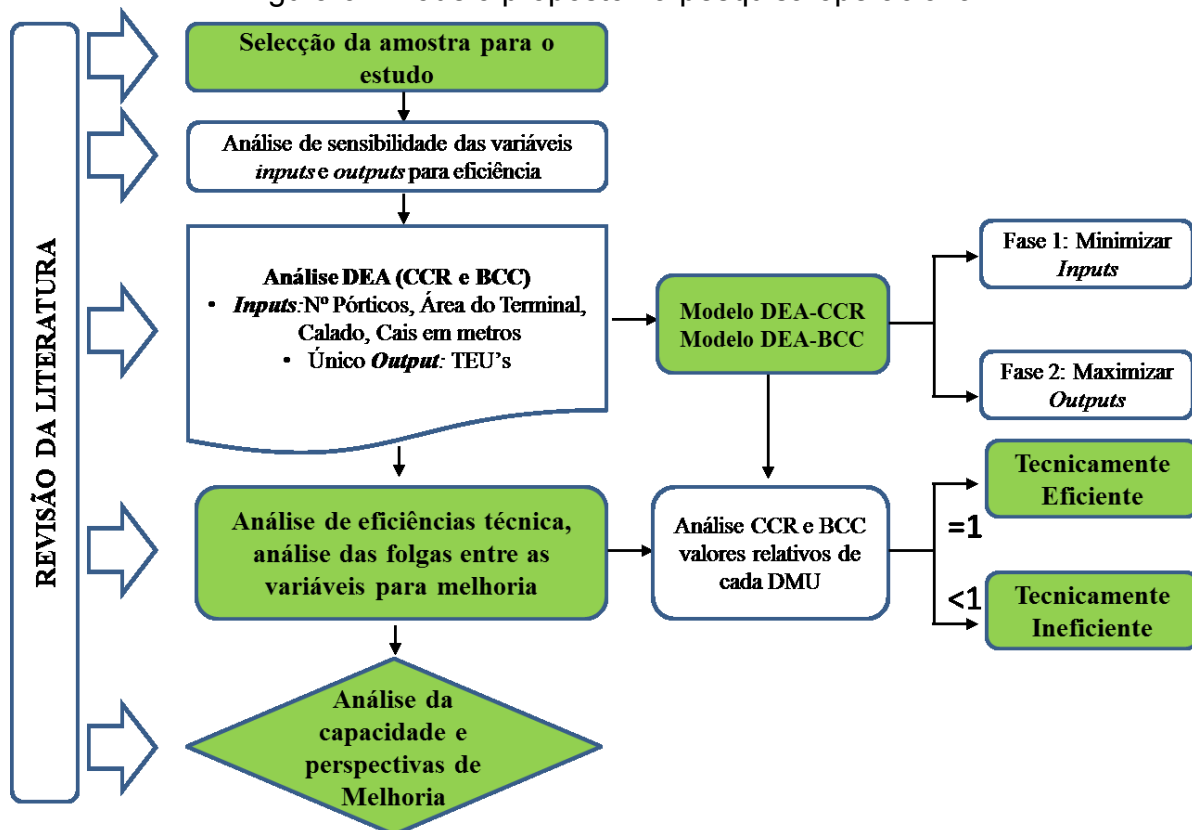
Na sua tese, Liu (2010:36) faz apreciação crítica dos diversos métodos para análise da eficiência e aconselha a escolha de um método baseado no objectivo da investigação e em função dos dados disponíveis. Nesta pesquisa foi escolhido o método DEA com orientações para *inputs* e para *outputs*.

2.6 Modelo proposto para pesquisa

Estudos anteriores revelam a utilização de ambos modelos DEA – BCC e DEA-CCR, uns orientados para *inputs*, outros para *outputs* e ainda orientação para ambos *inputs* e *outputs*. Contrariamente ao método de Fronteira Estocástica que permite analisar um produto de cada vez com base numa função previamente definida, o método DEA permite analisar múltiplos produtos e não requer a definição de uma função *a priori*. De acordo com Silveira (2009), a análise das eficiências faz-se através dos modelos DEA-BCC e DEA-CCR, os quais podem ser orientados para minimização de insumos ou maximização dos *outputs*. No final recomenda-se proceder à análise das folgas de cada variável, comparando os *inputs* e *outputs* com objectivo de identificar oportunidades de melhoria para ambos, quer para *inputs*, quer para *outputs*, conforme refere Silveira (2009).

O modelo proposto será conforme a figura abaixo.

Figura 9 - Modelo proposto na pesquisa operacional



Fonte: Adaptado de Silveira (2009:55)

2.7 Síntese das hipóteses

A pergunta a ser respondida na hipótese e que permitirá identificar os terminais de contentores eficientes é:

“Como avaliar a eficiência operacional dos terminais de contentores nos portos de Moçambique?”

Hipótese Afirmativa:

O nível de eficiência operacional de um terminal de contentores depende da produtividade dos *inputs* empregues para maximizar os *outputs* possíveis de serem alcançados.

Hipótese Nula:

Não existe nenhuma relação ou diferença significativa entre o aumento dos *outputs* e o nível de eficiência operacional de um terminal de contentores.

Perguntas da investigação:

- ✓ Como analisar e avaliar a eficiência operacional de um terminal de contentores?
- ✓ Que *inputs* precisam de ser melhorados para aumentar os *outputs*?

O grande problema consiste em saber se os *inputs* actuais estão a servir convenientemente o processo de produção para as quantidades de contentores que foram manuseados em 2015 para cada terminal.

3 METODOLOGIA E DESENHO DA INVESTIGAÇÃO

3.1 Estudo de caso

O presente estudo foi desenvolvido nos portos de Maputo, Beira e Nacala e procura focar a sua análise numa amostra mais homogénea em termos de operação e localização geográfica, evitando comparações entre portos e terminais que tenham operações diferentes ou além-fronteiras. A ideia inicial era de fazer uma análise longitudinal (vários anos) mas que por limitação de dados acabou por ser transversal, com enfoque apenas ao ano 2015.

O processo de amostragem é não probabilístico, pois parte-se de um universo restrito, já que Moçambique possui apenas 3 terminais de contentores situados nos portos de Maputo, Beira e Nacala. Os três terminais representam as Unidades Decisoras ou simplesmente, DMU's – *Decision Making Units*, conforme a tabela abaixo:

Tabela 9 – DMUs-Terminais de contentores a analisar

Porto	Nome do Terminal de Contentores	DMU
Maputo	Terminal de Contentores de Maputo, concessionado à DP World	DMU-01
Beira	Terminal de Contentores da Beira, concessionado à Cornelder de Moçambique	DMU-02
Nacala	Terminal de Contentores de Nacala, concessionado à Portos do Norte	DMU-03

Para efeito de melhoria da compreensão da análise, em seguida, faz-se uma caracterização de cada terminal em termos de infra-estruturas e meios disponíveis.

3.1.1 Terminal de Contentores da DP World no Porto de Maputo

Este terminal apresenta as seguintes características:

- Um cais com capacidade de manusear 150.000 TEUs por ano;
- Comprimento do cais: 300 metros;
- Profundidade máxima de -12 metros;
- Área do terminal 80 000 m²

Dados acessados em <http://www.dpworldmaputo.com/eng/Operations/Infrastructures>, dia 18/05/16.

Figura 10 – Layout do Terminal de contentores da DP World Maputo



Fonte: Google Earth

Em termos de equipamentos de manuseamento do terminal até 2015:

Tabela 10 – Relação de equipamentos da DP World Maputo

Nome do Equipamento	Quantidade	Capacidade
Guindastes de pórtico	2	35 toneladas
Guindastes móveis pesados	3	100 toneladas
Empilhadoras (<i>Reach Stackers</i>)	10	45 toneladas
<i>Empty Containers Top Lifter</i>	4	12 toneladas
Atrelados (<i>Trailers</i>)	20	60 toneladas
Forklifts	4	60 toneladas

Os indicadores de performance são¹¹:

- *GMPH -Gross Moves Per Hour*¹² - 17 TEUs/ Crane;
- Tempo de permanência de camiões - 20 minutos (só carregamento) e 25 minutos se for descarga e carregamento;

¹¹ Entrevista com Sr. Macamo, Director Operacional, dia 18/05/16 em Maputo.

¹² *GMPH – Gross Moves Per Hour – focus on Crane’s ability to move containers over the quay*

3.1.2 Terminal de Contentores da Cornelder de Moçambique - Beira

Este terminal tem as seguintes características:

- 4 cais com capacidade de manusear 300.000 TEUs por ano;
- Comprimento do cais: 645 metros multi-uso;
- Profundidade entre -8 a -12 metros;
- Área do terminal 200.000 m² pátio de contentores, acomodando 3.117 TEU e dois armazéns 8.400 m² e 3,650 m² de entreposto seguro de trânsito para encher e esvaziar contentores;

Dados acessados em <http://www.cornelder.co.mz/index.php/container-terminal> dia 18/05/16

Figura 11 - Layout do Terminal de contentores da Cornelder - Beira



Fonte: *Cornelder de Moçambique - Beira*

Em termos de equipamentos de manuseamento no porto até 2015: 4 Guindastes de pórtico navio/terra de 50 toneladas cada um.

3.1.3 Terminal de Contentores de Nacala – Portos do Norte

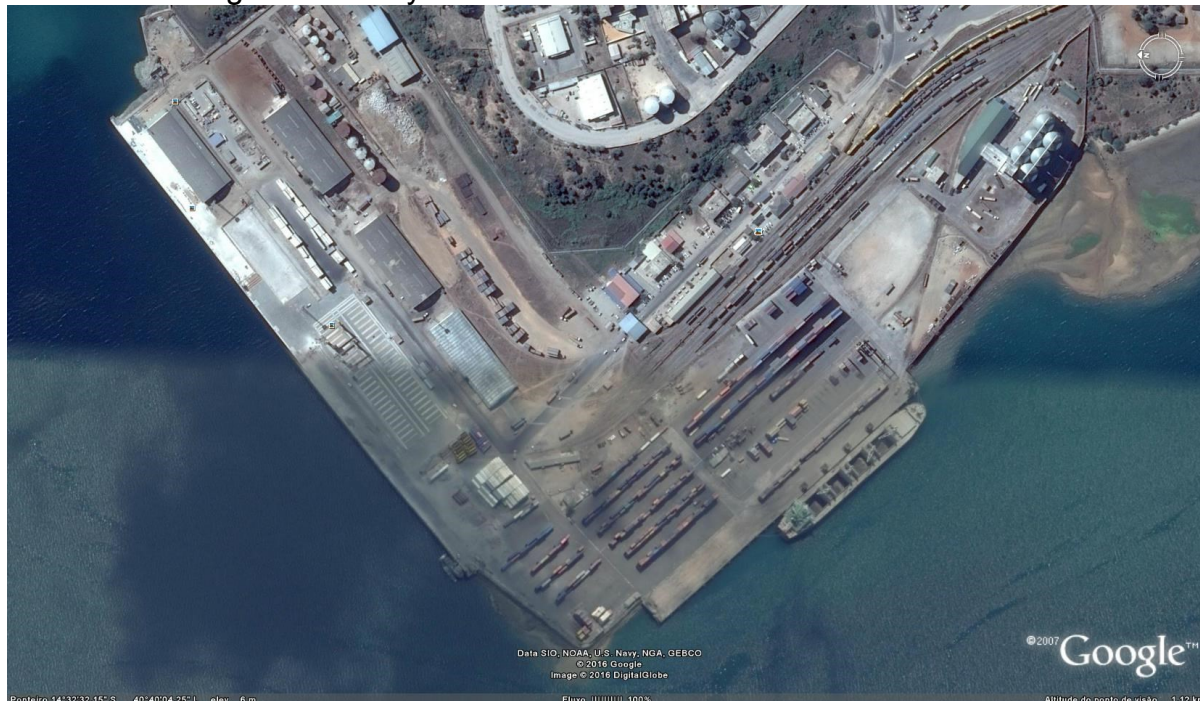
As características deste terminal são as seguintes:

- Dois cais com capacidade de manusear 100.000 TEUs por ano;
- Comprimento do cais: 372 metros;
- Profundidade máxima de -15 metros;

- Área do terminal $372 \times 125 = 46\,500 \text{ m}^2$ Capacidade de armazenamento de 5.722 TEUs.

Fonte: <http://www.portosdonorte.co.mz/facilities/#containerterminal> acessado em 18/05/16

Figura 12 – Layout do Terminal de contentores de Nacala



Fonte: Google Earth

Tabela 11 – Relação de equipamentos do terminal de contentores de Nacala

Nome do Equipamento	Quantidade	Capacidade
Guindastes de pórtico navio/terra	0	0 toneladas
Guindastes móveis pesados	0	0 toneladas
Empilhadoras (<i>Reach Stackers</i>)	11	42 toneladas
Forklifts para vazios	11	16 toneladas

3.2 Necessidade de informação

Para efeitos obtenção de informação para esta pesquisa o autor cingiu-se na recolha do conjunto de *inputs* e *outputs* ou saídas em cada terminal portuário dentro dos três já identificados para o ano 2015. Os *inputs* incluem todos os equipamentos e meios utilizados no processo de manuseamento de contentores em cada terminal. O *output* refere-se a quantidade de contentores manuseados em TEU's.

Neste caso, a pesquisa da literatura existente resultou num total de 4 variáveis de entrada (*inputs*) e 1 variável de saída (*output*). A tabela 12 mostra o conjunto de

variáveis de entrada e saída que serão analisados em cada um dos três terminais de contentores. As mesmas variáveis foram seleccionadas por Palma (2011:59), com excepção da variável X_3 , e usadas num estudo, através do método DEA-BCC para avaliar e otimizar o Terminal de Contentores de Alcântara em Portugal para um total de 11 terminais de contentores considerados no referido estudo. Por outro lado, a variável X_3 mais as restantes na tabela 12 foram seleccionadas por Syafaaruddin (2015:51) e usadas num estudo, através do método DEA-CCR para avaliar a eficiência operacional dos terminais de contentores da indonésia para um total de 18 terminais de contentores com objectivo de projectar a demanda futura e prever investimentos a realizar em cada terminal.

De acordo com Liu (2010:46), diz que seria ideal considerar todos os recursos envolvidos nas operações portuárias quando se pretende medir a eficiência. No entanto, Liu (2010)¹³ refere que “na pesquisa empírica, a decisão sobre quais as variáveis a serem incluídas na função de avaliação da eficiência, depende em grande medida da disponibilidade e da qualidade dos dados”.

A tabela nº 12 seguinte, ilustra as variáveis de *inputs* e *outputs* que serão necessárias para a materialização desta pesquisa.

Tabela 12 - variáveis *inputs* e *outputs* para o estudo

DMUs	Inputs		Outputs	
	Variáveis	Ano	Variável	Ano
DMU-01	X ₁ - Número total de pórticos ¹⁴ em unidades	2015	Y - Contentores movimentados em TEUs	2015
DMU-02	X ₂ - Área do terminal em m ²			
DMU-03	X ₃ - Profundidades do canal de acesso			
	X ₄ - Comprimento do cais em metros			

¹³ Tradução livre do autor: no original “...in the empirical research, the decision upon which variables to include in the efficiency evaluation function, largely depends on the availability and quality of the data” (Liu,2010).

¹⁴ “The quay crane operation is one of the important operations for the container terminal logistics, which carries out loading a container from a truck to a vessel or unloading a container from a vessel to a truck. Several major container terminal operations influence the efficiency of container terminal, which include the vessel berthing operation, the crane unloading/loading operation, the container delivery operation by trucks, the inspection operation, and the container storage operation”, (Neyma, 2014, p. 46)

As DMU's representam os terminais estudados ou Unidades Decisoras:

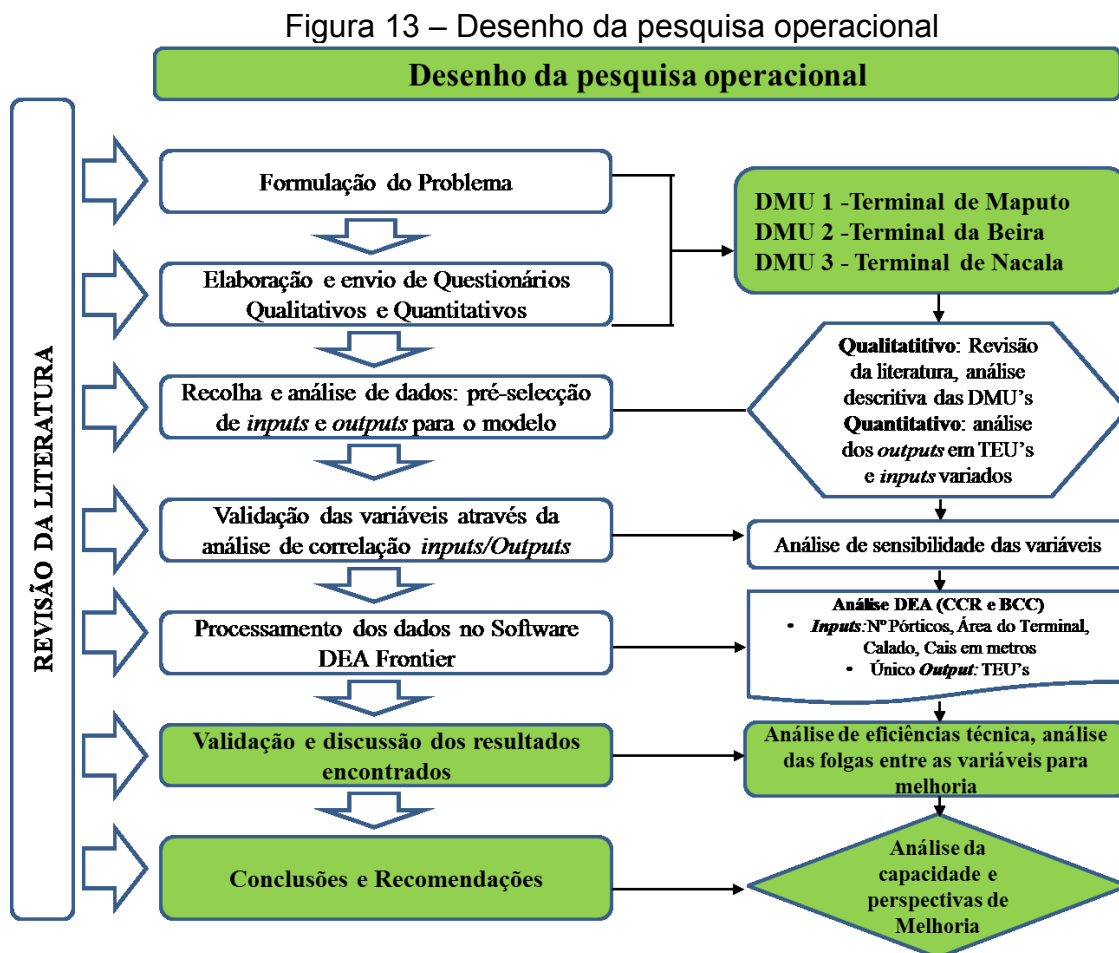
- A DMU-01 representa o Terminal de Contentores da DP World no Porto de Maputo;
- A DMU-02 é referente ao Terminal de Contentores da Cornelder de Moçambique no Porto da Beira;
- A DMU-03 é referente ao Terminal de Contentores no Porto de Nacala.

A seguir temos a descrição de cada variável, separadas em uma variável dependente (Y) e quatro variáveis independentes (X_1 , X_2 , X_3 , X_4):

- Y - Contentores movimentados em TEUs (variável dependente) - representa a quantidade de contentores, tanto de 20 pés quanto de 40 pés, movimentada durante o ano, incluindo embarque e desembarque;
- X_1 – representa o número total de pórticos em unidades que o terminal dispõe para movimentação de contentores;
- X_2 - Área do terminal em m^2 - refere-se à área que o terminal possui para armazenagem dos contentores. É medida em metros quadrados e está relacionada com a eficiência de pátio do terminal. Quanto maior a área das instalações maior a capacidade de armazenagem de contentores no pátio;
- X_3 - Profundidades do canal de acesso - refere-se à profundidade dos berços de atracação e será medido em metros e é apresentado com sinal negativo. Está relacionado com a capacidade de transporte dos navios operados nos terminais. Quanto maior a capacidade dos navios, mais profundo deve ser o calado;
- X_4 - Comprimento do cais em metros - os cais são os locais onde os navios atracam para as operações de carga e descarga dos contentores. Quanto maior a quantidade de cais e maior é o tamanho total dos mesmos, maior é a capacidade do terminal, pois maior será o número de navios grandes que podem operar no terminal e maior será o número de equipamentos de cais exigidos. Logo o tamanho médio é uma medida que consolida o tamanho total e o número de cais. Essa variável é medida em metros.

3.3 Desenho da pesquisa

A abordagem do estudo baseou-se nas condições dos terminais de contentores até finais de 2015, altura em que este trabalho foi iniciado. A figura seguinte mostra todos os passos que foram seguidos para materialização do presente trabalho de pesquisa.



Fonte: Adaptado de Silveira (2009)

3.4 Metodologia de recolha e análise de dados

Para alcançar a concretização dos objectivos da pesquisa foram realizadas em duas formas: abordagens quantitativas e qualitativas. A abordagem quantitativa cingiu-se na recolha de dados secundários produzidos através dos relatórios de cada terminal para efeitos de análise da eficiência operacional. A abordagem qualitativa seguiu a pesquisa exploratória com objectivo de completar e dar ênfase aos dados

numéricos, principalmente no que tange aos investimentos futuros face ao desempenho de cada terminal.

Para a recolha de dados quantitativos foi elaborado um questionário, conforme no anexo 1, e enviado para colher informações dos gestores de cada um dos terminais. Para além do questionário, outras informações foram recolhidas através de entrevistas dos gestores e consulta nos sites oficiais de cada um dos portos. Após a recolha foi feita uma simulação computacional aplicando a técnica DEA.

Para dar resposta ao problema em estudo foi realizada uma pesquisa de tipo observacional com uma abordagem quantitativa e focalizando-se na análise dos dados. A pesquisa quantitativa do tipo analítico é aquela que trabalha com variáveis expressas sob a forma de dados numéricos e emprega rígidos recursos e técnicas estatísticas para classificá-los e analisá-los, tais como a percentagem, a média, o desvio padrão, o coeficiente de correlação e as regressões, entre outros.

Para efeitos de recolha sistematizada de dados foi elaborado um questionário e uma entrevista e submetido aos responsáveis de cada terminal, contendo o seguinte:

- Características intrínsecas da infra-estrutura de cada terminal;
- Os dados de produção de cada um dos terminais nos anos de 2011 até 2015;
- Os relatórios de actividades e contas de cada terminal nos anos de 2011 até 2015.

Os dados foram recolhidos durante os meses de Abril e Maio de 2016 através de relatórios de actividade disponibilizados, bem como questionários enviados e respondidos via telefónica pelos gestores de cada um dos terminais. Outras informações relevantes como por exemplo as características de cada terminal encontram-se disponíveis nas páginas oficiais de cada terminal.

•

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo está subdividido em duas secções: na primeira secção faz-se a análise dos dados através do método DEA e seus modelos DEA-CCR e DEA-BCC. A segunda e última secção faz-se a exploração dos resultados desta pesquisa.

Os dados recolhidos referentes ao desempenho produtivo de 2015 dos terminais de contentores de Maputo, Beira e Nacala foram introduzidos num software recomendado pelos anteriores pesquisadores, dentre outros, Andenoworih (2010), Syafaaruddin (2015), Palma (2011) e que já se encontra incorporada a metodologia DEA- *Data Envelopment Analysis*. De acordo com Palma (2011), entre as aplicações apresentadas, a versão de demonstração da aplicação *Banxia Frontier Analyst* 4.1 é adequada a resolução do caso de estudo proposto (analisa no máximo 12 unidades), beneficiando assim da apresentação mais cuidada dos resultados, face às concorrentes com código aberto (*open source*) e se encontra disponível no site www.banxia.com.

Os resultados obtidos são divididos em duas partes: os resultados do modelo DEA-CCR ou DEA-CRS e DEA-BCC ou DEA-VRS, ambos orientados para *inputs*, numa primeira fase, e orientados para *outputs*, numa segunda fase. Este procedimento pretende obter uma visão das eficiências técnicas global, obtida através do método DEA-CRS, a eficiência técnica pura, através do método DEA-VRS e eficiência de escala, obtida pela razão CRS/VRS (Macedo e Manhães, 2009:46).

Conforme recomenda Palma (2011:57), a análise da eficiência através do método DEA torna-se interessante quando se compara os resultados orientados para:

- Minimizar *inputs* – a análise tem em conta quanto é possível reduzir nos *inputs* mantendo os níveis correntes dos *outputs*, “*ceteris paribus*”.
- Maximizar *outputs* – a análise tem em conta quanto é possível aumentar os *outputs* mantendo os *inputs* actuais, “*ceteris paribus*”¹⁵.

¹⁵ *Ceteris paribus* = mantendo as restantes variáveis constantes ou inalteradas

As unidades decisoras (DMU) consideradas nesta pesquisa são três terminais de contentores localizados nos portos de Maputo, Beira e Nacala e constituem 100% do mercado de contentores em Moçambique.

4.1 Apresentação, análise e discussão de dados

Os dados recolhidos mostram a evolução do movimento de contentores entre o ano 2011 e 2015. A análise da eficiência incide sobre os dados actualizados do ano 2015, quer dos *inputs*, quer dos *outputs*. A razão da escolha deste último ano prende-se com a dificuldade de obtenção dos dados de *inputs* escalonados nos anos anteriores a 2015, o que dificulta análise correspondente entre os *outputs* atingidos versus *inputs* empregues em cada período.

Com base nos *inputs* e *outputs* seleccionados nas secções 3.1 referente à selecção do estudo de caso e 3.2 referente à necessidade de informação para o presente trabalho, os dados que foram recolhidos são os seguintes:

Tabela 13 - Conjunto de dados para analisar a eficiência dos terminais seleccionados

Porto	Terminal	Inputs considerados para 2015				Outputs
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y
Maputo	DP World Maputo	2	80000	-12	300	124170
Beira	Cornelder da Beira	4	350000	-8	645	211371
Nacala	Portos do Norte	0	100000	-15	372	79417
	Total	6	530000	-35	1317	414958

Fonte: compilado pelo Autor deste trabalho

Legenda:

- Y - Contentores movimentados em TEUs (variável dependente ou *output*);
- X₁ - Número total de pórticos em unidades;
- X₂ - Área do terminal em m²;
- X₃ - Profundidades do canal de acesso;
- X₄ - Comprimento do cais em metros.

Através de uma observação directa da variável Y (TEU) em 2015 nota-se que os três terminais manusearam 414.958 contentores, dos quais o Porto da Beira manuseou 211.371 TEU's sendo maior porção do movimento de contentores comparativamente aos restantes portos de Maputo com 124.170 TEU's e Nacala com 79.417 TEU's. Por outro lado, para variável X_2 verifica-se que o Porto da Beira tem maior porção em termos de área do terminal com 350.000 m² comparativamente aos restantes portos de Maputo com 80.000 m² e Nacala com 100.000 m².

4.1.1 Validação das variáveis do modelo proposto

Para validar as variáveis do modelo proposto foi realizada uma análise descritiva e uma outra análise de correlação entre *inputs* e *outputs*, indicada para dados não-paramétricos de variáveis que ao menos possam ser observadas de forma ordinal, conforme recomendam Silveira (2009:59) e Syafaaruddin (2015:54).

Com base nos dados recolhidos fez-se análise descritiva dos dados, usando o pacote estatístico SPSS cujos resultados constam na tabela nº 30, no anexo 2 deste trabalho.

Conforme o modelo apresentado anteriormente, as estatísticas descritivas dos três terminais de contentores, indicam que os dados destes terminais não são uniformemente distribuídos e que não possuem variâncias homogêneas, tal como descrito na dissertação de Silveira (2009).

Usando a simulação computacional *Frontier*, versão 4.1, modelo DEA-BCC, opção “X-Y plot” é possível analisar o grau de correlação existente entre as variáveis, conforme mostra a tabela a seguir:

Tabela 14 - correlação entre as variáveis Inputs (X) e outputs (Y)

	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y	1				
X ₁	0,98	1			
X ₂	0,92	0,44	1		
X ₃	0,99	0,82	0,87	1	
X ₄	0,86	0,32	0,99	0,80	1

Legenda:

- Y - Contentores movimentados em TEUs (variável dependente ou *output*);
- X_1 - Número total de pórticos em unidades;
- X_2 - Área do terminal em m^2 ;
- X_3 - Profundidades do canal de acesso;
- X_4 - Comprimento do cais em metros.

Após a análise da correlação entre as variáveis verificou-se que há uma forte colinearidade entre a variável dependente Y com as variáveis independentes X_1 , X_2 , X_3 e X_4 . Isto é, o número de contentores movimentados por cada terminal é fortemente influenciado pela profundidade do canal de acesso ao terminal cuja correlação é de 0.99, pelo número de pórticos existentes em cada terminal com a correlação de 0.98, pela área do terminal com a correlação igual a 0.92, pelo comprimento do cais com a correlação igual a 0,86. Por outro lado, há uma estreita ligação entre a área do terminal em m^2 e o comprimento do cais em metros.

4.1.2 Análise de Resultados pelo Modelo DEA-CCR

Este modelo trabalha com Retornos Constantes de Escala, isto é, qualquer variação nas entradas produz uma variação proporcional nas saídas. A tabela abaixo mostra os índices de eficiência dos terminais, obtidos com o modelo CCR orientado para minimizar *inputs*. A análise de resultados pelo modelo DEA-CCR mostra que o terminal de contentores da Beira é tecnicamente ineficiente ao registar o índice de 0,82 contra o máximo de 1.

Tabela 15 – Resultados de níveis de eficiência pelo modelo DEA-CCR

Porto	Terminal	Minimizar <i>Inputs</i>	Maximizar <i>Outputs</i>
Maputo	DP World Maputo	1	1
Beira	Cornelder da Beira	0,82	0,82
Nacala	Portos do Norte	1	1
	Média	0,94	0,94

Fonte: compilado pelo Autor deste trabalho

Para além da análise do índice de eficiência, é importante a verificação dos pesos fornecidos pelo modelo DEA-CCR a cada variável, tal como refere Silveira (2009). A

tabela a seguir mostra a média dos pesos das variáveis pelo modelo DEA-CCR orientados para *inputs*.

Tabela 16 - Média dos pesos das variáveis do modelo DEA-CCR, orientados para *inputs*

Variáveis	Pesos por DMU		
	Maputo	Beira	Nacala
Y - Contentores movimentados em TEUs (variável dependente ou <i>output</i>)	100%	100%	100%
X ₁ - Número total de pórticos em unidades	48,85%	46,64%	0%
X ₂ - Área do terminal em m ²	51,15%	0%	99,96%
X ₃ - Profundidades do canal de acesso	0%	0%	0%
X ₄ - Comprimento do cais em metros	0%	53,36%	0%

Fonte: compilado pelo Autor deste trabalho

A variável com maior importância na obtenção do índice de eficiência foi “X₂” para os terminais de Nacala e Maputo, “X₄” para terminal da Beira e “X₁” para terminais de Maputo e Beira. A variável “X₃” teve valor de peso quase zero, ou seja, o modelo praticamente não considerou essa variável para que as DMUs (terminais) obtivessem a eficiência máxima possível. A média dos pesos das variáveis pelo modelo DEA-CCR orientados para *outputs* são apresentados na tabela 17 a seguir.

Tabela 17 - Média dos pesos das variáveis do modelo DEA-CCR, orientados para *Outputs*

Variáveis	Pesos por DMU		
	Maputo	Beira	Nacala
Y - Contentores movimentados em TEUs (variável dependente ou <i>output</i>)	100%	100%	100%
X ₁ - Número total de pórticos em unidades	0%	46,64%	0%
X ₂ - Área do terminal em m ²	100%	0%	99,96%
X ₃ - Profundidades do canal de acesso	0%	0%	0%
X ₄ - Comprimento do cais em metros	0%	53,36%	0%

Fonte: compilado pelo Autor deste trabalho

A variável com maior importância na obtenção do índice de eficiência foi “X₂” para os terminais de Nacala e Maputo, “X₁” e “X₄” para terminal da Beira. A variável “X₃” teve valor de peso quase zero, ou seja, o modelo praticamente não considerou essa variável para que as DMUs (terminais) obtivessem o máximo do *output* actual.

Em termos globais, a análise cruzada do índice de eficiência mostra que o terminal de contentores de Maputo, ocupa o 1º lugar, é mais eficiente em relação aos restantes terminais de Nacala, em 2º lugar e Beira no último lugar, conforme a tabela abaixo. Alguns indicadores recolhidos no terminal da DP mostram que o *GMPH* – (*Gross Moves Per Hour*¹⁶) em 2015 foi de 17 TEUs/Guindaste e o tempo de permanência de camiões é de 20 minutos (só carregamento) e 25 minutos se for descarga e carregamento.

Em termos de oportunidades de melhoria dos *inputs* pelo modelo DEA-CCR, tendo em conta o nível actual de *outputs*, os 3 terminais observados em conjunto mostram uma capacidade total de 6 pórticos, uma área total de 530.000 metros quadrados, - 35 metros de profundidade em termos de calado e 1.317 metros de comprimento dos cais, conforme ilustra a tabela 18 seguinte:

Tabela 18 – Total de *inputs* de 2015 para os 3 terminais de contentores

Porto	Terminal	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Maputo	DP World Maputo	2	80000	-12	300
Beira	Cornelder da Beira	4	350000	-8	645
Nacala	Portos do Norte	0	100000	-15	372
	Total	6	530000	-35	1317

Fonte: compilado pelo Autor deste trabalho

Tendo em conta as oportunidades de melhoria dos *inputs* em termos globais nos 3 terminais, a análise das variáveis pelo modelo DEA-CCR mostra os seguintes resultados:

Tabela 19 - Oportunidade para aumento de eficiência nos três terminais pelo modelo DEA-CCR

	Inputs considerados para 2015				Outputs
Todos os terminais	X₁	X₂	X₃	X₄	Y (TEU)
Actual	6	530000	-35	1317	414958
	-6,94%	-22,94%	63,18%	-6,94%	
Potencial de melhoria	- 0,4	- 121 582,0	- 22,1	- 91,4	
Objectivo	5,6	408 418,0	- 57,1	1 225,6	414958

Fonte: compilado pelo Autor deste trabalho

¹⁶ *GMPH* – *Gross Moves Per Hour* – focus on Crane's ability to move containers over the quay

Tendo em conta que a variável Y (2015) registou-se um total de 414.958 TEU's, o total de *inputs* que deveriam ser empregues, segundo modelo DEA-CCR para redução da ociosidade destes, são os seguintes:

- X_1 - Número total de pórtilhos estão sobredimensionados em 6,94%, o que significa que esta variável deveria ter um total de 5,6 pórtilhos e há excesso de -0,4;
- X_2 - Área do terminal em m^2 está sobredimensionada em 22,94%, o que significa que esta variável deveria ter um total de 408.418 m^2 e há excesso de -121.528 m^2 ;
- X_3 - Há necessidade de melhoria ou aprofundamento do canal de acesso em 63,18%, o que quer dizer que no lugar de um total de -35 metros deveriam ser -57,1 metros.
- X_4 - Comprimento do cais está sobredimensionado em 6,94%, o que significa que deveria ter-se 1.225,6 metros e não 1.317 metros, deduz-se haver excesso de -91,4 metros;

A análise de *inputs* por cada terminal, distribuída proporcionalmente, com base nos resultados da tabela anterior que foi gerada pelo modelo DEA-CCR, conforme recomenda Silveira (2009), consta na tabela abaixo:

Tabela 20 – Potencial de melhoria dos *inputs* pelo modelo DEA-CCR

Porto	Terminal	Inputs gerados pelo DEA-CCR				Outputs
		X_1	X_2	X_3	X_4	Y (TEU)
Maputo	DP World Maputo	1,86	61648,00	-19,58	279,18	124170
Beira	Cornelder da Beira	3,72	269710	-13,054	600,237	211371
Nacala	Portos do Norte	0	77060	-24,477	346,1832	79417
	Total	5,6	408418,0	-57,1	1225,6	414958

Fonte: compilado pelo Autor deste trabalho

Esta tabela mostra que, em termos de *outputs* para um nível de 414.958 TEU's são necessários $x_1 = 5,6$; $x_2 = 408.418$; $x_3 = -57,1$ e $X_4 = 1.225,6$ repartidos em cada um dos terminais acima indicados.

Para efeitos de oportunidades de melhoria dos *inputs* e *outputs* do terminal de contentores da Beira através do modelo DEA-CCR, tendo em conta o nível actual de *outputs*, os resultados de análise pelo modelo DEA-CCR com orientação para minimizar *inputs* mostram que a área do terminal de contentores está sobredimensionada em 60% e o comprimento do cais e nº de pórticos estão sobredimensionados em 18%, conforme a tabela nº 21 abaixo.

Tabela 21 - Potencial de melhoria dos *inputs* do porto da Beira pelo modelo CCR

Modelo DEA-CCR orientado para minimizar Inputs			
Variáveis	Beira Container Terminal		
	Actual	Objectivo	Potencial de melhoria
Área do terminal em m ²	350000	141 024,3	-60%
Profundidade do calado em metros	-8	-21,15	164%
Nº de pórticos	4	3,28	-18%
Comprimento do cais	645	528,54	-18%

Fonte: compilado pelo Autor deste trabalho

Assumindo o nível de eficiência do terminal de contentores da Beira registado em 2015, os resultados de análise pelo modelo DEA-CCR com orientação para maximizar *outputs* são os seguintes:

Tabela 22 – Potencial de melhoria dos *outputs* do porto da Beira pelo modelo CCR

Modelo DEA-CCR orientado para Outputs			
Variáveis	Actual	Objectivo	Potencial de melhoria
Área do terminal em m ²	350000	172 096,81	-51%
Profundidade do calado em metros	-8	-25,81	223%
Nº de pórticos	4	4	0%
Comprimento do cais	645	645	0%

Fonte: compilado pelo Autor deste trabalho

Para o nível de *inputs* de 2015, verifica-se que a área do terminal de contentores está sobredimensionada em 51% e há necessidade de aprofundamento do canal de acesso dos actuais -8 metros para -25,81 metros.

4.1.3 Análise de Resultados pelo Modelo DEA-BCC¹⁷

Este modelo trabalha com Retornos Variáveis de Escala, ou seja, não assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. A tabela abaixo mostra os índices de eficiência dos terminais de contentores, obtidos através do modelo BCC orientado para minimizar *inputs*. A análise de resultados pelo modelo DEA-BCC mostra que todos os terminais são tecnicamente eficientes sob ponto de gestão ao terem registado um índice de eficiência igual a 1.

Tabela 23 – Resultados pelo modelo DEA-BCC

Porto	Terminal	Minimizar <i>Inputs</i>	Maximizar <i>Outputs</i>
Maputo	DP World Maputo	1,0	1,0
Beira	Cornelder da Beira	1,0	1,0
Nacala	Portos do Norte	1,0	1,0
	Média	1,0	1,0

Fonte: compilado pelo Autor deste trabalho

Para além da análise do índice de eficiência, é importante a verificação dos pesos fornecidos pelo modelo DEA-BCC a cada variável. A tabela a seguir mostra a média dos pesos das variáveis pelo modelo DEA-BCC orientados para *inputs*.

Tabela 24 - Média dos pesos das variáveis do modelo DEA-BCC, orientados para *inputs*

Variáveis	Pesos por DMU		
	Maputo	Beira	Nacala
Y - Contentores movimentados em TEUs (variável dependente ou <i>output</i>)	100%	100%	100%
X ₁ - Número total de pórticos/gruas/guindastes em unidades	48,85%	61,36%	0%
X ₂ - Área do terminal em m ²	51,15%	0%	99,99%
X ₃ - Profundidades do canal de acesso	0%	0%	0%
X ₄ - Comprimento do cais em metros	0%	38,64%	0%

A variável com maior importância na obtenção do índice de eficiência foi “X₂” para os terminais de Nacala e Maputo, “X₁” para terminais de Maputo e Beira e “X₄” para terminal da Beira. A variável “X₃” teve valor de peso quase zero, ou seja, o modelo praticamente não considerou esta variável para que as DMUs (terminais) obtivessem a eficiência máxima possível.

¹⁷ Fontes consultadas: GRILO, J.F.C (2014:68), Silveira (2009: 78), tabela 12 oportunidades para aumento da eficiência nos terminais

A média dos pesos das variáveis pelo modelo DEA-BCC orientados para *outputs* são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 25 - Média dos pesos das variáveis do modelo DEA-BCC, orientados para *outputs*

Variáveis	Pesos por DMU		
	Maputo	Beira	Nacala
Y - Contentores movimentados em TEUs (variável dependente ou <i>output</i>)	100%	100%	100%
X ₁ - Número total de pórtilhos	48,85%	0%	0%
X ₂ - Área do terminal em m ²	51,15%	0%	99,96%
X ₃ - Profundidades do canal de acesso	0%	100%	0%
X ₄ - Comprimento do cais em metros	0%	0%	0%

Fonte: compilado pelo Autor deste trabalho

A variável com maior importância na obtenção do índice de eficiência foi “X₂” para os terminais de Nacala e Maputo, “X₁” para terminal da Maputo e “X₃” para terminal da Beira. A variável “X₄” teve valor de peso quase zero, ou seja, o modelo praticamente não considerou essa variável para que as DMUs (terminais) obtivessem o máximo do *output* actual.

Em termos globais, a análise cruzada do índice de eficiência mostra que os terminais de contentores de Maputo e de Nacala apresentam níveis de eficiência semelhantes ao obter-se o índice médio de 65,67% e 66,38%, respectivamente. O terminal de contentores da Beira é tecnicamente ineficiente em relação aos restantes terminais ao registar o índice 32,26%.

As oportunidades de melhoria dos *Outputs* de 2015 pelo modelo DEA-BCC, tendo em conta o nível actual de *outputs* em termos globais nos 3 terminais, a análise pelo modelo DEA-BCC mostra os seguintes resultados:

Tabela 26 - Oportunidade para aumento de eficiência nos 3 terminais pelo modelo DEA-BCC

Potencial de melhoria pelo modelo DEA-BCC	
Variáveis	2015
Y (TEU)	-22,43%
X ₂ - Área do terminal em m ²	-17,81%
X ₃ - Profundidades do canal de acesso	-14,50%
X ₁ - Número total de pórtilhos em unidades	-26,55%
X ₄ - Comprimento do cais em metros	-18,71%

Fonte: compilado pelo Autor deste trabalho

Com base nos dados da tabela anterior, verifica-se que:

- A área do terminal está sobredimensionada em 17,81%;
- O nº de pórticos e o comprimento do cais estão sobredimensionados em 26,55%;
- O comprimento do cais está sobredimensionado em 18,71%;
- Há um subaproveitamento do canal de acesso em 14,5%.

A análise dos dados através do modelo DEA-BCC mostra que os actuais níveis de *inputs* estão desajustados com o nível de *output* registado em 2015, conforme a tabela abaixo:

Tabela 27 - Oportunidade para aumento de eficiência nos três terminais pelo modelo DEA-BCC

Todos os terminais	Folgas de <i>Inputs</i> pelo DEA-BCC				Folga de <i>Outputs</i>
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y (TEU)
Actual	6	530000	-35	1317	414958
Potencial de melhoria ou aumento da eficiência	-26,55%	-17,81%	-14,50%	-18,71%	-22,43%
	- 1,6	- 94 393,0	5,1	- 246,4	- 119 988
Objectivo	4,4	435 607,0	- 29,9	1 070,6	534 946,50

Fonte: compilado pelo Autor deste trabalho

A análise dos *inputs* e *outputs* de cada um dos terminais através do modelo DEA-BCC mostra um potencial de melhoria em ambos os sentidos, conforme a tabela seguinte:

Tabela 28 – Oportunidades para aumento da eficiência pelo modelo DEA-BCC

Porto	Terminal	Redução/Melhoria de <i>Inputs</i>				Aumento de <i>Outputs</i>
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y (TEU)
Maputo	DP World Maputo	1,47	65752,00	-10,26	243,87	160 074,77
Beira	Cornelder da Beira	2,94	287 665,0	- 6,8	524,3	272490,6536
Nacala	Portos do Norte	0	82 190,0	- 12,8	302,4	102381,0752
	Total	4,4	435607,0	-29,9	1070,6	534 946,50

Fonte: compilado pelo Autor deste trabalho

Os dados da tabela anterior mostram que, para um nível de *Inputs* de X1 igual a 4,4 X2 igual a 435.607, X3 igual -29,9 e X4 igual a 1.070,6 é possível atingir o *output* Y cerca de 534.946,5 TEU's manuseados em 2015.

De acordo com Rios (2005) *apud* Siveira (2009:78), as oportunidades de melhorias técnicas e de ganhos de escala referem-se à redução de *inputs* e aumento dos *outputs*. Siveira (2009:78) adverte que estas oportunidades não devem ser julgadas pela possibilidade de serem alcançadas, mas sim servir como referência para os executivos dos terminais com relação as acções futuras.

4.2 Exploração dos resultados

Os resultados gerados pelo método DEA divergem em função dos paradigmas CCR e BCC, a saber:

- Análise dos resultados pelo modelo DEA-CCR mostra que o terminal de contentores da Beira é tecnicamente ineficiente sob ponto de vista de gestão ao obter-se 82%, referência inferior a 100%;
- Os resultados gerados pelo modelo DEA-BCC mostra que os terminais de Maputo e Nacala são tecnicamente eficientes ao obter-se 100% na simulação, tal como indica Silveira (2009:76).

Em seguida são feitas análise de eficiência dos três terminais com base nos modelos DEA-CCR e DEA-BCC com objectivo de analisar as folgas quer dos *inputs*, quer dos *outputs*, conforme recomendam Green et al. (1996) *apud* Silveira (2009:67). A análise das folgas tem como objectivo explorar as possibilidades de melhoria, quer dos *inputs*, quer dos *outputs*. A presença de folgas nos *inputs* sugere oportunidades de melhorias técnicas, ou seja, melhoria em termos de alocação dos recursos sob ponto de vista de gestão. Por outro lado, se os *outputs* apresentam folgas significa que há possibilidade de ganhos de escala com aumento da demanda, tendo em conta os *inputs* empregues, (Silveira, 2009).

4.2.1 Terminal de Contentores da DP World no Porto de Maputo

Resultados do modelo DEA-CCR

Os resultados do modelo DEA-CCR orientados para minimizar *inputs* no terminal de contentores da DP World no porto de Maputo não mostram folgas dos *inputs*. As folgas de *outputs* e excessos de *inputs*, indicam os caminhos possíveis para tornar uma DMU eficiente. Quando uma DMU é eficiente, as folgas dos *inputs* são iguais a zero, tal como refere Silveira (2009:23). Neste terminal, o comprimento do cais (do inglês, *berth length*) e a profundidade do canal de acesso (do inglês, *maximum draft*) estão a penalizar o desempenho do futuro deste, conforme ilustra a tabela nº 17 do presente trabalho. O nível de desempenho de 2015 teve como contribuições a área do terminal com 51,15% e a produtividade dos guindastes com 48,85%. De referir que a produtividade dos guindastes é de 17/TEU-hora e o tempo de permanência dos camiões no recinto portuário varia entre 20 e 25 minutos facto que é comprovado pelos resultados do modelo DEA-CCR.

Por outro lado, os resultados do DEA-CCR orientados para maximizar *outputs*, mostram que o comprimento do cais, o calado e o número de pórticos estão a penalizar o desempenho futuro deste terminal ao terem registado 0% de contribuição, conforme ilustra a tabela nº 17 do presente trabalho.

A par desta situação, a MPDC - *Maputo Port and Development Company*, concessionária do Porto de Maputo está a investir na dragagem do canal de acesso dos actuais -12 para -14 metros de profundidade cuja conclusão está prevista para finais deste ano de 2016.

Resultados do modelo DEA-BCC

Os resultados do modelo DEA-BCC orientados para minimizar *inputs* no terminal de contentores da DP World no porto de Maputo não mostram folgas dos *inputs*. Neste terminal, o comprimento do cais e a profundidade do canal de acesso estão a penalizar o desempenho do futuro do terminal ao ter-se registado 0% em termos de contribuição. Tendo em conta estes resultados, o modelo DEA-BCC sugere a necessidade de controlo destes *inputs* para aumento da eficiência deste terminal.

A orientação do modelo para maximizar *outputs* no terminal de contentores da DP World no porto de Maputo não mostram folgas dos *inputs*. Os *inputs* que estão a penalizar o desempenho do futuro deste terminal que são ilustrados na tabela número 25 deste trabalho são: o comprimento do cais e a profundidade do canal de acesso que registaram contribuição nula nos *outputs*.

4.2.2 Terminal de Contentores da Cornelder de Moçambique no Porto da Beira

Resultados do modelo DEA-CCR

Os resultados do modelo DEA-CCR orientados para minimizar *inputs* deste terminal mostram folgas destes *inputs* e que de certo modo vão de encontro com o plano de investimento traçado e concebido pelo executivo do Porto da Beira. A presença de folgas nos *inputs* mostram o caminho para melhoria da eficiência, tal como refere Silveira (2009). Os *inputs* com folgas ou que necessitam de ser melhorados são, nomeadamente, comprimento do cais (do inglês, *berth lenght*) com folga de -18%, a área do terminal (do inglês, *container yard área*) com -60% de folga, a profundidade máxima do canal (do inglês, *maximum draft*) com 164% em termos de oportunidade de melhoria e o número de pórticos (do inglês, *number of cranes*) com -18% em termos de folgas, conforme mostra a tabela nº 21 deste trabalho. Estas variáveis com folga estão a penalizar o desempenho do futuro deste terminal. O nível de desempenho de 2015 teve como contribuições o comprimento do cais com 53,36% e a produtividade dos guindastes com 46,64%. De referir que a produtividade dos guindastes é de 40 movimentos/hora ou 20 TEU/hora e um *Dwell time* de <10 dias, facto que é comprovado pelos resultados deste modelo DEA-CCR.

A análise orientada para maximizar *outputs*, os resultados do modelo DEA-CCR mostram que a área do terminal e a profundidade do canal de acesso, ambos com 0% em termos de contribuição estão a penalizar o desempenho futuro deste terminal, conforme mostra a tabela número 17 deste trabalho.

Como forma de melhorar o desempenho, a Cornelder de Moçambique, gestora do terminal de contentores da Beira já prevê um investimento futuro para alargamento do parque de contentores e aquisição de 6-7 *Rubber Tired Gantry Cranes (RTGs)* e

Rail Mounted Gantry Cranes (RMGs) para atingir uma capacidade de 750 000 TEUs até 2026. Este investimento poderá custar cerca de 7 x 1,2 Milhões de Euros + 1,5 Milhões de Euros, conforme a lista de preços dos equipamentos constantes no anexo 3 do presente trabalho.

Resultados do modelo DEA-BCC

Os resultados do modelo DEA-BCC orientados para minimizar *inputs* no terminal de contentores da Cornelder de Moçambique no porto da Beira não mostram folgas dos *inputs*. Neste caso, para este terminal, a profundidade do canal de acesso está a penalizar o desempenho do futuro do terminal, conforme ilustrado na tabela número 25 deste trabalho. Os *outputs* obtidos em 2015 tiveram como contribuição o comprimento do cais e o número de pórticos.

A análise orientada para maximizar *outputs* deste terminal não mostram folgas dos *inputs*. O desempenho do futuro deste terminal está a ser penalizado pelo comprimento do cais, a área do terminal e o número de pórticos que registaram contribuição nula, tal como é ilustrado na tabela número 25 deste trabalho.

4.2.3 Terminal de Contentores da Portos do Norte no Porto de Nacala

Resultados do modelo DEA-CCR

Os resultados do modelo DEA-CCR orientados para minimizar *inputs* no terminal de contentores da Portos do Norte no porto de Nacala não mostram folgas dos *inputs*. Neste terminal, o comprimento do cais, a ausência de pórticos e a profundidade do canal de acesso estão a penalizar o seu desempenho do futuro, conforme ilustra a tabela nº 16 deste trabalho. O nível de desempenho de 2015 teve como contribuições a área do terminal com quase 100%.

Por outro lado, os resultados do modelo DEA-CCR orientados para maximizar *outputs* ilustrados na tabela número 17 deste trabalho, mostram que o comprimento do cais, a profundidade do canal de acesso e os pórticos, todos com 0% de contribuição, estão a penalizar o desempenho futuro deste terminal.

De referir que o porto de Nacala está a beneficiar-se de um projecto de reabilitação com apoio da agência Japonesa – *JICA* que mudará o paradigma deste porto cuja conclusão das obras está prevista para meados de Julho de 2020. O projecto conta, dentre outros, com aquisição de 2 *Reach Stakers (RS)* e 2 *Rubber Tired Gantry Cranes (RTGs)* na fase I, dragagem, compra de 3 *RTG* na fase II, compra de 3 *RTG* e de *Tugmasters* na fase III, para além de trabalhos de pavimentação e expansão do terminal de contentores. Este investimento poderá custar $2 \text{ RS} \times 380.000 \text{ €} + 8 \text{ RTG} \times 1,2 \text{ Milhões de Euros} = 10,36 \text{ milhões de Euros}$.

Resultados do modelo DEA-BCC

A análise orientada para minimizar *inputs* deste modelo não mostram folgas dos *inputs*. A análise de sensibilidade das variáveis mostra que o comprimento do cais, a inexistência de pórticos e a profundidade do canal de acesso estão a penalizar o desempenho do futuro deste terminal.

A orientação do modelo DEA-BCC para maximizar *outputs* neste terminal não mostram folgas dos *inputs*. O desempenho do futuro deste terminal está a ser penalizado pelo comprimento do cais, a profundidade do cais e o número de pórticos que registaram contribuição nula, tal como mostra a tabela nº 16 deste trabalho. A par desta situação, o executivo do porto de Nacala está a desenvolver projectos com vista a melhorar o nível de aproveitamento dos *inputs* com certo nível de ociosidade.

4.2.4 Comparação da capacidade do terminal com os *outputs*

Segundo um estudo recente de Saanen & Rijsenbrij (2015) *apud* Syafaaruddin (2015 p. 27)¹⁸ a capacidade do terminal depende, normalmente, do factor limitante do terminal, onde em muitos terminais é a capacidade de armazenagem (isto é, capacidade de processamento suportado pela área do terminal) é o factor limitante.

¹⁸ Tradução livre do autor: no original “Typically terminal capacity depend on the terminal’s limiting factor where in many terminal the yard capacity (i.e. throughput capacity supported by the yard) is the limiting factor (Saanen & Rijsenbrij, 2015). In addition, there are several terminals have a different limiting factor which is concern in quay and quay cranes” (Syafaaruddin, 2015)

Além disso, existem vários terminais que têm um factor limitante diferente, que é a preocupação no cais e dos guindastes de cais.

Tabela 29 – Nível de aproveitamento da capacidade instalada no terminal

Porto	Terminal	Outputs	Capacidade	Rácio
		Y (TEU)	Y'	Y / Y'
Maputo	DP World Maputo	124170	150000	83%
Beira	Cornelder da Beira	211371	300000	70%
Nacala	Portos do Norte	79417	100000	79%
		414958	650000	64%

Fonte: compilado pelo Autor deste trabalho

Conforme os dados da tabela anterior, o nível de desempenho global de Moçambique corresponde a 64% da capacidade instalada para o movimento de contentores. Em termos de exploração da capacidade instalada, o terminal de contentores da DP World, no porto de Maputo, ocupa o 1º lugar com 83%, o 2º lugar o Porto de Nacala com 79% e em 3º lugar o terminal de contentores do Porto da Beira com 70%.

Segundo o relatório da Cornelder de Moçambique, de Março 2016, os factores que afectam a competitividade e eficiência do Porto da Beira são os seguintes:

- Barreiras para investir – o demasiado atraso do processo de aprovação da extensão do acordo de concessão, torna impossível realizar investimentos com prazos de recuperação de médio a longo prazo;
- Dragagem regular do canal – a Autoridade Concedente deverá realizar dragagem de manutenção numa base permanente e sustentável com vista a garantir uma profundidade do canal de acesso suficiente para receber regularmente navios com grande capacidade para responder às economias de escala;
- Navegação noturna – o INAHINA e os CFM deverão criar as condições necessárias para a instalação e manutenção da iluminação no canal com vista a assegurar esta navegação;
- Encerramento do Porto – Nos últimos anos é cada vez mais crescente o número de dias em que a Autoridade Portuária encerra o porto com alegação de mau tempo. A tendência em 2015 é de atingirmos um total de 2 meses de encerramento do Porto, isto implica um grande aumento de custos de

navegação e afetando negativamente o desempenho logístico do corredor da Beira;

- e) Reabilitação das infra-estruturas ferroviárias e rodoviárias – existe uma necessidade de reabilitação das linhas férreas de Sena e de Machipanda com vista a repor o rácio original de repartição do escoamento de carga entre a rodovia e a ferrovia. Por outro lado, existe uma necessidade de reabilitação das estradas Beira Machipanda, Tete, Malawi e Zâmbia;
- f) Meios de Transporte - falta de meios de transportes rodoviários/ferroviários para satisfazer a grande procura dos serviços do Porto da Beira. O sistema ferroviário é ineficiente e a maioria dos importadores/exportadores preferem o sistema rodoviário;
- g) Infraestruturas e vias de acesso ao porto – hoje é claramente visível que as vias de acesso ao porto não foram desenhadas para o volume de negócio que temos e esperamos ter. Esta situação, agravou-se ainda mais com a instalação da Kudumba na principal via de acesso ao porto. Portanto, há uma necessidade urgente de se ampliar as vias de modo a tornar célere a entrada e saída de camiões no porto;
- h) Legislação/Regulamentos – vezes há em que regulamentos são emanados sem o devido cuidado de consulta aos sectores produtivos ou mesmo sem a devida análise da sua viabilidade/o impacto negativo que a mesma pode sobre o sistema.

Segundo o relatório da Cornelder de Moçambique, de Março 2016, para reverter esta situação a médio e longo prazos será necessário:

- i) Aumento da capacidade do parque através da introdução de equipamentos com *Rubber Tired Gantry Cranes* (RTGs), *Rail Mounted Gantry Cranes* (RMGs), redução do tempo no porto da Beira (*Dwell Time*);
- j) Aumento da capacidade dos Cais através de aquisição de mais 1 (uma) grua das actuais 4 existentes desde 2013.

4.3 Contraste de hipóteses

Após a análise da correlação entre as variáveis verificou-se que há uma forte colinearidade entre a variável dependente Y com as variáveis independentes X1, X2, X3 e X4. Isto é, o número de contentores movimentados por cada terminal é fortemente influenciado pela profundidade do canal de acesso ao terminal em que a correlação é de 0.99, pelo número de pórticos existentes em cada terminal de correlação 0.98, pela área do terminal com a correlação de 0.92, pelo comprimento do cais de correlação 0,86. Por outro lado, há uma estreita ligação entre a área do terminal em m² e o comprimento do cais em metros.

A análise dos dados pelo modelo DEA-CCR, referente a Retornos Constantes de Escala, mostra qualquer variação nas entradas/ *Inputs* produz uma variação proporcional nas saídas/*outputs*. Este modelo avalia a eficiência técnica e de escala. Ao passo que o modelo DEA-BCC, referente a Retornos Variáveis de Escala, ou seja, não assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*, mas avalia a eficiência técnica sob ponto de vista de gestão. Ambos modelos mostram que o nível de *outputs* observados em 2015 nos três terminais poderia ter sido superior. Apesar disso, o modelo DEA-BCC identificou os três terminais como sendo tecnicamente eficientes sob ponto de vista de gestão.

Após a análise de sensibilidade das variáveis (*inputs* e *output*) através dos modelos DEA-CCR e DEA-BCC, ambos mostraram que quanto maior for a produtividade dos recursos utilizados, maior será o nível da eficiência e por conseguinte, os *outputs* serão maximizados. A análise da eficiência dos terminais pelo modelo DEA-CCR identificou o terminal de contentores da Beira sendo ineficiente, com índice igual a 82%, devido aos factores arrolados na secção anterior.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

Este trabalho, sob ponto de vista científico apresenta uma primeira abordagem, até a data, que integra uma análise da eficiência operacional dos terminais de contentores de Moçambique, através da simulação dos dados usando técnica DEA, nos seus modelos DEA-CCR e DEA-BCC. A análise dos dados pelo modelo DEA-CCR, referente a Retornos Constantes de Escala, mostra que qualquer variação nas entradas/ *Inputs* produz uma variação proporcional nas saídas/ *outputs*. Este modelo avalia a eficiência técnica e de escala. Ao passo que o modelo DEA-BCC, referente a Retornos Variáveis de Escala, ou seja, não assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. Este modelo avalia a eficiência técnica sob ponto de vista de gestão.

Após as simulações através dos modelos DEA-CCR e DEA-BCC, ambos modelos mostraram que quanto maior for a produtividade dos recursos utilizados, maior será o nível da eficiência e por conseguinte, os *outputs* serão maximizados. Por outro lado, a análise dos *inputs* utilizados versus *outputs* atingidos mostra que há um sobredimensionamento dos *inputs* de 2015 face aos *outputs* observados em cada um dos 3 terminais de contentores, nomeadamente, em Maputo, Beira e Nacala.

A análise de resultados pelo modelo DEA-BCC mostra que todos os terminais de contentores são tecnicamente eficientes sob ponto de vista de gestão ao registarem um índice de eficiência igual a 1. A simulação dos dados pelo modelo DEA-CCR identificou o terminal de contentores da Beira como sendo tecnicamente ineficiente pelo facto de ter registado um índice igual a 0,82 e é menor que 1.

O teste da hipótese fez-se através da análise da correlação entre as variáveis e verificou-se que há uma forte colinearidade entre a variável dependente Y com as variáveis independentes X_1 , X_2 , X_3 e X_4 . Isto é, o número de contentores movimentados por cada terminal é fortemente influenciado pela profundidade do canal de acesso ao terminal cuja correlação é de 0.99, pelo número de pórticos existentes em cada terminal que a correlação é 0.98, pela área do terminal com a correlação de 0.92, pelo comprimento do cais em que a correlação é de 0,86. Por

outro lado, há uma estreita ligação entre a área do terminal em m² e o comprimento do cais em metros.

Tendo em conta as oportunidades de melhoria dos *Outputs* em termos globais nos 3 terminais, a análise pelo modelo DEA-BCC mostra que há ociosidade ou folgas nos *inputs* seguintes:

- i. A área do terminal está sobredimensionada em 17,81%;
- ii. O nº de pórticos e o comprimento do cais estão sobredimensionados em 26,55%;
- iii. O comprimento do cais está sobredimensionado em 18,71%;
- iv. Há um subaproveitamento do canal de acesso em 14,5%.

Em resumo, a análise da eficiência técnica pelo método DEA-CCR, quer para orientação de *inputs*, quer para *outputs*, mostram que o desempenho actual e futuro dos três terminais é influenciado ou penalizado pelo:

- a) O comprimento do cais e a profundidade do canal de acesso estar a penalizar o desempenho do futuro do terminal de contentores da DP World no porto de Maputo;
- b) A área do terminal e a profundidade do canal de acesso estarem a penalizar o desempenho do futuro do terminal de contentores da Cornelder de Moçambique no porto da Beira;
- c) O comprimento do cais, a ausência de pórticos e a profundidade do canal de acesso estarem a penalizar o desempenho do futuro do terminal de contentores da Portos do Norte no porto de Nacala.

5.2 Recomendações

Em face das constatações, em termos técnicos/práticos recomenda-se o redimensionamento das infra-estruturas portuárias, nomeadamente, os pórticos, área dos terminais, comprimento dos cais e a profundidade do canal de acesso, para que, em função dos *inputs* de cada terminal sejam maximizados os *outputs* para níveis mais elevados do que os registados em 2015, conforme resultados apresentados nas conclusões.

A análise da eficiência dos terminais pelo modelo DEA-CCR identificou o terminal de contentores da Beira como sendo tecnicamente ineficiente ao ter registado um índice igual a 0,82 que é inferior a 1 (um), devido aos seguintes factores:

- a) A falta de dragagem regular do canal para garantir um nível de profundidade sustentável com tipo de navios que demandam o porto;
- b) Dificuldades para navegação noturna devido a deficiente sinalização e iluminação;
- c) Encerramento do Porto devido à frequente situação de mau tempo;
- d) Necessidade de reabilitação das infra-estruturas ferroviárias e rodoviárias para descongestionar os camiões à entrada do porto.

Por outro lado, é necessário melhorar o sistema de gestão de dados estatísticos para utilidade pública e dos consumidores do sector portuário, quer para contexto nacional, quer para contexto regional e mundial.

No âmbito académico, achamos que esta pesquisa constitui uma contribuição no campo de análise da eficiência operacional dos terminais de contentores nos portos moçambicanos, sobretudo por tratar-se de um estudo pioneiro. Pelo que recomendamos que futuros trabalhos poderão encontrar as bases para o enriquecimento de conhecimentos nesta área, em Moçambique. Outros temas ligados a produtividade dos equipamentos, indicadores de desempenho portuário para portos moçambicanos poderiam ser futuramente explorados para complementar esta pesquisa.

5.3 Limitações do método de pesquisa

O método de pesquisa aplicado nesta dissertação apresenta algumas limitações. Os dados de *inputs* e *outputs* foram obtidos através de questionários e entrevistas aos gestores de cada um dos terminais o que ditou a escolha das variáveis chave para esta pesquisa. Por outro lado, a aplicação do método DEA e seus modelos CCR e BCC para análise da eficiência apresenta algumas limitações.

De acordo com Palma (2011), dentre outras limitações, o método DEA apresenta as seguintes limitações com relação aos *inputs* e *outputs*:

- Comprimento total de cais: não distingue as condições de atracagem ou número de postos de acostagem e não distingue os calados;
- Canal de acesso: não distingue os fundos do terminal ou calado máximo permitido para os navios;
- Área do terminal: não distingue as condições do pavimento; não existe precisão na informação da área de armazenamento efectiva; não distingue as áreas de armazenamento a coberto e a descoberto.
- Número de Pórticos: não distingue a capacidade de elevação (toneladas); não distingue o tipo de pórtico (panamax/ pós-panamax);
- Carga movimentada em TEUs: não distingue o número de navios estivados; não distingue o peso da carga e a tonelagem bruta de arqueação dos navios.

Para além das variáveis seleccionadas para o método DEA, outras limitações de tempo e de alguns aspectos organizacionais são as seguintes:

- Não foram incluídas variáveis que avaliassem a gestão do porto;
- Não se dispõe de todos os dados relevantes à operação dos terminais, nomeadamente, as condições climáticas do porto, a idade dos equipamentos usados no manuseamento da carga, entre outros aspectos que possam surgir, quer nas operações para o *hinterland*, quer no terminal ou ainda na operação marítima e vice-versa, conforme esquema da figura 8 deste trabalho;
- Não se inclui a componente comercial dos portos;

A análise da eficiência com recurso ao método DEA foi testado apenas para os dados disponíveis para 2015.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andenoworih, T. (2010). Tese de Mestrado. *Measuring Relative Container Terminal Efficiency in Indonesia*. Indonesia, Indonesia. Obtido em 25 de Maio de 2016, de http://www.academia.edu/1373717/Measuring_Relative_Container_Terminal_Efficiency_in_Indonesia
- Bauer, P. (1990). Recent Developments in the Econometric Estimation of Frontiers. *Journal of Econometrics*, vol. 46, 39-56.
- Camal, D. I. (Dezembro de 2014). Tese de Mestrado. *Análise da logística nos portos de Moçambique e seu Hinterland*. Porto, Portugal. Obtido em 1 de Junho de 2016, de http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/5694/1/DM_DeniseCamal_2014.pdf.pdf
- Cullinane, K., & Song, D. G. (2002). A Stochastic Frontier Model of the Efficiency of Major Container Terminals in Asia: Assessing the Influence of Administrative and Ownership Structures. *Transportation Research, Part A*, vol. 36, no. 8, 743-762.
- CULLINANE, K., & WANG, T. (2006). The Efficiency of European Container Terminals and Implications for Supply Chain Management. *Maritime Economics & Logistics*, 8, (82–99). Obtido em 09 de Maio de 2016
- Falcão, V., & Correia, A. (2012). Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros. *Journal of Transport Literature*, Vol. 6, n. 4, 133-146. Obtido em 03 de 06 de 2016, de http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2238-10312012000400007&script=sci_arttext
- Grilo, J. F. (2014). Tese de Mestrado. *Avaliação de desempenho de terminais de carga geral fraccionada: Aplicação do método DEA*. Lisboa, Lisboa, Portugal. Obtido em 16 de Abril de 2016, de <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/cursos/mean/dissertacao/2353642478041>
- Julliet. (2011). *Productivité des terminaux à conteneurs*. France: Centre d'Etudes Techniques Maritimes Et Fluviales.

- LI, D., LUAN, W., & PIAN, F. (2013). The Efficiency Measurement of Coastal Container Terminals in China. *J Transpn Sys Eng & IT*, 13(5), 10–15. Obtido em 13 de Novembro de 2015
- Liu, Q. (2010). Tese de Doutoramento. *Efficiency Analysis of Container Ports and Terminals*. London. Obtido em 22 de Maio de 2016, de http://www.academia.edu/13587251/Efficiency_Analysis_of_Container_Ports_and_Terminals
- Macedo, M., & Manhães, J. (2009). Avaliação de eficiencia de terminais de containeres no Brasil através da Análise Envoltória de Dados (DEA). *Revista de Negócios*, ISSN 1980-4431, v. 14, n. 3 p. 35 – 53.
- Neyma, S. M. (2014). Factors influencing container terminals efficiency: A case study of Monbasa entry port. *European Journal of Logistics Purchasing and Supply Chain Management*, Vol.2, No.3, pp. 39-78.
- Nigra, S. (2010). Tese de Mestrado. *A Eficiência no Sector Portuário: Aplicação de Técnicas Não Paramétricas*. Lisboa, Portugal. Obtido em 26 de Maio de 2016, de <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395142112149>
- OLIVEIRA, M., AZAMBUJA, A., & LIMA, M. (2013). APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE EFICIÊNCIA EM TERMINAIS DE CONTÊINERES. *Vetor, Rio Grande*, v. 23, n. 1, 32-43. Obtido em 26 de Nov de 2015
- Palma, S. (2011). Tese de Mestrado. *Avaliação e Optimização Operacional. Estudo do Terminal de Contentores de Alcântara*. Lisboa. Obtido em 12 de Abril de 2016, de <http://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/3563>
- Shamy, R., & Kalla, M. M. (2012). Assessment of Alexandria Container Terminal Efficiency by Applying Performance Indicators. *Journal of Shipping and Ocean Engineering* 2, 263-273.
- Silveira, R. (2009). Tese de Mestrado. *Mensuração da eficiência dos terminais portuários brasileiros via Análise Envoltória de Dados*. Rio de Janeiro, Brasil. Obtido em 12 de Maio de 2016, de <http://www.coppead.ufrj.br/pt-br/docentes-e-pesquisa/publicacoes/dissertacoes/?page=52>
- Syafaaruddin, D. S. (2015). Tese de Mestrado. *Evaluation of Container Terminal Efficiency Performance in Indonesia : Future Investment*. Rotterdam. Obtido em 01 de Maio de 2016, de <https://thesis.eur.nl/col/4349/>
- Van Dyck, G. (2015). Assessment of Port Efficiency in West Africa Using Data Envelopment Analysis. *American Journal of Industrial and Business Management*, 5, 208-218. Obtido em 13 de Nov de 2015, de <http://dx.doi.org/10.4236/ajibm.2015.54023>

YAN, J., SUN, X., & LIU, J. (2006). Assessing container operator efficiency with heterogeneous and time-varying production frontiers. *Transportation Research Part B* 43, 172-185. Obtido em 13 de Nov de 2015, de www.elsevier.com/locate/trb

Outros sítios consultados:

<http://www.dpworldmaputo.com/eng/Operations/Infrastructures>, [18/05/16].

<http://www.dpworldmaputo.com/eng/Operations/Equipment>, [18-05-16].

<http://www.portosdonorte.co.mz/facilities/#containerterminal> [18/05/16].

<http://www.portosdonorte.co.mz/facilities/#containerterminal> , [18/05/16].

<http://data.worldbank.org/indicator/IS.SHP.GOOD.TU> [08/05/16].

http://www.afd.fr/webdav/shared/ELEMENTS_COMMUNS/pdf/MLTC_CATRAM_market_study_container_terminals_West_and_Central_Africa.pdf, [04/05/2016]

7 ANEXOS

ANEXO 1

Questionário

Esta pesquisa tem como objectivo obter dados sobre características intrínsecas e desempenho produtivo dos terminais de contentores de Maputo, Beira e Nacala como requisito para obtenção do grau de Mestre no Instituto Superior de Gestão - Maputo.

Nome do Terminal:

1. Capacidade do Terminal**1.1 Capacidade**

Indicador	2011	2012	2013	2014	2015
Capacidade de manuseamento					
Capacidade de acostagem					
Comprimento (metros)					
Nº de Cais					
Área do terminal (ha)					
Armazenagem (m ²)					
Profundidades:					
-Máxima					
-Mínimo					
Crane space (m ²)					

1.2 Relação de equipamentos para o terminal de contentores

Tipo de equipamento	2011	2012	2013	2014	2015
Número total de pórticos de mar [Un.]					
Número total de equipamentos de pátio [Un.] (Empilhadeiras)					
Número de tractores [Un.]					
Tractores de manobras					
Guindastes automóveis					
Rebocadores					
Outros (discriminar):					

2. Produção e Produtividade do Terminal

2.1 Produção em contentores

TEUs	2011	2012	2013	2014	2015
Cheios					
Vazios					
Total					
Toneladas Métricas					

TEUs	2011	2012	2013	2014	2015
Embarque					
Desembarque					
Total					

2.2 Movimento de Navios

Indicador	2011	2012	2013	2014	2015
<i>Navios atracados</i>					
<i>TBA's – Tonelagem Bruta de Arqueação (Média)</i>					

2.3 Produtividade dos equipamentos e do terminal

Indicador	2011	2012	2013	2014	2015
<i>GMPH -Gross Moves Per Hour¹⁹</i>					
<i>BMPH - Berth Moves Per Hour²⁰</i>					
Taxa de ocupação do terminal					
<i>Dwell Time of Vessel</i>					
<i>Dwell time of containers</i>					
Outros indicadores (discriminar):					

2.4 Trabalhadores para o Terminal

Indicador	2011	2012	2013	2014	2015
<i>Nº de Trabalhadores do Cais</i>					
Homens					
Mulheres					

¹⁹ GMPH – Gross Moves Per Hour – focus on Crane's ability to move containers over the quay

²⁰ BMPH – Berth Moves Per Hour – focus on the total number of container that all cranes moved on/off a particular vessel each hour

3. Questões para entrevista ao Director de Operação do Terminal de Contentores

- 3.1 Quais são as perspectivas de investimento para melhoria ou aumento de capacidade do seu terminal?
- 3.2 Que equipamentos estão em falta no seu terminal?
- 3.3 Quais são os aspectos influenciaram a produção do terminal nos últimos 5 anos?
- 3.4 O movimento de navios dos últimos 5 anos foi satisfatório?
- 3.5 Qual é o nível de produtividade ideal para os seus guindastes?
- 3.6 O número de trabalhadores é suficiente para o seu terminal?
- 3.7 Que factores afectam a eficiência e a produtividade do seu terminal?
- 3.8 Que elementos tomaria em conta para melhorar ou aumentar a produtividade do terminal de contentores?
- 3.9 Que instrumentos e/ou softwares são utilizados para medir a eficiência e a produtividade do terminal de contentores?
- 3.10 Quais são indicadores de desempenho do seu terminal? Quais são importantes para sua actividade?
- 3.11 Qual é a sua quota de mercado em Moçambique?
- 3.12 Quais são dos seus principais concorrentes?
- 3.13 Como analisa o mercado de contentores do país e do mundo?
- 3.14 Como avalia os acessos ferroviário e rodoviário ao seu terminal de contentores?

Tabela 30 - Estatísticas descritivas

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Variance
TEUs	3	79417	211371	138319,3	67105,2	4503117254,33
Nº Pórticos	3	0	2	1,33	1,155	1,333
Área do Terminal	3	80000	350000	176666,7	150443, 8	22633333333,3
Calado	3	-15	-8	-11,7	3,512	12,333
Cais em metros	3	300	645	439,00	181,997	33123,000

ANEXO 2 – Equipamentos de movimentação de carga nos terminais de contentores

Equipamento de manuseamento no pátio do Terminal



ANEXO 3

Custo dos equipamentos de movimentação de carga nos terminais de contentores, conforme Julliet (2011) Relatório da Agencia Francesa de Desenvolvimento (AFD)²¹

Les principaux équipements d'un terminal à conteneurs sont présentés ci-après. Leur prix approximatif entre parenthèses est donné à titre indicatif.

Portique : équipement de quai qui permet de charger et décharger les conteneurs sur un navire.

Un portique est dit **Panamax** (5M€) lorsqu'il est dimensionné pour charger/décharger des navires Panamax, c'est-à-dire ayant la largeur maximum pour passer les écluses du Canal de Panama (32,2 m). Un portique Panamax peut charger/décharger des navires de 12 à 13 rangées de conteneurs .

Un portique **Post Panamax** (>6M€) peut charger/décharger des navires de 18 rangées de conteneurs en largeur.

Les plus grands et plus récents portiques sont dits **Super post panamax** (7M€). Ils peuvent charger/ décharger des navires de 22 rangées de conteneurs en largeur.



Grue Mobile (ou grue sur pneus) (3M€)



²¹ Julliet (2011), Productivité des terminaux à conteneurs.

Spreader : outil qui permet de saisir les conteneurs. (90κ€)



Un spreader est Twinlift lorsqu'il peut saisir deux conteneurs à la fois. (130κ€)



Stacker 45 T ou reach stacker : engin de parc qui sert à manutentionner et stocker des conteneurs pleins sur 4 à 6 hauteurs. (380κ€)



Stacker pour vides : il stocke des conteneurs vides jusqu'à 8 hauteurs (suivant les caractéristiques de l'engin). (220κ€)



RTG (Rubber Tyred Gantry) : portique de parc (sur pneus) qui permet de stocker les conteneurs sur 4 ou 5 hauteurs. Il ne se meut que sur des lignes droites. (1,2M€)



RMG (Rail Mounted Gantry) : portique de parc monté sur rail. Il permet de stocker les conteneurs sur le parc (4 ou 6 hauteurs). Ils sont aussi utilisés pour charger/décharger les trains. (1,5M€)



RMG Automatique (ou automatic stacking crane) : portique permettant une manutention sur parc automatisée. Les RMG sont téléguidés par le système de gestion des opérations. (2,2M€)



AGV (Automated Guided Vehicles) : engin téléguidé destiné à déplacer les conteneurs du quai vers le parc et inversement. (500k€)



Forklift : engin de manutention à fourches. (160k€)



Truck ou tracteur de parc : engin qui sert à tracter une remorque ou un train de remorques (tel que sur la photo) sur un parc à conteneurs. (100k€)



Chariot Cavalier (straddle carrier) : engin de parc capable d'enjamber des lignes de plusieurs niveaux de stockage (2 voire 3) avec un conteneur plein.



Scanner : il sert à inspecter les conteneurs sans les ouvrir (inspection non intrusive) par rayonnement électromagnétique. (2M€)



CFS (Container Freight Station) : Il s'agit d'un entrepôt où l'on dépose et rempote les conteneurs.

