ANÁLISE DA EFICIÊNCIA RELATIVA DOS PRINCIPAIS PORTOS DA REGIÃO NORDESTE PELA METODOLOGIA DE ANÁLISE ENVOLTÓRIA DOS DADOS

Talita Ferreira Oliveira
Universidade Federal do Maranhão

Bianca Valéria Rodrigues de Souza
Universidade Federal do Maranhão

Darliane Ribeiro Cunha
Universidade Federal do Maranhão

Resumo: A presente pesquisa tem como objetivo apresentar as análises dos índices de produtividade de onze portos localizados no nordeste brasileiro, elencados como os principais em receita tarifária média por atracação no ano de 2019 de acordo com a ANTAQ (Agência Brasileira de Transporte Aquaviário). A metodologia utilizada foi a Análise Envoltória de Dados (DEA) e seus modelos matemáticos BCC (Banker, Charnes e Cooper) e CCR (Charnes Cooper e Rhodes) como ferramenta na construção de gráficos que representam a evolução histórica dos índices (inputs e outputs), a partir do ano de 2015 até o presente ano, possibilitando inferir com relação à eficiência relativa (ER), quais portos apresentam melhores resultados. Através desses é possível também perceber quais portos que se mantiveram eficientes ao longo dos cinco anos de acordo com os modelos matemáticos BCC e CCR e aqueles que não atingiram os valores de referência indicativa de eficiência. Enfim, também é possível perceber que alguns portos quando analisados a partir do modelo matemático CCR, ao qual retrata um cenário de retorno de escala de produção de receita tarifária constante, demonstram resultados sensíveis. Ressalta-se, portanto, que apenas dois dos onze portos atingiram eficiência relativa durante todo o período analisado em ambos os modelos matemáticos a partir da DEA.

Palavras-chave: Porto. Eficiência. Análise Envoltória de Dados. Produtividade.

1 INTRODUÇÃO

O Relatório da Conferência das Nações Unidas Sobre o Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD) evidenciou um crescimento do transporte marítimo nos últimos anos, com destaque para Ásia. O documento também projeta uma taxa de crescimento anual de 3,8% entre 2018 e 2023.

* A revisão gramatical, ortográfica, ABNT ou APA foi realizada pelos autores.

Tabela 1- Crescimento Econômico Mundial (2016-2018)

Crescimento Econômico Mundial, 2016-2018 (Alteração percentual anual)			
Região ou país	2016	2017	2018
Mundo	2.5	3.1	3.0
Países desenvolvidos	1.7	2.3	2.1
dos quais:			
Estados Unidos	1.5	2.3	2.5
União Européia	2.0	2.6	2.0
Japão	1.0	1.7	0.9
Países em desenvolvimento	3.9	4.5	4.6
dos quais:			
Africa	1.7	3.0	3.5
Leste da Asia	5.9	6.2	6.0
dos quais:			
China	6.7	6.9	6.7
Sul da Asia	8.4	5.8	6.1
dos quais:			
Índia	7.9	6.2	7.0
Ásia Ocidental	3.1	3.0	3.3
América Latina e Caribe	-1.1	1.1	1.8
dos quais:			
Brasil	-3.5	1.0	1.4
Países com economias em transição	0.3	2.1	2.2
dos quais:			
Federação Russa	-0.2	1.5	1.7
Países menos desenvolvidos	3.5	4.3	4.9

Fonte: UNCTAD (2018)

Sabendo da importância que o transporte marítimo tem para uma nação, o Banco Mundial acompanha a performance logística dos países através de um indicador chamado *Logistics Performance Index* (IPL - Índice de Performance Logística). O LPI internacional é um indicador resumido do desempenho do setor logístico, combinando dados sobre seis componentes principais de desempenho em uma medida agregada única. Os componentes analisados no Internacional LPI são:

- A eficiência do desembaraço aduaneiro e de gestão de fronteiras (“Alfândega”).
- A qualidade do comércio e infraestrutura de transporte (Infraestrutura).
- A facilidade de organizar remessas com preços competitivos (“facilidade de organizar remessas”).
- A competência e qualidade dos serviços de logística - transporte, despacho e despacho aduaneiro (“Qualidade dos serviços logísticos”).
- A capacidade de rastrear e rastrear consignações (“Rastreamento e rastreamento”).
- A frequência com que as remessas chegam aos consignatários dentro dos prazos de entrega programados ou esperados (“Oportunidade”).

A partir desses indicadores o Banco Mundial criou um Ranking das pontuações para cada indicador citado, os três primeiros países que estão à frente no ranking são Alemanha, Suécia e Bélgica. O desempenho logístico (LPI) é a média ponderada das pontuações do país nas seis dimensões principais, a pontuação máxima para esses indicadores é 5, isso significa que quanto mais próximo desse valor melhor performance logística é alcançada. O LPI é baseado em uma pesquisa mundial de operadores em terra (transitários globais e transportadoras expressas), fornecendo *feedback* sobre a “simpatia” logística dos países em que operam e com os quais negociam. Eles combinam um conhecimento profundo dos países em que operam com avaliações qualitativas informadas de outros países onde negociam e experimentam o ambiente de logística global.

Figura 1 - Ranking Global do Índice de Performance Logística de 2018.

País	Ano	Classificação LPI	Pontuação LPI	Costumes	A infraestrutura	Remessas internacionais	Competência logística	Rastreamento e rastreamento	Oportunidade
				?	?	?	?	?	?
Chipre	2018	45	3,15	3,05	2,89	3,15	3,00	3,15	3,62
Indonésia	2018	46	3,15	2,67	2,89	3,23	3,10	3,30	3,67
Peru	2018	47	3,15	2,71	3,21	3,06	3,05	3,23	3,63
Romênia	2018	48	3,12	2,58	2,91	3,18	3,07	3,26	3,68
Croácia	2018	49	3,10	2,98	3,01	2,93	3,10	3,01	3,59
Costa do Marfim	2018	50	3,08	2,78	2,89	3,21	3,23	3,14	3,23
México	2018	51	3,05	2,77	2,85	3,10	3,02	3,00	3,53
Bulgária	2018	52	3,03	2,94	2,76	3,23	2,88	3,02	3,31
República Eslovaca	2018	53	3,03	2,79	3,00	3,10	3,14	2,99	3,14
Lituânia	2018	54	3,02	2,85	2,73	2,79	2,96	3,12	3,65
Arábia Saudita	2018	55	3,01	2,66	3,11	2,99	2,86	3,17	3,30
Brasil	2018	56	2,99	2,41	2,93	2,88	3,09	3,11	3,51
Ruanda	2018	57	2,97	2,67	2,76	3,39	2,85	2,75	3,35
Colômbia	2018	58	2,94	2,61	2,67	3,19	2,87	3,08	3,17
Barém	2018	59	2,93	2,67	2,72	3,02	2,86	3,01	3,29
Filipinas	2018	60	2,90	2,53	2,73	3,29	2,78	3,06	2,98
Argentina	2018	61	2,89	2,42	2,77	2,92	2,78	3,05	3,37
Equador	2018	62	2,88	2,80	2,72	2,75	2,75	3,07	3,19
Kuwait	2018	63	2,86	2,73	3,02	2,63	2,80	2,66	3,37

Fonte: Banco Mundial (2018)

Nesse ranking de 2018, o Brasil se encontra na quinquagésima sexta colocação e isso mostra que mesmo com o crescimento da economia apontado nos dados da UNCTAD o Brasil ainda tem muito que melhorar com relação ao desempenho logístico e assim do transporte marítimo.

Quando se fala em desempenho, se fala em indicadores, e quanto ao desempenho portuário também não é diferente, além dos indicadores a nível global já citado que influenciam no transporte marítimo do país, temos os indicadores criados pela Associação Nacional de Transporte Aquaviário (ANTAQ), disponíveis em seu anuário. Os principais indicadores de seu anuário são: ranking da movimentação de carga; receita tarifária média por atracação; evolução das atracções e tempo médio por atracação em horas.

A partir desses indicadores do transporte marítimo elaborados pela ANTAQ, a pesquisa direcionou a análise do desempenho portuário para a região nordeste, uma região ainda pouco estudada com relação ao desempenho de seus portos. Destacaram-se os principais portos que tiveram os melhores resultados para os índices de receita tarifária média por atracação no ano de 2019. Fazendo um comparativo a esses índices com relação região nordeste e sul, percebe-se a importância dos estudos desses portos quando se compara os resultados destes, pois a média alcançada para a região nordeste para o primeiro semestre de 2019 é maior com forme figura 2 e 3.

Figura 2 – Ranking da Receita Tarifária Média por Atracação da Região Nordeste no ano de 2019

Fonte: ANTAQ (2019)

Figura 3 – Ranking da Receita Tarifária Média por Atracação da Região Sul no ano de 2019

Fonte: ANTAQ (2019)

O objetivo do estudo consiste em analisar a eficiência relativa dos portos localizados na região nordeste brasileira, elencados como os principais em receita tarifária média por atracação no ano de 2019 de acordo com ANTAQ, a partir dos indicadores de produtividade e o uso da metodologia DEA.

Foram considerados os modelos de programação matemática BCC (Banker, Charnes e Cooper) e CCR (Charnes Cooper e Rhodes), com o propósito de confrontá-los, observando em qual dos dois modelos temos resultados mais sensíveis com relação a(s) qual (is) variável (éis) tem maior influência na eficiência relativa dos portos em questão para rendimentos crescentes, constantes e decrescentes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistema Portuário

O sistema portuário brasileiro foi criado em 1808 por D. João VI, quando ele promoveu a abertura dos portos. Atualmente o setor portuário é regulado pela lei 12.815, de 5 de junho de 2013 que dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários.

Segundo dados atuais do Ministério da Infraestrutura, o sistema portuário brasileiro é composto por trinta e sete portos públicos organizados, administrados pelo Estado. Dezoito portos delegados, concedidos ou administrados, mediante autorização, pelos governos estaduais e municipais. Dezenove portos administrados pela Companhia Docas, sociedades de economia mista que têm como acionista majoritário o Governo Federal, e assim, vinculada diretamente à Secretaria de Portos como também 39 portos fluviais, também de sua competência.

Para o Ministério do transporte há um total de 235 instalações portuária, que englobam infraestruturas públicas e privadas, marítimas ou fluviais, sendo que nessa contagem não inclui as instalações portuárias públicas de pequeno porte que estão sob competência do mesmo.

Ainda sobre esse sistema, existe também a Secretaria de Portos da Presidência da República (SEP/PR) que é responsável pela formulação de políticas, formas de conduzir e gerir os portos brasileiros por meio da ANTQ (ROJAS, 2014).

De acordo com a definição de porto para Rojas (2014), pode-se inferir que um sistema portuário também é um integrador logístico de diferentes modais. Além disso, a operação portuária vai além da faixa do cais, ela é evidenciada desde os armazéns e entrepostos no interior do país, até a sua concretização de armazenamento na retroárea e no acondicionamento dentro das embarcações segundo Keppel et. al (2005). Sendo necessário, portanto um grande esforço de um sistema de logística para o funcionamento do sistema portuário.

O porto é uma área abrigada das ondas e das correntes marítimas e fica localizado, na maioria das vezes, à beira de um oceano, lago ou rio, destinada ao atracamento de barcos e navios. O porto é um local para transbordo de mercadorias e produtos de vários tipos, destacando-se: graneis sólidos e líquidos; bens de capital; e contêineres. Este transbordo pode ser de um navio para outro; de um trem para um navio; de um caminhão para um navio; e vice-versa. (ROJAS, 2014, pg. 24)

A atividade portuária pode ser resumida em um sistema linear composto de um centro de negócios, que abrange diversos setores da economia começando pela agricultura e terminando em aparelhos eletrônicos (KAPPEL, et al. 2005). Sobre a responsabilidade da atividade portuária, planejamento, gestão dos equipamentos de infraestrutura, está sob a cargo do Ministério dos Transportes (MT), e a formulação de políticas da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) e da Secretaria dos Portos (SEP).

Um bom sistema portuário deve ser capaz de desempenhar a função de coordenação das atividades portuárias, pois elas são extremamente especializadas e exigem uma forma avançada de tecnologia para a divisão do trabalho. Atualmente, a eficiência do porto depende da capacidade de seus gestores coordenarem os diversos interesses envolvidos, tanto dentro como fora do sistema. (SOUSA, 2010, pg. 11)

2.2 Portos da Região Nordeste

Porto do Itaqui

O Porto do Itaqui é administrado pela Empresa Maranhense de Administração Portuária (Emap), vinculada ao governo estadual. O Porto do Itaqui está, estrategicamente, localizado próximo aos mercados norte- -americano e europeu. Situa-se no município de São Luís, no Estado do Maranhão, dentro da Baía de São Marcos, distando 11 quilômetros do centro da capital maranhense. O Porto do Itaqui integra o Complexo Portuário de São Luís, com os Terminais de Ponta da Madeira, da Vale, o Terminal da Alumar, o Terminal do Porto Grande e os Terminais de Ferryboat da Ponta da Espera e do Cujupe, para travessia da Baía de São Marcos.

Principais Cargas e Serviços

- Carga geral de projeto: estruturas metálicas; máquinas e equipamentos; trilhos; dormentes; vagões e locomotivas
- Contêineres: standard 20"; *satndar 40" reefer; flat rack; open top*.
- Carga geral unitizada: celulose e gado vivo.
- Graneis sólidos minerais: fertilizantes; manganês; calcário; carvão; cobre; clínquer/escória e ferro-gusa.
- Graneis sólidos vegetais: soja; milho; arroz; trigo e farelo de soja

- MGO.
- Granéis Líquidos derivados de petróleo: diesel; gasolina; QAV; GLP;
 - Granéis líquidos petroquímicos: soda cáustica.
 - Granéis líquidos vegetais: álcool/etanol.

Porto de Fortaleza

O Porto de Fortaleza é administrado pela Companhia Docas do Ceará (CDC). Está localizado no Estado do Ceará na cidade de Fortaleza, Estrategicamente localizado próximo aos mercados da Europa e EUA. Sua área de influência são os Estados do Ceará, Piauí, Maranhão, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba e regiões do Norte e Centro Oeste. Atende a empresas de navegação com linhas regulares destinadas a portos dos Estados Unidos, Canadá, América Central, Caribe, Europa, África e países do Mercosul, além de itinerários para os demais portos brasileiros através da navegação de cabotagem. Cimento, arroz, aço, sal, frutas, castanha de caju, farinha, trigo, pás eólicas, escória, gasolina, óleo diesel, petróleo bruto, gás liquefeito de petróleo e óleos vegetais estão entre os principais produtos movimentados pelo Porto. Por estar encravado na área urbana de Fortaleza, com acessos via BR-116, BR-222, BR-020 e Ferrovia Transnordestina, possui uma infraestrutura versátil que permite a movimentação de diferentes tipos de mercadorias, divididos em graneis sólidos, graneis líquidos, carga geral solta e containerizada.

Porto de Areia Branca

O Terminal Salineiro de Areia Branca é administrado pela Companhia Docas do Rio Grande do Norte CODERN. Mais conhecido como Porto-Ilha de Areia Branca, está localizado no Oceano Atlântico, próximo ao litoral do Rio Grande do Norte. Fica localizado a 14 km da costa de Areia Branca, e a 330 km de Natal. Foi inaugurado em 01 de março de 1974 e sua primeira operação se deu em 04 de setembro do mesmo ano. O sal movimentado no Porto-Ilha têm como principais destinos o mercado internacional e as indústrias de cloro brasileiras.

Porto de Natal

Porto de Natal é administrado pela Companhia Docas do Rio Grande do Norte CODERN, está localizado em Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Está instalado no bairro da Ribeira, na cidade. Cerca de 30% de toda movimentação do terminal, é com frutas. Atualmente, tem duas linhas diretas para Europa, com paradas nos portos de Vigo (Algeciras), na Espanha, Sheerness (Tilbury), na Inglaterra, e Roterdan (Rotterdam), na Holanda. Além disso, recebe com regularidade navios para exportação de açúcar, sal e importação de trigo e cargas de projeto eólico e industrial. Principais produtos movimentados exportados: melão, açúcar, melancia, manga, mamão, uva, camarão, peixe congelado. Importados: trigo, equipamentos, caixaria.

Porto de Ilhéus

O Porto de Ilhéus é administrado pela Companhia das Docas da Bahia (CODEBA). Também conhecido por Porto de Malhado está localizado no município de Ilhéus, no estado da Bahia. Hoje, além do cacau, a sua pauta de

movimentação de cargas inclui a soja, milho, amêndoas, óxido de magnésio, concentrado de níquel, peças industrializadas e carga geral. Também atua como operador turístico, obtendo nos últimos anos um expressivo crescimento dessa atividade.

Porto de Suape

O Porto de Suape é administrado pela Empresa SUAPE – Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros, empresa pública estadual, vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado de Pernambuco,

A área do porto de Suape está localizada no litoral sul do Estado de Pernambuco, entre a foz dos rios Ipojuca e Massangana e entre o Cabo de Santo Agostinho e o Pontal do Cupe, distando cerca de 40 km ao sul da cidade de Recife. A área de influência do Porto de Suape atualmente compreende todo o Estado de Pernambuco, estendendo-se para os Estados da Paraíba, Alagoas, Rio Grande do Norte e Ceará e, ainda, até o interior do Maranhão. As principais cargas esperadas e sua origem/destino: Minério de Ferro oriundo de Paulista (PI); gipsita oriunda de Araripina, na divisa de Pernambuco com Piauí; soja, oriunda do sul do Piauí e da região de Barreiras na Bahia; fertilizante, com destino às áreas de produção de soja; açúcar, oriunda de Pernambuco; veículos (importação) destinados a Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará.

Porto de Salvador

O Porto de Salvador é administrado pela Companhia Docas do Estado da Bahia (CODEBA) está localizado na Baía de Todos os Santos, no trecho da costa entre a Ponta do Monte Serrat, ao norte, e a Ponta de Santo Antônio, ao sul. Os principais produtos movimentados na exportação são: plásticos petroquímicos; produtos siderúrgicos; ferro ligas; frutas e sucos; granito; celulose; peles e couros; cacau e derivas; sisal e derivados; fumo e derivados; e equipamentos. Na importação são; trigo; produtos químicos; produtos alimentícios; arroz; equipamentos; minérios e papel.

Porto de Aratu

O Porto de Aratu-Candeias é administrado pela Companhia Docas do Estado da Bahia (CODEBA situa-se na Baía de Todos os Santos, na enseada do Caboto, em frente à costa leste da Ilha da Maré, no estado da Baía. Sua área de influência se estende a Sergipe, Alagoas, Oeste de Pernambuco e Leste de Minas Gerais, operando com quatro terminais para a movimentação de granéis sólidos, produtos líquidos e gasosos. Essa estrutura permite Aratu-Candeias operar com grande variedade de produtos, movimentando simultaneamente minérios e produtos químicos. Entre os principais produtos movimentados estão minérios de ferro, manganês e cobre, uréia, fertilizantes, nafta, propeno, concentrado de cobre, produtos químicos e petroquímicos.

Porto de Cabedelo

O Porto de Cabedelo é administrado pela Companhia Docas da Paraíba-Docas- PB fica na margem do estuário do Rio Paraíba do Norte, em frente à ilha da

Restinga, na parte Noroeste da cidade de Cabedelo-PB, vizinho ao Forte de Santa Catarina.

A área de influência do Porto de Cabedelo compreende os estados da Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Sergipe, Alagoas e o Sul do Ceará. Este porto é o principal acesso marítimo de entrada e saída de mercadorias no Estado da Paraíba. Ele é privilegiado pela localização, pois se encontra no centro da região Nordeste, sendo diferencial de rota para diversas cargas, nacional ou internacional. Na Paraíba, as cargas importadas de maior destaque são os derivados do petróleo, o *petcoke* e o trigo, que é processado pela empresa M. Dias Branco. Os produtos derivados do petróleo que adentram à Paraíba, através do Porto de Cabedelo, servem para abastecer o mercado local paraibano. Em relação ao *petcoke*, este minério também permanece no Estado para atender, principalmente, a demanda das empresas cimenteiras. Já os produtos derivados do trigo, parte da sua produção serve para consumo próprio dos moradores do Estado. Os principais produtos exportados são calçados de borracha, o açúcar e a ilmenita

Porto de Maceió

O Porto de Jaraguá, também conhecido como Porto de Maceió, é um porto brasileiro localizado no estado de Alagoas, na capital Maceió. Está vinculado à Companhia Docas do Rio Grande do Norte – CODERN, através de um Convênio firmado com a Secretaria Nacional de Transportes – SNT e o Departamento Nacional de Transportes Aquaviários - DNTA. Principais produtos são: Granéis sólidos: açúcar a granel; adubos; trigo; cimento. Granéis Líquidos: etanol; óleo diesel e gasolina; petróleo bruto. Carga geral: açúcar em sacos e Contêiners.

Porto de Recife

O Porto do Recife é administração e explorado pelo Porto Organizado do Recife pelo Estado de Pernambuco por intermédio da empresa Porto do Recife S.A. Está localizado na parte leste da Ilha do Recife, às margens dos Rios Capibaribe (ao sul) e Beberibe (ao norte), na cidade do mesmo nome e capital do estado de Pernambuco. Principais cargas movimentadas são: açúcar; fertilizantes; barrilha; trigo; contêineres; malte; clínquer; produtos siderúrgicos e milho.

2.3. Eficiência portuária

Eficiência é a virtude ou característica (que pode ser atribuída a uma pessoa, máquina, técnica ou empreendimento) de conseguir o melhor rendimento com o mínimo de erros, dispêndio de energia, tempo, dinheiro ou meios (MARIANO, 2007 Apud HOUAISS, 2001). Mariano (2007) complementa que existem diversos tipos de eficiência, aplicáveis a diferentes áreas do conhecimento.

A eficiência no setor portuário segue esse pensamento, busca-se no porto alcançar melhores resultados com menos dispêndio de recursos, com máximas quantidades de atracações, um maior volume de carga em um menor tempo de operacionalização e conseqüentemente menor permanência do navio no porto.

Pires (2016) Apud Pearson (1993), fala sobre a eficiência técnica, que atende a essa lógica, ela mede a proximidade entre a quantidade de produto produzida por uma empresa e a quantidade máxima de produtos que aquela empresa

poderia gerar, dado o nível de insumos que pratica, ou usando a mínima quantidade de insumos suficiente para produzir determinado nível de produto.

O setor portuário tem a função de atuar como uma ligação entre os sistemas de produção e os centros de consumo. Nesse sentido, é o principal elo na cadeia logística do comércio exterior, sendo, portanto, vital para a economia nacional na função de garantir o transporte de mercadorias de forma eficaz e eficiente (MENEGAZZO et al. 2016 Apud AKABANE; GONÇALVES 2008).

Merk e Dang (2012) apontam que a eficiência portuária é um fator importante para estimular a competitividade portuária e impulsionar o desenvolvimento. Alguns dos principais desafios dos portos são: proteger os fluxos de tráfego, manuseio de contêineres e de bens mais rapidamente, reduzir tempos de atracação e atrasos, permitir grande capacidade de armazenamento e garantir conexões multimodais ao interior. Para ele os benefícios da eficiência portuária vão além do volume de tráfego: eles têm efeitos diretos e indiretos em atividades relacionadas, como seguro marítimo, finanças e logística, devido à sua posição estratégica na cadeia de transporte. Cria valor agregado e emprego, que afetam a perspectiva de crescimento regional e urbano.

A eficiência portuária analisada neste trabalho leva em a eficiência relativa dos portos, que, portanto não tem caráter único e depende da relação das variáveis que podem ser calculadas com orientação aos inputs, minimizando-os e mantendo os outputs constantes ou orientados aos outputs, maximizando-os e mantendo os inputs constantes ou variáveis.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICO

A Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) e seus modelos matemáticos BCC (Banker, Charnes e Cooper) e CCR (Charnes Cooper e Rhodes) são a metodologia utilizada para análise dos indicadores dos portos supracitados. De acordo com Pires (2016) Apud Falcão e Correia (2012) a metodologia DEA é uma das principais utilizadas na avaliação da eficiência relativa portuária e ressalta que a flexibilidade percebida nesse método com relação a sistemas com diversos insumos e produtos, o que percebemos nos portos, é uma característica positiva.

A técnica de Análise Envoltória de Dados – DEA, ou seja, Análise por Envelopamento de Dados vem sendo utilizada em diferentes contextos: em hospitais, Butler e Li (2005); na saúde, Rosano-Peña (2012); em escolas, Banker et. al., (2004); em bancos, Camanho e Dyson (2005); em plataformas logísticas, Boile (2009) e Carvalho (2010); em portos e terminais portuários, a partir de Roll e Hayuth (1993), Tongzon (2001), Turner et. al. (2003), Melo et. al., (2003 e 2005), Meza (2003 e 2005), Falcão (2012) (PIRES, 2016, p. 17).

Conforme Sousa Júnior (2010, p.15) "A Análise Envoltória de Dados – DEA é um método baseado em programação linear, cujo objetivo é medir a eficiência de entidades denominadas de *Decision Making Units* – DMU de maneira comparativa, tendo como base as informações dos recursos (inputs) e dos produtos (outputs) de cada DMU".

A Análise Envoltória de Dados (DEA - Data Envelopment Analysis) é uma técnica não-paramétrica que emprega programação matemática para construir fronteiras de produção de unidades produtivas – DMUs que empregam processos tecnológicos semelhantes para transformar múltiplos insumos em múltiplos produtos (CASADO, 2007, p. 60).

Pires (2016) Apud Melo et. al (2005) ressalta que uma das vantagens dos métodos não paramétricos, como o DEA, é a facilidade de utilização em setores complexos e multivariáveis no caso do setor portuário, por exemplo. É uma técnica que não necessita de funções predefinidas para analisar a tríade insumo-produto-eficiência (Rios, 2005), enquanto que os paramétricos necessitam de funções predefinidas, ajustando a regressão a partir de observações.

Foram, portanto, definidos quais seriam os *inputs* (índices de produtividade/recursos) e *outputs* (produtos/serviços) para a aplicação da metodologia escolhida que consiste na análise das variáveis de produção, insumos e produtos. Sendo considerado para este trabalho as Receita Tarifária Média por Atracação como *output* e a Peso da Carga Bruta, Tempo Atracado e Quantidades de Atracações. Os índices de *input*, aos quais serão explanados de forma detalhada na metodologia.

Os modelos matemáticos escolhidos para a elaboração dos gráficos são: CCR ao qual produz respostas constantes orientando a produção, ou seja, toda alteração no input gera resultados proporcionais nos outputs, sendo esse modelo desenvolvido por Charnes Cooper e Rhodes (1978). E o BCC por Banker, Charnes e Cooper (1984) ao qual a proporcionalidade percebida no modelo anterior não produz efeitos proporcionais, sendo as respostas apresentadas de forma variável.

Figura 4 – Procedimento Metodológico

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

A aplicação dos modelos apresentados foi calculada através do *software Frontier Analyst* que consiste em uma ferramenta de informática técnica compilado com as funções DEA necessárias para fazer as análises, sendo esse um dentre outros programas que possuem a mesma funcionalidade, no entanto, a escolha pelo *Frontier Analyst* se deu pela sua *interface* agradável e intuitiva que permitiu maior adaptabilidade no processamento dos dados.

O *Frontier Analyst* permite levar em consideração uma imensa gama de fatores considerados importantes que afetam o desempenho de uma unidade para fornecer uma avaliação completa e abrangente da eficiência. O *Frontier Analyst* gera pontuações de eficiência para todas as unidades que estão sendo analisadas. Ele mostra quantas unidades ineficientes precisam reduzir suas entradas ou aumentar suas saídas para se tornarem eficientes. Ele também identifica as unidades com

melhor desempenho e suas práticas operacionais podem ser examinadas para estabelecer um guia de “melhores práticas” para outros imitarem.

Foram consideradas as variáveis de entrada e saída a partir de índices levantados pela ANTAQ. Tais indicadores de produtividade já apontam por si só resultados que podem ser analisados referentes à sua propriedade. Pensando em incrementar e aprofundar mais essa análise, o uso da metodologia DEA soma-se aos dados o cruzamento destes para uma inferência mais ampla. A seguir segue a tabela com os índices de entrada e saída que possuem relevância para essa pesquisa:

Tabela 2 – Dados de *Input* e *Output*

Dados de entrada	Dados de Saída
Peso da Carga Bruta	Receita Tarifária Média por Atracação
Tempo Atracado	
Quantidades de Atracações	

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

A Tarifa Média por Atracação, segundo dados da ANTAQ é um indicador que mede a tarifa média auferida pela autoridade portuária por atracação. O cálculo é feito considerando todas as atracações realizadas no porto, para todos os tipos de carga. Sabendo que as tarifas portuárias são a remuneração dos serviços portuários que inclui toda a operacionalização de movimentação de carga de acordo com quantidades e tempos, busca-se encontrar o valor ideal de receita tarifária com retornos constantes de escala, assumindo assim uma proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*, e também através de retornos variáveis de escala, utilizando, portanto, o modelo CCR e BCC orientado ao *output*.

Esse processo se dá para alcançar o objetivo do trabalho que consiste em analisar a eficiência relativa a partir da análise envoltória dos dados. Anteriormente esse modelo foi utilizado na avaliação de todos os portos da região nordeste por Sousa Júnior (2010) e antes dele por Rios (2005) para mensurar a eficiência relativa de operações dos terminais de contêineres do Mercosul.

E nos trabalhos de Pires (2016) Para saber quais as DMUs que estão operando na fronteira, foram realizadas quatro simulações para cada modelo, para o período de 2010 a 2014, com resultados bem diferentes, demonstrando que o setor portuário brasileiro obteve melhores resultados com Retorno Variável de Escala. Assim também como também aponta um resultado semelhante para esta pesquisa.

4 RESULTADOS

O objetivo do estudo consiste em analisar a eficiência relativa dos portos localizados na região nordeste brasileira, elencados como os principais em receita tarifária média por atracação no ano de 2019 de acordo com ANTAQ, a partir dos indicadores de produtividade e o uso da metodologia DEA.

A partir da construção de uma série histórica dos anos de 2015 até o primeiro semestre de 2019, encontra-se os seguintes resultados sobre a eficiência relativas dos onze principais portos da região nordeste.

Figura 5 – Evolução Histórica da Eficiência dos Portos da Região Nordeste Modelo CCR

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Os portos que obtiveram durante os cinco anos, o mesmo resultado de acordo com o gráfico da figura 6, foram apenas dois: Ilhéus e Maceió; 20% dos portos analisados. Estes mantiveram uma eficiência produtiva excelente, sabendo que cada um possui infraestruturas próprias com características naturais e geográficas específicas. O porto de Itaqui e o porto de Salvador, não atingiram a eficiência apenas no ano de 2016. Os portos de Recife e Suape foram os portos que não conseguiram alcançar a eficiência relativa entre os cinco anos estudados desse modelo.

Figura 6 – Evolução Histórica da Eficiência dos Portos da Região Nordeste Modelo CCR

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Na figura 6, os portos que se mantiveram eficientes, de acordo com o resultado dos cálculos, para retornos constantes, foram sete dos onze portos investigados, 70%, são estes: Ilhéus, Itaqui, Maceió, Natal, Cabedelo, Salvador e Areia Branca. Os portos que não conseguiram atingir a eficiência relativa entre os anos estudados foram Recife e Suape.

Comparados os gráficos da figura 5 e 6 percebe-se que para retornos variáveis de escala, o resultado para a eficiência relativa alcança mais portos que se mantêm durante os anos, o contrário para retornos constantes de escala. Apenas dois portos conseguem manter a eficiência relativa para os resultados em escalas variáveis e constantes de retorno de receita tarifária; são o porto de Maceió e Ilhéus. Entretanto, dois portos não atingiram a eficiência relativa durante os anos para o resultado dos dois modelos, foram os portos de Recife e Suape.

Para entender melhor os resultados dos gráficos apresentados temos a correlação das variáveis de entrada e saída dos dois modelos, representada no gráfico da figura a seguir:

Figura 7 – Correlação da Entrada com a Saída

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Essa correlação indica pesos para as variáveis de entrada que se correlacionam com a saída. Para valores de zero ou abaixo de zero das variáveis, não se considera como importantes, para valores acima de zero e próximas de um, são consideradas importantes. O gráfico mostra que ao longo dos cinco anos apresentados, a variável “quantidade de atracções não apresentou relevância, porém as variáveis “peso de carga bruta” e “tempo atracado”, se sobressaíram. Para

aquela, nos anos de 2015, 2018 e 2019 obteve maior peso, e para esta, nos anos de 2016 e 2017 também ocorreu o mesmo. Portanto, os portos que apresentaram valores altos para esses anos relacionados a essas variáveis conseguiram alcançar bons desempenhos. Em complemento aos gráficos apresentados temos os gráficos da série histórica de cada variável utilizada, apresentados a seguir.

Figura 8 – Série Histórica das Atracações dos Portos da Região Nordeste

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 9 – Série Histórica dos Pesos de Carga Bruta dos Portos da Região Nordeste

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Observa-se que na figura 8, os portos que obtiveram o maior nível de atracação durante os anos foram os portos de Areia Branca e Suape. Na figura 5, com relação ao nível de peso de carga bruta, os portos de Suape e Itaqui alcançaram as maiores faixas. Na figura 10, que trata do tempo atracado, os portos em destaque entre os demais foram os portos de Ilhéus e Recife. Na figura 11, no ano de 2015 o porto que sobressaiu foi o Itaqui, já em 2016, Maceió e Ilhéus aumentaram o seu nível de receita pouco próximo ao do Itaqui que permaneceu em destaque também nesse ano, já nos anos seguintes, Itaqui se manteve à frente dos demais, apenas ficou atrás de Ilhéus em 2019.

Figura 10 – Série Histórica do Tempo Atracado dos Portos da Região Nordeste

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 11 – Série Histórica da Receita Tarifária dos Portos da Região Nordeste

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

De acordo com os resultados do gráfico da figura 7 e os resultados dos gráficos a partir da figura 8 a 11, pode se afirmar que em termos de peso que se correlacionam para a receita tarifária média, Suape e Recife, apesar de apresentarem níveis em destaque respectivamente em peso de carga bruta e tempo atracado, não atingem bons níveis de receita. Logo, isto aponta para o resultado dos dois modelos apresentados de análise da eficiência dos gráficos da figura 5 e 6.

Sabe-se, contudo, que além das características de infraestrutura, rapidez nos processos de operacionalização, tipos de cargas recebidas, restrições, condições naturais e geográficas, as variáveis economias também influenciam nos resultados obtidos, tais como a variação do dólar americano, pois a maioria dos produtos exportados são commodities cotadas em bolsa de valores de moeda americana. Além disto, temos o fator crise; em 2016 o país vive uma forte crise de recessão com a diminuição do produto interno bruto, bem como no valor das exportações e importações desde 2014, conforme mostra a figura 13 e 14.

Figura 12 – Série Histórica da Taxa Acumulada do Produto Interno Bruto do Brasil

Fonte: IBGE

Figura 13 – Série Histórica das Importações e Exportações

Fonte: IBGE (2019)

Figura 14 – Série Histórica das Movimentações de Cargas

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Olhando para os gráficos anteriores, entende-se que as variações na movimentação de carga acompanham as variações das taxas do PIB e das importações e exportações. A variável “peso de carga bruta”, na correlação da figura 7, perdeu relevância quanto fator determinante para a maximização dos resultados nos anos de 2016 e 2017, isso mostra que acompanhando as mudanças na economia apresentada, a queda brusca nas movimentações de cargas, deu lugar para o peso da variável “tempo atracado”, que compensou esse desnível para os resultados dos cálculos da eficiência relativa dos portos. E para os resultados do modelo CCR, onde não se admiti variações nos insumos, percebe-se essa queda nos resultados para a eficiência relativa entre os portos.

5 CONCLUSÃO

O modelo matemático de programação linear, para análise de diferentes variáveis, é uma boa metodologia de análise de produtividade, entretanto, tem alguns pontos onde há limitações. É sensível a valores de pontos extremos; muitas variáveis podem fazer com que mais unidades sejam eficientes, e se baseia em dados observados e estimados, formando então um resultado para valores de eficiência relativa e não absoluta.

Para a pesquisa aplicada, foram consideradas apenas três variáveis de entrada: peso de carga bruta; tempo atracado e quantidade de atracações. Os dados coletados foram de uma base de dados reais, logo, apesar das limitações apresentados do modelo, os resultados apresentados tendem para a retratação de um cenário mais fidedigno.

Considerando o exposto, sobre os resultados, eles apontam para portos que se mantêm eficientes ao longo de cinco anos, para dois modelos distintos.

Entretanto, alguns portos aparecem como sensíveis ao modelo CCR, onde retrata um cenário de retorno de escala de produção de receita tarifária constante, pois apenas dois dos onze portos conseguiram atingir esse tipo de eficiência durante os cinco anos apresentados.

REFERÊNCIAS

- SOUSA JUNIOR, J. N. C. (2010). Avaliação da eficiência dos portos utilizando análise envoltória de dados: estudo de caso dos portos da região nordeste do Brasil. Fortaleza, 2010. Dissertação de Mestrado. Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 89 fls
- CASADO, Frank Leonardo. Análise envoltória de dados: conceitos, metodologia e estudo da arte na educação superior. Revista Sociais e Humanas, v. 20, n. 1, p. 59-71, 2007.
- PIRES, J.S. (2016). A Eficiência Técnica dos Portos e Terminais Públicos e Privados Brasileiros Marítimos no Período de 2010 a 2014. Dissertação de Mestrado em Transportes, Publicação T. DM – 011/2016, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 145 p.
- RIOS, L. R (2005) Medindo a eficiência relativa das operações dos Terminais de Containers do Mercosul. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. RS.
- CHARNES, A., COOPER, W.W. E RHODES, E.(1978) *Measuring the efficiency of decision making units*, European Journal of Operational Research 2, 429-44
- BANKER, R. D; CHARNES, A; COOPER W.W (1984) Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, Vol. 30.
- UNCTAD. Review of Maritime Transport, 2018. Disponível em: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2018_en.pdf. Acesso em 26 de agosto de 2019.
- ANTAQ. Anuário. Disponível em: <<http://web.antaq.gov.br/anuario/>>. Acesso em 26 de agosto de 2019.
- IBGE. Sistema de Contas Nacionais. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9300-contas-nacionais-trimestrais.html?=&t=series-historicas>>. Acesso em 26 de agosto de 2019.
- Mundial, Banco. International Scorecard. Disponível em: <<https://lpi.worldbank.org/international/global>>. Acesso em 27 de agosto de 2019.
- Ministério da Infraestrutura. Disponível em: <<http://infraestrutura.gov.br/sistema-portu%C3%A1rio.html>>. Acesso em 29 de agosto de 2019.
- ROJAS, Pablo. Introdução à logística portuária e noções de comércio exterior. Artes Médicas Editora, 2014.
- KAPPEL, Raimundo F. et al. Portos brasileiros: novo desafio para a sociedade. Reunião da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência–SBPC, v. 57, 2005.
- MARIANO, Enzo B. Conceitos básicos de análise de eficiência produtiva. XII Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP, 2007.

BELLONI, José Ângelo et al. Uma metodologia de avaliação da eficiência produtiva de universidades federais brasileiras. 2000.

MENEGAZZO, Luciano Ricardo; FACHINELLO, Arlei Luiz. Análise de nível de eficiência dos portos brasileiros. Revista de Economia, v. 40, n. 3, 2016.

JÚNIOR, José Nauri Cazuza De Sousa; JÚNIOR, Ernesto Ferreira Nobre; PRATA, Bruno De Athayde. Análise da eficiência dos portos da região Nordeste do Brasil baseada em Análise Envoltória de Dados. Sistemas & Gestão, v. 3, n. 2, p. 74-91, 2009.

MERK, Olaf; DANG, Thai-Thanh. Efficiency of world ports in container and bulk cargo (oil, coal, ores and grain). 2012.

PIRES, Gabriel Campos; SILVA, Vanina Macowski Durski. Análise da Eficiência Portuária usando a Metodologia da Análise Envoltória de Dados (DEA). In: III Congresso Internacional de desempenho portuário- CIDESPORT. Anais... Florianópolis: 2016 Disponível em: <<http://www.cidesport.com.br/sites/default/files/a52694.pdf>>. 2017. Acesso em 29 de agosto de 2019.

Frontier Analyst. Disponível em: <<https://banxia.com/frontier/resources/how-data-envelopment-analysis-works/>>. Acesso em 21 de agosto de 2019.

Site do porto do Itaqui. Disponível em: <www.portodoitaqui.ma.gov.br>. Acesso em 26 de agosto de 2019.> . Acesso em 26 de agosto de 2019.

Site do Porto de Fortaleza. Disponível em: <www.docasdoceara.com.br>. Acesso em 26 de agosto de 2019.

Site do Terminal Salineiro de Areia Branca, Natal e Maceió. Disponível em: <www.codern.com.br>. Acesso em 26 de agosto de 2019.

Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Suape. Disponível em: <http://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/Portaria/PDZ_SUAPE.pdf>. Acesso em 26 de agosto de 2019.

Site do Porto de Salvador, Ilhéus e Aratu. Disponível em: <www.codeba.com.br>. Acesso em 26 de agosto de 2019.

Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Salvador e Aratu. Disponível em: <http://www.codeba.com.br/eficiente/repositorio/PDZ/pdz_completo_2018.pdf>. Acesso em 26 de agosto de 2019.

Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Cabedelo. Disponível em: <https://www.infraestrutura.gov.br/images/SNP/planejamento_portuario/pdz/pdz07.pdf>. Acesso em 26 de agosto de 2019.

Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Maceió. Disponível em: <https://www.infraestrutura.gov.br/images/SNP/planejamento_portuario/pdz/pdz18.pdf>. Acesso em 26 de agosto de 2019.

Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Recife. Disponível em:
<https://www.infraestrutura.gov.br/images/SNP/planejamento_portuario/pdz/pdz25.pdf>. Acesso em 26 de agosto de 2019.

Site do porto de Recife. Disponível em: <<http://www.portodorecife.pe.gov.br/>>. Acesso em 26 de agosto de 2019.

Plano mestre d Porto de Recife. Disponível em:
<https://www.infraestrutura.gov.br/images/SNP/planejamento_portuario/planos_mestres/sumario_executivo/se25.pdf>. Acesso em 26 de agosto de 2019.