

Exportação de graneis agrícolas pelo Arco Norte: Número de berços necessários no Porto de Santarém (PA)

Export of bulk through Arco Norte: Number of berths required at the Port of Santarem (PA)

¹Ana Paula Magalhães da Silva, ²Juliane Érika Cavalcante Bender

¹Engenheira de Transportes – Graduada pela Universidade Federal do Mato Grosso (apmgcba@gmail.com)

²Professora do Departamento de Engenharia Civil e Meio Ambiente do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET MG (Juliane.erika@gmail.com)

RESUMO: A região do Mato Grosso (MT), apesar de possuir grande potencial agrícola, não detém um cenário ideal para o transporte de grãos, visto que grande parte destes são escoados para Porto de Santos, utilizando o transporte rodoviário para sua exportação. Deste modo, propõem-se a investigação de um novo corredor, estabelecido pelo início da operação da ferrovia EF-170 em conjunto com a hidrovía Tapajós-Teles Pires. Prevendo o aumento das movimentações de graneis em razão do início da operação da rota, o objetivo é determinar o número mínimo de berços no Porto de Santarém (PA) de forma a atender a demanda futura da área de influência. São criados quatro cenários operacionais possíveis, empregando a produção do ano de 2019 como cenário atual, uma estimativa de produção para 2025 e os índices operacionais do porto. A metodologia utilizada se mostrou satisfatória, porém as pesquisas devem ser aprofundadas a fim de determinar a melhor solução para o porto em questão no caso de implantação do novo corredor.

Palavras Chave: Capacidade portuária. Exportação. Graneis agrícolas.

ABSTRACT: The region of Mato Grosso (MT), despite having great agricultural potential, does not have an ideal scenario for the transport of grains, since most of these are transported to Porto de Santos, using road transport for their export. Thus, it is proposed to investigate a new corridor, established by the operation of EF-170 railway in conjunction with Tapajós-Teles Pires waterway. Predicting the increase in bulk handling due to the beginning of the route's operation, this study goal is to determine the minimum number of berths in the Port of Santarém (PA) in order to meet the future demand in the area of influence. Four possible operational scenarios are created, using the production of 2019 as the current scenario, a production estimate for 2025 and the port's operational indexes. The used methodology proved to be satisfactory, however the research must be further developed in order to determine the best solution for the port in question in the case of the implementation of the new corridor.

Keywords: Port capacity. Exportation. Bulk agricultural products.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA, 2017a), o estado de Mato Grosso, é considerado um dos maiores produtores de graneis agrícolas do país. Para o escoamento dos grãos produzidos utiliza-se, predominantemente, a modalidade rodoviária tendo como destino a região Sudeste do país, especificamente, o porto de Santos (SP). Considerando que o transporte rodoviário não é eficiente para grandes distâncias, precisa-se estabelecer novos planos para logística explorando outras alternativas de transporte. Dentro deste contexto, as saídas pelo Norte e Nordeste do Brasil demonstram grande vantagem, tanto em questões ambientais, quanto econômicas.

A rota a ser estudada consiste na combinação da Ferrovia EF-170, também denominada de Ferrogrão, com a hidrovía Tapajós-Teles Pires. O projeto da EF-170, que faz parte do Programa de Parcerias de Investimentos (PPI), tem como objetivo consolidar um novo corredor ferroviário de exportação pelo Arco Norte brasileiro. O trecho ferroviário quando concluído terá 933 km de extensão, e ligará as regiões produtoras de grãos do Centro-Oeste ao estado do Pará, com destino ao porto de Miritituba (PA) (PPI, 2019). Por sua vez, a hidrovía Tapajós-Teles Pires conecta as cidades de Miritituba (PA) e Santarém (PA). Para o

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2016) os portos de Santarém-PA e Itaituba-PA são os principais da hidrovia.

A movimentação de graneis agrícolas no momento presente, especificamente a soja e o milho, no Porto de Santarém são realizados por apenas um berço, e a partir do momento que ocorrer o início da operação da Ferrovia Ferrogrão serão destinados maiores volumes de carga para este terminal, promovendo uma possível limitação no funcionamento deste porto. Logo, é possível prever a necessidade de expansão do terminal portuário para atender a futura demanda. Ao longo do trabalho serão levantadas algumas hipóteses de exportação de modo a estimar o número de berços necessários.

No Brasil, os trabalhos científicos que englobam o planejamento e atracação dos navios nos portos são denominados como o Problema de Alocação de Berços (PAB). Podem ser citados os trabalhos de Mauri (2010), Rodrigues *et al.* (2016), Rodrigues *et al.* (2013), e Vervloet e Rosa (2016) que utilizam modelos matemáticos para a programação e a alocação de navios às áreas de atracação ao longo de um cais. Entretanto, estes se preocupam na alocação das estruturas previamente existentes. A temática de quantificação do número de berços com base em uma demanda futura é limitada a publicações do Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA). O órgão desenvolveu uma formulação que permite estimar diversas variáveis em diversos planos mestres dos complexos portuários do país, dentre elas o número de berços de vários portos do país. Devido a essa restrição de fontes será considerada essa formulação para dimensionar a quantidade de berços necessários para cada cenário.

Este trabalho objetiva quantificar o número de berços necessários no porto de Santarém (PA) para realizar a transferência de graneis agrícolas para exportação, e afim de atender o objetivo estabelecido foram criados quatro panoramas, sendo estes estabelecidos pela quantidade de soja e milho regional do Mato Grosso que poderão ser transportadas pelo novo corredor.

O primeiro cenário retrata a produção do ano de 2019, do Mato Grosso, que destinada ao porto de Santarém, enquanto os demais cenários estimam os volumes de graneis a serem transportados futuramente em razão da implementação e operação da ferrovia. Os cenários restantes possuem as seguintes características: o segundo trabalha com a estimativa da produção do ano de 2019, já o terceiro adota a estimativa de produção do ano de 2025.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção e escoamento de graneis agrícolas no Brasil

A produtividade média e a área de plantio no Brasil têm evoluído rapidamente nas últimas décadas, sendo este aumento da área situado, principalmente, na região Centro-Nordeste (MTPA, 2017a). Entretanto são observados entraves logísticos que dificultam a movimentação desses produtos. De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2015), estes estão associados à carência e a má qualidade da infraestrutura, a uma inadequada divisão modal, à falta de incentivos para a intermodalidade ou multimodalidade e também pela concentração geográfica das estruturas disponíveis, conduzindo à saturação da capacidade de transporte de determinadas regiões, como é o caso dos corredores Sul e Sudeste (MTPA, 2017a).

O MTPA (2017a) identifica os principais Corredores Logísticos Estratégicos, que podem ser utilizados para melhorar o escoamento de soja, farelo de milho e soja pelos portos brasileiros, sendo eles: Corredor Norte: Eixo Madeira, Eixo Tapajós e Eixo Leste; Corredor Nordeste: Eixo São Luiz e Eixo Salvador; Corredor Sudoeste: Eixo Vitória e Eixo Santos; e o Corredor Sul: Eixo Paranaguá e Eixo Rio Grande.

As cargas transportadas pelos corredores citados têm como destino os principais complexos portuários nas cidades de: Itacoatiara, Santarém, Barcarena, São Luiz, Salvador, Vitória, Santos, Paranaguá, São Francisco do Sul e Rio Grande (MTPA, 2017a).

Nos portos brasileiros os principais obstáculos encontrados são: carência do número de berços, reduzido horário de funcionamento, elevado custo de mão de obra, tarifário e tributário, acesso terrestre deficiente, falta de investimento, obsolescência e baixa capacidade dos equipamentos e entre outros (CNT, 2015). Nesse sentido, de acordo com a CNT (2015), a ampliação do funcionamento de todos os portos para 24 horas diárias efetivamente é encarada como uma das medidas que podem auxiliar na solução dessa carência, elevando a produção e reduzindo o tempo de retorno dos investimentos realizados em equipamentos.

Segundo o MTPA (2017a) são utilizados cerca de 37 mil quilômetros de vias de transportes divididos entre os modos rodoviário, ferroviário e hidroviário, com predominante participação da modalidade rodoviária. Diante desse cenário, são apresentadas as atuações de cada modalidade segundo os corredores citados anteriormente (Tabela 1).

Tabela 1 - Quantitativo de rotas por integração dos modos nos corredores de exportação

Modo ou Intermodalidade	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul
Rodo	5	4	3	5
Ferro	-	-	4	1
Rodo-Ferro	3	-	4	2
Rodo-Hidro	7	-	-	1
Rodo-Hidro-Ferro	-	-	2	-

Fonte: MTPA (2017a).

As distâncias a serem percorridas, o volume e o valor do produto a ser carregado são fatores que influenciam a seleção do modo de transporte a ser utilizado nos escoamentos. Para o modo rodoviário é indicado tonelagem média, pequenas distâncias e mercadoria de médio valor agregado, ao passo que para os modos ferroviário e hidroviário são sugeridas tonelagens altas, distância de média a grande e mercadoria de baixo a médio valor agregado (Fleury *et al*, 2000).

Em relação às modalidades de transporte utilizadas no transporte da carga, a movimentação destas pelo modo ferroviário é destinada à exportação. Para Castro (2002), a oferta de transporte desta modalidade é considerada insuficiente para atender as demandas existentes, em razão do seu desempenho operacional limitado causado por sua baixa densidade.

A capacidade de transporte por meio de comboios (conjunto de barcas e empurradores), pelo modo hidroviário, também limitado. Por mais que apresentem vantagens para produtos homogêneos e de baixo valor agregado, como milho e soja, por disporem de baixas velocidades, disponibilidade e frequência reduzida, sua competitividade é reduzida frente aos demais modos de transporte disponíveis (CNT, 2015).

De modo a obter maior produtividade no transporte é indicado o emprego da modalidade rodoviária somente para as conexões intermodais, ao enviar da origem à ferrovia ou à hidrovia (João *et al.*, 2016). Todavia, de acordo com o Plano Nacional de Logística de Transportes (PNLT, 2012), devido à falta de políticas que apoiem essa prática e à reduzida oferta de infraestrutura adequada à operação dos demais modos, as rodovias apresentam a maior parte da movimentação das cargas no país, com representação em torno de 50%.

2.2 Logística no Arco Norte e a hidrovia Tapajós-Teles Pires

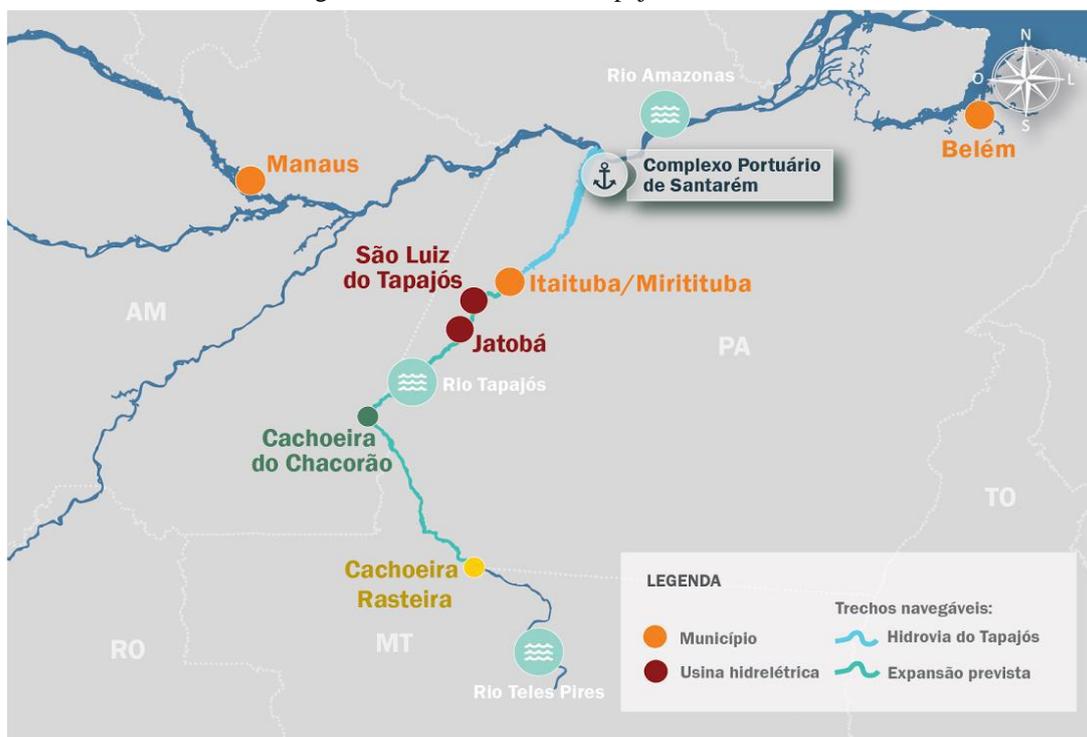
Os portos localizados nas regiões Norte e Nordeste brasileiro compõe o corredor de exportação de graneis agrícolas, denominado como Arco Norte. Este corredor é formado,

sobretudo, pelos portos de: Porto Velho (RO), Manaus (AM), Miritituba (PA), Santarém (PA), Barcarena (PA), São Luis (MA) e Salvador (BA) (João *et al.*, 2016).

Ainda segundo João *et al.* (2016), a utilização desses portos conjectura um crescimento por apresentarem soluções mais competitivas em termos de custos e minimização de impactos ambientais, com a integração das modalidades hidroviárias e ferroviárias.

A hidrovia Tapajós-Teles Pires, apresentada na Figura 1, é composta pelos rios Teles Pires e Tapajós. O primeiro rio tem sua origem na cidade de Sorriso (MT), e na confluência com o rio Juruena origina o rio Tapajós (DNIT, 2016). A hidrovia possui três trechos de navegação. O primeiro trecho, considerado como baixo Tapajós, corresponde ao trecho entre Santarém (PA) e Itaituba (PA)/Miritituba (PA) este francamente navegável. O segundo segmento, entre as corredeiras de São Luís e de Chacorão, e o terceiro trecho, entre as corredeiras de Chacorão e a confluência dos rios Juruena e Teles Pires, apresentam características desfavoráveis à navegação (DNIT, 2016).

Figura 1 - Hidrovia do Rio Tapajós e Teles Pires



Fonte: Adaptado de MTPA (2017b).

Apesar da hidrovia ter seu começo na cidade de Sorriso, o trecho que une as cidades de Sorriso a Cachoeira Rasteira não é considerado navegável, para essa viabilização seriam necessárias a transposição de nível por meio de construção de eclusas e a realização de intervenções de dragagem e derrocamento, possibilitando a movimentação da produção do estado do Mato Grosso (CNT, 2015).

Com a inauguração de terminais portuários privativos no distrito de Miritituba (PA) a hidrovia vem se tornando cada vez mais utilizada como rota de transporte de graneis agrícolas. As características dos comboios-tipos permitidos para navegação no rio Tapajós são: 210 m de comprimento, 32 m de boca, 3 m de calado e capacidade de transportar 900 toneladas. Enquanto no rio Teles Pires, a largura do comboio é de 21,34 m, 310 m de comprimento e 3 m de calado (DNIT, 2016).

A combinação da hidrovia com a rodovia BR-163/MT tem o potencial de aumentar as atividades relacionadas ao agronegócio das regiões dos estados do Amazonas, Rondônia e

Mato Grosso (DNIT, 2016). Além disso, pode consolidar rotas alternativas para além do escoamento da produção pelo Centro-Sul do país e, desta maneira, explorar novos modos de transporte e a infraestrutura portuária atuante (DNIT, 2016).

2.3 Projeto da Ferrovia EF-170 ou Ferrogrão

O lançamento do projeto da Ferrogrão ocorreu em 2012, através do Programa de Investimentos em Logísticas (PIL) do Governo Federal. O Programa, de acordo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), estima que ao ser implementada a ferrovia reduziria os custos logísticos em até 30%, por meio do aumento da competitividade nacional de transportes, e que deste modo o cenário nacional de transporte caminharia para um equilíbrio (MAPA, 2018).

A ferrovia, na ocasião de sua conclusão, trará alta capacidade de transporte e competitividade ao corredor que liga o estado de Mato Grosso. Além disso, o projeto aliviará as condições de tráfego da rodovia BR-163/MT, diminuindo o fluxo de caminhões pesados que transportam grãos, e deste modo reduzindo os custos com a conservação e manutenção da infraestrutura rodoviária existente (PPI, 2019).

Esse novo corredor dará outras opções aos operadores logísticos, quanto a rota de exportação, uma vez que, atualmente, mais de 70% da safra de Mato Grosso é escoada para os portos de Santos (SP) e de Paranaguá (PR), que estão localizadas a mais de 2 mil km do estado. O projeto da ferrovia ganha importância pelo cenário atual, visto que agrega um diferencial para sua atratividade junto a potenciais investidores (PPI, 2019).

O modelo operacional da Ferrogrão segundo MAPA (2019) é:

- a. sentido exportação de soja, milho e farelo de soja: 3 locomotivas (4,400 HP), 160 vagões com o mix de carga, peso líquido de 15.782 toneladas e 24,1 horas de transit time; e
- b. sentido de importação: 3 locomotivas (4,400 HP), 160 vagões vazios, peso líquido de zero e 16,4 horas de transit time.

Prevê-se, que no seu primeiro ano de operação, a demanda total de carga a ser alocada da ferrovia atinja cerca de 13 milhões de toneladas, esses produtos podem ser milho, soja, farelo de milho, óleo de soja, fertilizantes, açúcar, etanol e derivados do petróleo, sendo que no ano de 2050 a previsão desse escoamento será de 42 milhões (PPI, 2019).

2.4 Porto de Santarém-PA

O Complexo Portuário de Santarém é composto pelo Porto Organizado de Santarém e pelo Terminal de Uso Privativo (TUP) Base Ipiranga Santarém. O Porto Organizado é administrado pela Companhia Docas do Pará (CDP), uma sociedade de economia mista (MTPA, 2017a).

O MTPA, indica que o porto possui 13 berços, de uso público ou arrendados, e destinados a operação de graneis sólidos, líquidos e cargas gerais. Entretanto, somente um realiza operações de soja e milho.

Além de possuir os seguintes acessos:

- a. hidroviário: rio Negro, Amazonas, Tapajós, Tocantins-Araguaia, Estreito e Furos e Madeira;
- b. rodoviário: BR-163, que possui um estado regular geral de uso, e a BR-230, que possui um estado ruim de uso; e,
- c. ferrovia (fase de projeto): Ferrogrão.

Com o propósito de manter a competitividade do país, são exigidos esforços de planejamento para prover aos setores de infraestrutura as condições necessárias para superar os desafios impostos pela economia, seja ela referente ao atendimento da demanda e sua eficiência (MTPA, 2017b).

Diante dessa necessidade do atendimento da demanda e eficiência do porto são elaborados os Planos Mestres dos complexos portuários, sendo desejável que as capacidades dos portos sejam padronizadas, e apoiadas em hipóteses uniformes a todos os berços e/ou terminas que movimentam o mesmo tipo de carga (MTPA, 2017b).

A Capacidade do porto, estipulada por MTPA (2017b), pode ser calculada por meio da Equação (1):

$$C = (\rho \times A \times n \times L)/T \quad (1)$$

em que:

C: capacidade anual de movimentação de uma mercadoria em um trecho de cais; ρ : percentual de utilização admissível para o trecho da cais;

A: quantidade de horas que o trecho de cais opera no período de um ano; n: número de berços disponíveis para a movimentação de cargas em um trecho de cais;

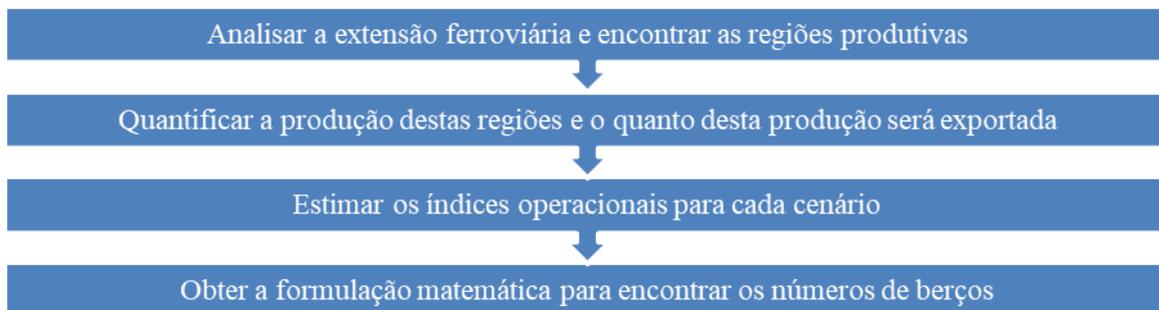
T: período de tempo que compreende atracação, início/término da operação, desatracação; e,

L: quantidade média carregada/descarregada nas embarcações que movimentam uma mercadoria em um trecho de cais.

3. MATERIAIS E MÉTODO

O procedimento para realizar a determinação do número de berços necessários para cada cenário é apresentado pela Figura 2.

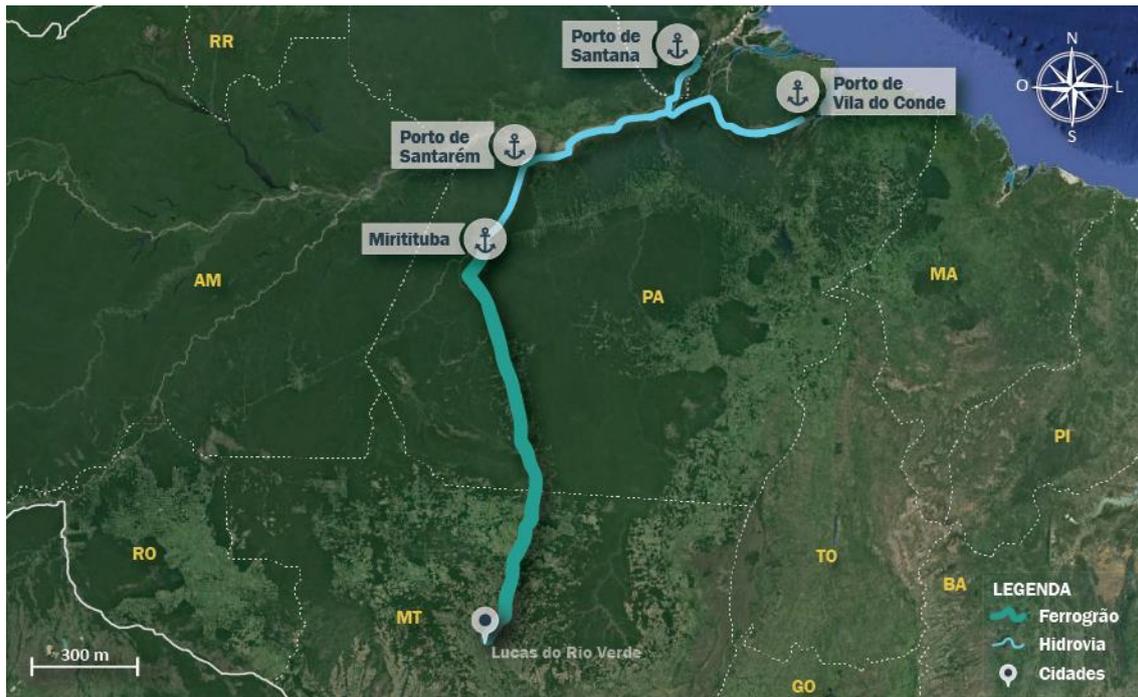
Figura 2 - Procedimento empregado para determinação do número de berços



3.1 Análise da extensão da ferrovia e da região produtiva

A Ferrogrão possuirá um eixo estrutural vertical que ligará a cidade de Lucas do Rio Verde (MT) até Miritituba (PA). Devido sua grande extensão territorial, o estado é dividido em macrorregiões, de acordo com os limites dos municípios, polos econômicos e sistemas de produção. Sendo assim, a ferrovia percorrerá as macrorregiões Médio-Norte e Norte, e entende-se, neste trabalho, que estas correspondem à área de influência produtiva da ferrovia. A extensão territorial da ferrovia é apresentada na Figura 3.

Figura 3 - Mapa da Ferrogrão



Fonte: Adaptado de MTPA (2017b).

3.2 Quantificação da produção e o quanto desta produção será exportada

As produções de soja e milho das regiões do Norte e Médio-Norte do Mato Grosso estão localizadas na área de influência da ferrovia e apresentam um potencial de exportação por meio desta. Sendo assim, na Tabela 2 é apresentada a produção do ano de 2019 (IMEA, 2020a; IMEA, 2020b) e a sua estimativa para o ano de 2025 (IMEA, 2015).

Tabela 2 - Produção de soja e milho por macrorregião na área de influência da Ferrogrão

Ano	Produtos	Norte	Médio-Norte
2019	Soja	1.321.151	10.995.502
	Milho	995.046	13.909.972
	Total	2.307.197	21.905.474
2025	Soja	2.460.000	13.050.000
	Milho	510.000	17.530.000
	Total	2.970.000	30.580.000

Fonte: Adaptado de Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária - IMEA (2015), IMEA (2020a) e IMEA (2020b).

Algumas parcelas dos graneis agrícolas produzidos no estado, caso da soja e milho, são destinadas a países estrangeiros. Dessa forma, torna-se necessário estimar quanto dessa produção tem destino a exportação. A fim de simplificar serão considerados que a taxa de escoamento da soja e milho serão de 95%, baseados nos boletins semanais do IMEA (2020a) e IMEA (2020b).

De acordo com o IMEA (2020a) e IMEA (2020b), a quantidade de soja e milho que foram exportada e utilizaram o porto de Santarém para este processo foram de 4.128.105 toneladas, em que cerca de 58% foram milho e 42% soja.

Diante das proporções de escoamento da produção de soja e milho são obtidas as estimativas de soja e milho com potencial de exportação pelo corredor estudado: no ano de

2019 foram escoadas 25.852.038 toneladas e no ano de 2025 serão 31.872.500 toneladas de grãos proveniente da área de influência da ferrovia.

3.3 Obtenção dos índices operacionais para cada cenário

De acordo com a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ, 2019) ao assumir que no porto de Santarém (PA) sejam embarcados produtos de natureza de granel sólido, do grupo de cereais, e adotando o tipo de navegação de longo curso no sentido de embarcação desses produtos, tem-se que, no ano de 2018, os tempos médios para o início da operação eram de 2,8 horas, enquanto para a operação foram dispostos 95,4 horas, enquanto que para a desatracação foram necessárias 5,8 horas, totalizando 104 horas para completar toda a operação.

O Terminal de Granéis Sólidos (TGS) é localizado no Píer 400 e é constituído por dois berços de atracação: 401 (externo), destinado ao carregamento de navios, e 402 (interno), destinado ao descarregamento das barcaças graneleiras. O terminal é arrendado à Cargill e é o único que se destina à movimentação de graneis sólidos vegetais, como soja e milho (MTPA, 2017b).

Os índices operacionais relacionados ao embarque de soja e milho no Berço 401 do porto de Santarém são a quantidade média carregada/descarregada nas embarcações que movimentam uma mercadoria em um trecho de cais, esses valores variam entre cerca de 52.000 a 65.000 toneladas por navio, já em relação a taxa de ocupação o valor permanece 0,72 para os dois produtos tanto para o ano de 2015 quanto para o ano de 2025 (MTPA, 2017b).

Para o milho, esses indicadores foram obtidos para os meses de fevereiro a julho, por ser o período de safra da carga, enquanto isso para a soja foram obtidos para os meses de fevereiro a julho de 2015 pelo mesmo motivo (MTPA, 2017b).

Os quatro cenários a serem avaliados possuem as seguintes características:

- a. Cenário 1: corresponde a quantidade de soja e milho escoada pelo porto de Santarém no ano de 2019, considerando uma embarcação com capacidade de 52.000 t;
- b. Cenário 2: diz respeito ao quanto da produção do Mato Grosso no ano de 2019 seria exportada para o porto de Santarém, considerando os grãos da região Norte e Médio-Norte, a operação da ferrovia e navio com capacidade de 52.000 t;
- c. Cenário 3: considera exportação pelo porto de Santarém para 2025, no ano operacional da ferrovia, considerando uma embarcação com capacidade de 52.000 t; e
- d. Cenário 4: considera a produção do terceiro cenário, distinguindo-se na capacidade do navio, que para este cenário é de 65.000 t.

Adota-se que o porto funcionará durante 24 horas por 330 dias (tendo em vista que este possui maior produtividade operando o dia inteiro e a consideração do período de férias de 30 dias dos funcionários) e que o tempo médio de atendimento operacional se manterá o mesmo ao longo dos anos, obtendo deste modo 104 horas para os anos estudados.

Todos esses indicadores e os demais, como a taxa de ocupação do berço, são identificados Tabela 3.

Tabela 3 - Resumo dos índices operacionais dos quatro cenários

Cenários	Ano	C (t/ano)	P	A (h/ano)	T (h/navio)	L (t/navio)
1 (C1)	2019	4.128.105	0,72	72.920	104	52.000
2 (C2)	2019	25.852.037	0,72	72.920	104	52.000
3 (C3)	2025	31.872.500	0,72	72.920	104	52.000
4 (C4)	2025	31.872.500	0,72	72.920	104	65.000

Fonte: ANTAQ (2019), IMEA (2015), IMEA (2020a), IMEA (2020b), MTPA (2018b).

3.4 Formulação matemática para cálculo do número de berços

A Equação (1) informa a formulação matemática para o cálculo do número de berço do porto, em que para obter este resultado, isola-se a variável o número de berços em função das demais.

4. ANÁLISES DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

Alguns índices operacionais do porto considerados permanecem com o mesmo valor independente do cenário analisado – caso do índice de ocupação do cais, tempo disponível no ano operacional e o tempo médio de atendimento do cais. Deste modo, os valores que irão promover diferentes respostas no número de berços são as variáveis de capacidade anual, produção de soja e milho do ano de estudo destinada à exportação, e o lote médio atendido no trecho do cais informando a capacidade de movimentação do navio.

Obtém-se, assim, o número de berços para as possibilidades estudadas são mostradas na Tabela 4.

Tabela 4 - Número de berços por cada cenário

Cenários	Nº de berços
1 (C1)	0,5
2 (C2)	1
3 (C3)	1,5
4 (C4)	1

Para o caso da demanda de 2019, determinou-se que o porto de Santarém deveria possuir um berço para atender a demanda do estado. Dessa forma, constatando a existência de um berço para receber graneis agrícolas, considera-se a necessidade atendida. Entretanto, para este cálculo não foram considerados os produtos provenientes de outros estados produtores. Caso o total de produção de soja e milho que tenham destino a esse porto sofra um aumento significativo, é possível que esse berço não tenha capacidade de atender satisfatoriamente a procura.

Os Cenários 2, 3 e 4 têm como premissa a exportação de graneis sólidos de toda macrorregião do Norte e Médio-Norte do Mato Grosso, incentivados pela implementação do novo corredor ferroviário e hidroviário. No cenário 1 seriam transportadas 4.128.105 toneladas de grãos, e quando considerada a implantação da ferrovia esse valor no ano de 2025 passaria a ser 31.872.500 toneladas, indicando um aumento de 87% na movimentação, diante dessa circunstância deve-se aumentar a capacidade do porto quanto ao recebimento desta carga.

A melhoria da capacidade do porto pode acontecer de duas formas: construção de novos berços e/ou a ampliação da capacidade da embarcação.

No Cenário 2, um aumento de cerca 84% da demanda, mantendo-se os índices operacionais do cenário atual é obtido que serão necessários um berço, já que o C1 não ocupa a capacidade máxima desse berço. O Cenário 3, voltado para o ano de 2025, incremento de

70% em relação ao uso do berço do C1, resulta na necessidade de aumento de um para dois berços, sendo necessários a construção de mais um. Já o Cenário 4, para o ano de 2025, diferencia-se do Cenário 3 por considerar que a capacidade das embarcações aumenta ao longo desses anos, obtendo o mesmo índice operacional do C2. Outro ponto a ser observado, é que se ocorrer o aumento na capacidade de o navio de forma a atender as demandas iniciais propostas, os investimentos para o aumento da área de atracação do porto diminuiriam de forma que não seriam necessários a construção de novos berços.

Conforme visto, nos cenários em que as produções de soja e milho aumentam ao longo dos anos, é necessário que as estruturas portuárias acompanhem esse crescimento. Os resultados obtidos corroboram com as conclusões de Castro *et al.* (2017). Em seu trabalho, os referidos autores estimam que a exportação brasileira de soja e milho para 2025 varie entre 124 milhões de toneladas a 182 milhões de toneladas. Para estes, caso a projeção mais otimista seja alcançada, os portos do Arco Norte não conseguiriam atendê-la, necessitando assim de obras de ampliação de capacidade, como: dragagem, sinalização hidroviária, mudança de equipamentos de movimentação de carga, e entre outras possibilidades. Dessa forma, uma análise acerca da alternativa com melhor custo-benefício se torna essencial neste processo de decisão.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A formação e consolidação de novos eixos estruturantes de transporte pelo Arco Norte geram novos fluxos de exportação de carga, em que são direcionadas as produções das macrorregiões do Norte e Médio-Norte do Mato Grosso para os portos do Pará. O porto de Barcarena (PA) é responsável pelo recebimento das produções de graneis agrícolas das macrorregiões mencionadas anteriormente.

O transporte desses produtos pode ocorrer por meio da ligação dos modos rodoviário, ferroviário e hidroviário, com ênfase para a hidrovía Tapajós-Teles Pires e a ferrovia Ferrogrão, considerando a implementação e operação dela. Denotando a importância da ocorrência do transporte multimodal. Deste modo, a escolha desta rota se torna viável tanto economicamente, quanto ambientalmente.

O número de berços para os cenários 1, 2, 3 e 4 são respectivamente: um, um, dois e um. Esses valores são influenciados pela alteração do volume de carga a ser movimentada e da capacidade de recebimento destas cargas no porto.

A necessidade de maiores números de berços para o porto se dá pelo aumento da demanda de graneis para exportação em conjunto com a estagnação da modernização dos portos. Tendo como base as estimativas apresentadas para o Porto de Santarém, caso a capacidade de recebimento de carga dos berços aumente, de modo que seja proporcional a evolução dos volumes de graneis a serem transportados ao longo dos anos, não serão necessárias grandes ampliações no número de berços.

Outras análises podem ser efetuadas a partir do estudo apresentado, como: investigação de novos eixos estruturantes tendo como base a integração de modalidades, estimativa de novos índices de transportes que quantifiquem a capacidade de recebimento do porto, e averiguação de possíveis investimentos estratégicos na infraestrutura rodoviária, ferroviária, hidroviária e portuária de acordo com a necessidade de capacidade de cada uma. Pode-se, além dessas sugestões, utilizar teoria de filas para investigar mais profundamente o problema levantado.

6. REFERÊNCIAS

ANTAQ. **Anuário**. Disponível em:<<http://web.antaq.gov.br/Anuario/>>. Acesso em: 05 abr. 2019.

CASTRO, G. S. A.; DALMOLIN, T. DE C.; MAGALHÃES, L. A. Macrologística da exportação de grãos: atualidades e perspectivas dos portos do arco norte. In: SIMPÓSIO SOBER NORTE., 1., 2017, Belém, PA. **Anais...** Belém: SOBER NORTE, 2017.

CASTRO, N. de. **Estrutura, desempenho e perspectivas do transporte ferroviário de carga**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2002. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4506/1/PPE_v32_n02_Estrutura.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2020

CNT. **Entraves logísticos ao escoamento de soja e milho**. Disponível em:<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiAxLLs5_riAhXKDrkGHTUTBV8QFjABegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Fcms.cnt.org.br%2FImagens%2520CNT%2FECONOMIA%2520FOCO%2Feconomia_em_foco_22jun2015.pdf&usg=AOvVaw0qhxOoNWadv6XpZUWTiNZ8>. Acesso em: 06 abr. 2019.

DNIT. **Hidrovia do Tapajós**. Disponível em: < <http://www.dnit.gov.br/hidrovias/hidrovias-interiores/hidrovia-do-tapajos/hidrovia-do-tapajos>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

FIEURY, P. F.; WENKE, P.; FIGUEIREDO, K. F. **Logística empresarial: a perspectiva brasileira**. São Paulo: Ed. Atlas, 2000. 376p.

IMEA. **Projeções do agronegócio em Mato Grosso para 2025**. Disponível em:<www.imea.com.br/imeasite/view/uploads/estudos-customizados/AgroMT2025.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2019.

IMEA. **Milho: Estimativa de comercialização safra 18/19 (10/01/2020)**. Disponível em:<<http://www.imea.com.br/imea-site/relatorios-mercado-detalhe?c=4&s=2>>. Acesso em:26 mar. 2020.

IMEA. **Soja: Estimativa de comercialização safra 18/19 (10/01/2020)**. Disponível em:<<http://www.imea.com.br/imeasite/relatorios-mercado-detalhe?c=4&s=6>>. Acesso em: 26 mar. 2020. Cuiabá.

JOÃO, A. M., VETTORAZZI, A. C., ROCHA, F. V., BARTHOLOMEU, D. B., CAIXETA FILHO, J. V. Emissão de CO₂ na logística de exportação de soja do Mato Grosso: o caso das exportações pelo Arco Norte. In: Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, **Anais...**, São Paulo, 2016.

MAURI, G. R.; OLIVEIRA, A. C. D. M.; LORENA, L. A. N. Resolução do problema de alocação de berços através de uma técnica de geração de colunas. **Pesquisa Operacional**. v. 30, n. 3, p.547-562, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-74382010000300003>

MAPA. **Ferrogão – Apresentação dos estudos**. Disponível em:<<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-tematicas/infraestrutura-e-logistica/2018/59aro/2018-04-25-ferrogao-ctlog.pdf/view>>. Acesso em: 07 abr. 2019.

MTPA. **Corredores Logísticos Estratégicos – Volume I – Complexo de Soja e Milho**. Disponível em:< http://www.transportes.gov.br/editoria-c/52-sistema-de-transportes/6794-ccorredores_logisticos_estrategicos.html>. Acesso em: 08 mai. 2018.

MTPA. **Plano Mestre do Complexo Portuário de Santarém**. Disponível em:< http://www.infraestrutura.gov.br/images/SNP/planejamento_portuario/planos_mestres/versao_completa/pm28.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2018.

PNLT. **Projeto de Reavaliação de Estimativas e Metas do PNLT: Relatório final**. Ministério da Infraestrutura, 2012. Disponível em: <<http://infraestrutura.gov.br/images/2014/11/PNLT/2011.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2020.

PPI - Programa de Parcerias de Investimentos. **Cartilha da concessão da Ferrogrão – Trecho Sinop/MT a Itaituba/PA (EF-170/MT/PA)**. Disponível em:< <https://www.ppi.gov.br/ef-170-mt-pa-ferrogao>>. Acesso em: abr. 2019.

RODRIGUES, I. B. G., ROSA, R. D. A., GOMES, T. C., RIBEIRO, G. M. Mathematical model for the Berth Allocation Problem in ports with cargo operation limitations along the pier. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 23, n. 4, p.771-786, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530x2266-15>

RODRIGUES, M. H. P, MACHADO, C. M. S., LIMA, M. L. P. D. Simulated annealing applied to the berth allocation problem. **J. Transp. Lit.**, Manaus, v. 7, n. 3, p.117-136, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S2238-10312013000300006>

VERVLOET, H. L., ROSA, R. A. Modelo matemático para planejamento da atracação de navios sob o contrato de Charter Party. **Transportes**, v. 24, n. 1, p.84–94, 2016. <https://doi.org/10.14295/transportes.v24i1.976>



O conteúdo deste trabalho pode ser usado sob os termos da licença Creative Commons Attribution 4.0. Qualquer outra distribuição deste trabalho deve manter a atribuição ao(s) autor(es) e o título do trabalho, citação da revista e DOI.