



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Agrícola



Anderson dos Santos

A influência dos corredores de transporte intermodais na dinâmica de exportação da soja

Campinas
2021



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Agrícola



Anderson dos Santos

A influência dos corredores de transporte intermodais na dinâmica de exportação da soja

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Agrícola** à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.

Orientador(a): Andrea Leda Ramos de Oliveira

Campinas
2021



Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

Sa59i Santos, Anderson dos, 1995-
A influência dos corredores de transporte intermodais na dinâmica de exportação da soja / Anderson dos Santos. – Campinas, SP : [s.n.], 2021.

Orientador: Andrea Leda Ramos de Oliveira.
Coorientador: Marlon Fernandes de Souza.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Logística. 2. Soja. 3. Soja - Transporte. 4. Produtos agrícolas - Comercialização. 5. Produtos agrícolas - Exportação. 6. Fretes - Custos. 7. Alocação de Custo. I. Oliveira, Andrea Leda Ramos de, 1977-. II. Souza, Marlon Fernandes de. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. IV. Título.

Informações adicionais, complementares

Título em outro idioma: The influence of intermodal transport corridors on soybean export dynamics

Palavras-chave em inglês:

Logistics

Soybean

Soybean - Transport

Agricultural products - Commercialization

Agricultural products - Export

Freight - Cost

Cost Allocation

Titulação: Bacharel em Engenharia Agrícola

Banca examinadora:

Andrea Leda Ramos de Oliveira [Orientador]

Marlon Fernandes de Souza

Jamile de Campos Coleti

Data de entrega do trabalho definitivo: 15-07-2021



A influência dos corredores de transporte intermodais na dinâmica de exportação da soja

Anderson dos Santos

BANCA EXAMINADORA

.....
Prof(a). Nome Orientador(a)

.....
Prof(a). Nome

.....
Prof(a). Nome



RESUMO

No Brasil, o transporte da lavoura até o porto de exportação representa uma parcela significativa no preço final das *commodities* agrícolas. De forma que o planejamento operacional da logística de exportação de grãos é fundamental para melhor a gestão dos custos. A participação do transporte intermodal na movimentação de cargas não está alinhada com a grande extensão territorial, o que impacta principalmente as regiões mais distantes dos portos marítimos. O objetivo do estudo é construir um modelo para determinação da área de influência dos portos brasileiros na logística da soja do estado de Mato Grosso destinada à exportação. O modelo identificou o porto de destino potencial, segundo os custos de transporte referenciados no espaço. A modelagem adotada pode ser também aplicada para avaliação da dinâmica logística de outros produtos agroindústrias. Destaca-se, que em todas as bacias logísticas delimitadas no estado de Mato grosso o escoamento da soja se dá prioritariamente por mais de um modal de transporte. Assim, os portos que influenciaram a logística no estado têm ligações ferroviárias ou hidroviárias, que são acessadas através de rodovias conectadas às regiões produtoras.

Palavras-chave: bacias logísticas, espacialização dos custos logísticos, regionalização produtiva, alocação de custos.



ABSTRACT

In Brazil, the transport from farm to port represents a significant portion of the final price of agricultural commodities. Thus, the operational planning of grain export logistics is essential for better cost management. The share of intermodal transport in cargo distribution is not in line with the large Brazilian territory, which mainly impacts regions further away from seaports. This study aims to propose a model for determining the Brazilian ports' influence area in soy logistics from the state of Mato Grosso intended for export. The model identified the potential destination port according to the transportation costs referenced in the space. This modeling can also be applied to assess the logistic dynamics of other agro-industrial products. It is noteworthy that in all logistical basins delimited in the state of Mato Grosso, the soybean flow occurs primarily through more than one transportation modal. Thereby, the ports that obtained logistical influence in the state have rail or waterway transshipments connections, which are accessed through roads linked to the producing regions.

Keywords: logistic basins, spatialization of logistical costs, productive regionalization, cost allocation.



LISTA DE FIGURAS/ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1: Exportação de soja entre 2015 e 2020 em valores FOB (US\$) por UF.....	14
Figura 2.2: Diagrama de grafo direcionado G e H.....	23
Figura 3.1: Semivariograma do modelo otimizado.....	27
Figura 3.2: Superfície de custos rodoviários (R\$/t.km).....	28
Figura 4.1: Regiões de influência logística dos portos para soja produzida em Mato Grosso.....	30
Figura 4.2: Áreas de influências dos portos em território mato-grossense.....	31



LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Fretes médios de ferrovias e hidrovias do Brasil corrigidos para o ano de 2018.....25

Tabela 3.2: Fontes de dados de infraestrutura logística existente para construção da base.....25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 <i>Justificativa</i>	11
1.2 <i>Objetivos</i>	12
1.2.1 <i>Objetivo Geral:</i>	12
1.2.2 <i>Objetivos Específicos:</i>	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 <i>Contextualização do Complexo Logístico da Soja</i>	12
2.2 <i>Corredores Logísticos</i>	14
2.3 <i>Características dos modais de transportes</i>	15
2.4 <i>Avaliação da eficiência logística</i>	18
2.5 <i>Utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e avaliação de influência dos portos.</i>	19
2.6 <i>Dependência espacial na amostragem de dados</i>	21
2.7 <i>Teoria dos Grafos</i>	21
3. METODOLOGIA	23
3.1 <i>Descrição da área de estudo e dos dados</i>	23
3.2 <i>Tratamento de dados</i>	25
3.3 <i>Construção das superfícies de custos</i>	26
3.4 <i>Identificação das áreas de influência dos portos</i>	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 <i>Bacia Logística de Santos e o Porto de Vitória</i>	30
4.2 <i>Bacia Logística de Barcarena/Santarém</i>	32
4.3 <i>Bacia Logística de Itacoatiara</i>	33
4.4 <i>Bacia Logística de São Luíz</i>	34
6. CONCLUSÕES	34
REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

A exportação de grãos pode ser tratada como uma operação de transporte multimodal, com os produtos sendo movimentados por rodovias, ferrovias e hidrovias até os pontos de saída, sendo estes, portos e aeroportos. A escolha dos modais está intensamente relacionada à formação de custos e a tomada de decisão de uso de quais melhor se encaixam nas necessidades de transporte (WANKE e HIJJAR, 2009).

O planejamento da logística de exportação de grãos é fundamental para melhor alocação de recursos empreendidos nesse processo. A falta de planejamento propicia aumento dos fretes e impacta a competitividade do agronegócio brasileiro (AZEVEDO, 2014). Parte dos ganhos da produção agrícola são perdidos devido à ineficiência logística e deficiências da infraestrutura (ROULET; CAIXETA-FILHO e YOSHIZAKI, 2016).

Atualmente a participação do transporte intermodal na movimentação de cargas não está alinhada com a grande extensão territorial brasileira, o que impacta principalmente as regiões mais distantes dos portos marítimos, como o estado de Mato Grosso, que ocupa posição de destaque na produção de grãos (MTPA, 2017). O modal rodoviário apresenta participação cerca de dois terços da matriz de transporte brasileira. Este número evidencia o desequilíbrio do transporte logístico para o escoamento de grãos. Quando comparado com o principal concorrente brasileiro em exportações dessa *commodity*, os Estados Unidos, a participação desse modal no escoamento de soja é mais discreta. Isso, porque 20% da produção de soja estadunidense escoadas por rodovias, 31% por ferrovias e 49% por hidrovias. No Brasil a lógica é distinta, em que o país utiliza 65% do transporte por rodovias, 26% por ferrovias e 9% por hidrovias (CNT, 2015; MTPA, 2017).

O fluxo de escoamento para o mercado externo no Brasil possui alternativas viáveis relativamente reduzidas, além de que muitos desses caminhos percorridos são pouco conhecidos. Tais rotas de pouco conhecimento resultam em fragilidades para o agronegócio, possibilitando que melhorias logísticas possam representar ganhos superiores aos de adoção de novas tecnologias em regiões como o Centro Oeste (EMBRAPA, 2016). De acordo com Ministério dos Transportes, Portos e Aviação - MTPA (2017), o impacto do custo do transporte é maior naqueles produtos de baixo valor agregado, caso das commodities agrícolas como a soja e o milho. Na

soja, esse estágio absorve cerca de 29% dos custos de produção no Brasil (OLIVEIRA et al., 2015).

Em regiões onde a expansão da produção de grãos se iniciou após a década de 1970, ainda não dispõe de opções consolidadas de modais, condicionando seus municípios a optarem por rotas definidas pelo critério de menor custo. Devido às grandes distancias dos portos e dos modais mais baratos (hidrovias e ferrovias), a produção escoada por diferentes corredores logísticos, para diferentes portos, sempre em busca da melhor tarifa de frete. Esse comportamento é completamente dinâmico, sendo influenciado por fatores relacionados aos custos de fretes, podendo ser alterado a cada safra (EMBRAPA, 2016)

Apesar dos entraves para o escoamento dos produtos agrícolas, avanços vêm ocorrendo. Isso porque a logística superou o paradigma da simples movimentação de mercadorias e passou a imprimir um papel estratégico na tomada de decisão nos diferentes segmentos do agronegócio (OLIVEIRA, 2014).

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi construir um modelo para determinação da área de influência dos portos brasileiros na logística da soja do estado de Mato Grosso com destino à exportação. O recorte temporal adotado na análise é de 2018. Inspirado no conceito criado pela Embrapa Territorial (CASTRO et al., 2015, 2019; EMBRAPA, 2016), o modelo proposto neste artigo se baseou na maneira como o escoamento superficial ocorre em uma bacia hidrográfica para identificar o porto de destino potencial segundo os custos de transporte referenciados no espaço e, assim, delimitar as bacias logísticas esperadas.

1.1 Justificativa

Essencialmente dinâmico, o planejamento é fundamental para a tomada de decisões, pois trata-se de uma ferramenta crucial para a prevenção e organização das ações futuras, aumentando a sua eficácia para a consecução dos resultados esperados. Com a inserção do estado de Mato Grosso em um cenário estratégico para exportação da produção agrícola, criou-se a necessidade de elevar a competitividade e o planejamento de escoamento de seus produtos frente ao mercado internacional (MORALES et al, 2013; EMBRAPA, 2016; MTPA, 2017).

Assim, a contribuição científica é relevante, pois a modelagem adotada pode ser aplicada para avaliação da dinâmica de outros produtos agroindústrias e a contribuição dos sistemas logísticos intermodais, além de possibilitar a adição de

outros elementos geradores de custos para estudo, como relevos, impactos ambientais e/ou urbanos, entre outros.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral:

Determinar a área de abrangência dos portos brasileiros para exportação de soja produzida no estado de Mato Grosso, norteadas pelas rotas intermodais de transporte. Apontar para cada região produtora o corredor logístico mais eficiente e identificar as regiões de indiferença de custos logísticos.

1.2.2 Objetivos Específicos:

1. Determinar a área de abrangência de cada porto
2. Identificar as regiões que são competitivas para mais de um corredor logístico
3. Indentificar os portos que mais se adequam a exportações das regiões produtoras mato-grossenses

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Contextualização do Complexo Logístico da Soja

O setor agrícola no Brasil tem experimentado na última década um processo de desenvolvimento com valores expressivos de produção agrícola e as perspectivas de crescimento são promissoras. Trata-se de um setor estratégico para impulsionar a economia e aumentar a participação brasileira no mercado externo. As exportações de soja *in natura* na região Centro-Oeste do Brasil, localizada distante dos portos, dependem da infraestrutura e dos serviços logísticos como transportes, armazenagem e transbordos, que articulam [MFdS1][AHS2] especialmente as empresas exportadoras e os mercados consumidores no exterior (MTPA, 2017; SANTOS e PEREIRA, 2019).

. A soja e o milho estão entre os produtos agrícolas brasileiros que apresentam os maiores volumes produzidos e possuem destaque na balança comercial brasileira, o que torna cada vez mais relevante a avaliação da infraestrutura dos corredores logísticos de escoamento desses grãos. Principal destaque, a soja é a cultura agrícola brasileira que mais cresceu nas últimas três décadas e o aumento da sua produtividade está associado aos avanços tecnológicos, ao avanço da

fronteira agrícola e ao crescimento das indústrias de processamento de grãos e refino de óleos (MTPA, 2017). Somente entre 2015 e 2020, o país exportou aproximadamente cerca de 240 bilhões de dólares de soja *in natura* (Figura 2.1), tendo nesses anos máximas históricas de produção, e aproveitando das variações de câmbio para obter bons resultados financeiros.

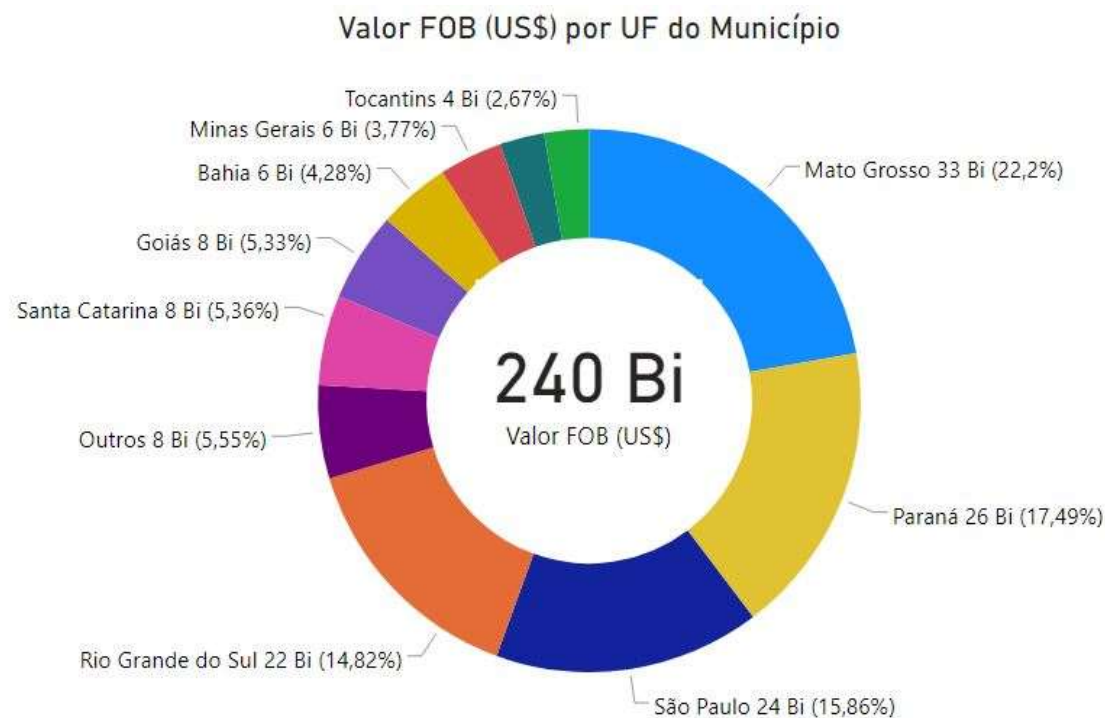


Figura 2.1: Exportação de soja entre 2015 e 2020 em valores FOB (US\$) por UF (MDIC, 2021).

O estado do Mato Grosso segue como principal produtor e maior exportador (IBGE, 2020; MDIC, 2021), contudo cada vez mais é evidente a necessidade de planejamento estratégico e de investimentos pontuais em infraestrutura, principalmente quando se trata do arco-norte brasileiro.

O frete rodoviário é altamente dependente do preço do combustível e dos pedágios, representando a maior parcela do custo deste modal de transporte. Contudo no período da safra da soja os fretes podem ficar até cerca de 30% mais caros devido ao aumento da demanda (KUSSANO e BATALHA, 2012; OLIVEIRA 2014).

No caso das *tradings*, a exemplo da Cargill e Bunge, há preferência pelo transporte ferroviário que consegue movimentar um grande volume ao longo de todo o ano. Contudo é um modal que atende a um número reduzido de empresas. Empresas de menor porte, que não movimentam volumes expressivos e regulares,

são preteridos pelas companhias de transporte e passam a serem atendidos conforme a conveniência das mesmas. O transporte hidroviário no Brasil dificilmente percorre distâncias acima de 1.000 km, situação que seria mais eficiente. Embora isto raramente ocorra, as hidrovias possuem o menor custo por quilômetro percorrido, quando comparado com os outros modais. (KUSSANO e BATALHA, 2012; MTPA, 2017)

Exportadores de cargas a granel (basicamente minérios e grãos) consideram como uma significativa dificuldade logística para exportação, o escoamento e acesso aos portos. Nos portos, o processo de escoamento encontra falhas estruturais e de planejamento, o que tem ocasionado diversas filas de caminhões e longa espera de navios para embarcar, gerando aumento de custos e redução da eficiência (HIJJAR, 2017; ESTEVES et al., 2020).

O trajeto do carregamento do produtor até o porto, determina uma parcela significativa do preço final dos commodities agrícolas. Este fluxo de escoamento para o mercado externo no Brasil possui alternativas viáveis relativamente reduzidas. Em 2015, por exemplo, 82 milhões dos quase 183 milhões de toneladas de grãos produzidas pelo Brasil foram transportados até os portos brasileiros com destino a todos os continentes, ainda que apresentando fragilidades para o agronegócio (EMBRAPA, 2016). Por esta razão, é essencial o conhecimento da estrutura logística, para que a identificação dos custos envolvidos na movimentação dos produtos agrícolas possibilite também sua quantificação, e assim, a criação de soluções que minimizem seus custos e perdas de produtos (KUSSANO e BATALHA, 2012).

2.2 Corredores Logísticos

Na literatura encontra-se diversas definições de corredores logísticos. A Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes – GEIPOT- define corredor logístico como “corredores estratégicos de desenvolvimento, sendo lugares ou eixos onde se viabilizam negócios, por meio de investimentos e da constituição de mercados produtores e consumidores, servindo-se de um complexo feixe de facilidades econômicas e sociais” (*apud* MTPA, 2018). É importante ressaltar que em sua função indutora do desenvolvimento é necessário a existência de um sistema viário adequado sob a forma de corredor de transportes, composto por rotas modais

e multimodais que viabilizam o transporte de cargas produzidas em sua área de influência (MTPA, 2018).

Outra definição encontrada é a de Bazaras et al. (2015), que definem corredores logísticos como sendo um sistema concreto de transporte, em condições técnicas, organizacionais e legais que permitem o uso das redes logísticas consideradas. Ressaltam também que para existir o desenvolvimento de um corredor de transportes de importância internacional é mandatório a aplicação de uma abordagem multimodal que prioriza o desenvolvimento de infraestruturas, tecnologias e serviços.

Woxenius (2007) *apud* Netto (2017) afirma que quando se trata de eficiência operacional, um corredor de transportes exige paradas muito rápidas em terminais intermediários, e dessa forma, permite um tempo razoável de transporte ao longo do trajeto completo. Quando suas capilaridades possuem tráfego lento pode ocorrer impactos significativos, logo, a alta frequência de movimentação de cargas e folga na capacidade do corredor minimiza problemas e conseqüentemente seus impactos.

O planejamento logístico brasileiro deve ser orientado de forma a promover a intermodalidade e atendendo aos interesses da diversidade do setor agrícola. A utilização da intermodalidade traz vantagens econômicas e ambientais, especialmente para longas distâncias (VURAL et al., 2020).

A consolidação de um sistema logístico de distribuição integrado aliado com a utilização dos modais de transporte baseados na sua vocação econômica e racionalidade operacional, é capaz de promover a redução dos custos de escoamento e de elevar a competitividade do agronegócio brasileiro no cenário internacional. Pode-se destacar então, a importância da integração entre modais para o desenvolvimento de um corredor de transportes. (NETTO, 2017).

2.3 Características dos modais de transportes

Modal Rodoviário

O transporte rodoviário, mais utilizado transporte de carga no Brasil, oferece serviços de capacidades menores de carga, sendo mais eficiente para curtas distâncias. Embora sua eficiência e seus custos sejam mais apropriados a essa condição, ainda é muito utilizado em longas distâncias devido principalmente ao seu alcance, já que a distribuição de rodovias pelo território brasileiro é maior do que a

de outros modos de transporte.

Esse tipo de modal possui atributos de flexibilidade para atuar do início ao fim da cadeia produtiva, permitindo ampla cobertura a locais não alcançados por ferrovias e por hidrovias, e conta com praticidade, compatíveis com diferentes tipos de cargas e origens e destinos da movimentação. Uma de suas vantagens é relacionada a movimentação de cargas de alto valor agregado ou refinado, tendo serviço rápido e com alta disponibilidade. Seus custos se elevam com a distância e possui maior intensidade de risco a roubos e acidentes, contudo um dos maiores problemas é a condição precária das rodovias em diversas regiões do Brasil (CNT, 2015).

Na distribuição da oferta, mais de 2/3 dos veículos graneleiros pertencem a transportadores registrados em estados do Sul e Sudeste do Brasil e apenas uma pequena parcela a transportadores registrados na região Centro-Oeste. (CNT, 2015). Embora exista concentração de oferta e na dinâmica de escoamento da produção, em épocas de safra regionais há uma alteração na configuração da disponibilidade de veículos, com muitos deslocando-se para o Centro-Oeste devido as maiores demandas da produção de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. Essa é uma forma de os caminhões não ficarem ociosos nos períodos de entressafra de cada localidade, gerando receitas aos transportadores e permitindo que eles cubram os custos fixos, que ocorrem mesmo quando o veículo não está operando (CNT, 2015; MTPA, 2017).

Até certo ponto, essa migração de oferta permite adequar a oferta à demanda durante o escoamento da safra de soja, no entanto, apesar dessa relevância, ao menos em curto prazo, diversos embarcadores relatam que, por vezes, em períodos de pico de escoamento, a oferta de veículos para o transporte dos grãos se torna insuficiente (CNT, 2015; MTPA, 2017).

Modal Ferroviário

O transporte ferroviário pode transportar grandes volumes de carga e uma grande variedade de produtos. Esse modal torna-se eficiente para grandes distâncias e em geral para produtos de baixo valor agregado, como por exemplo commodities agrícolas. Uma de suas principais desvantagens é a frequência de saída menor em relação ao modal rodoviário, além de ter disponibilidade bem inferior (KUSSANO e BATALHA, 2012).

Atualmente a oferta de transporte ferroviário é considerada insuficiente para atender às diversas demandas existentes, além de estar concentrada em eixos de movimentação de cargas destinada à exportação. De modo geral, no setor, as *tradings* ou grandes cooperativas costumam fechar contratos antecipados com as empresas de transporte ferroviário com volumes previamente definidos, porém ajustados a cada safra, assim como os valores cobrados pelo serviço. Analogamente ao modal rodoviário, a forma de contratação é predominantemente direta, embora também seja comum que os contratos envolvam também o serviço de transbordo, e não somente o de transporte (MTPA, 2017).

As principais malhas utilizadas para o transporte de soja e milho em grão e farelo de soja são a Malha Norte e a Malha Sul da América Latina Logística (ALLMN e ALLMS), a Ferrovia Centro Atlântica (FCA) e a Ferrovia Norte-Sul – Tramo Norte (FNSTN), representando juntas mais de 30 milhões de toneladas, sendo mais da metade sendo soja, e de farelo de soja. Apesar do expressivo crescimento do volume movimentado nos últimos anos, a malha ferroviária brasileira tem seu desempenho operacional limitado, sobretudo, pela baixa densidade do modal. Quando comparado aos principais produtores e exportadores mundiais de soja e milho, o Brasil possui uma densidade da malha ferroviária pequena, com apenas três quilômetros de infraestrutura para cada 1.000 km² de área (CNT, 2015; MTPA, 2017).

Modal Hidroviário/Aquaviário

O transporte aquaviário é composto por cabotagem, transporte em hidrovias e marítimo. O Brasil possui grande potencial de utilização do transporte hidroviário, podendo reduzir custos de transporte principalmente para commodities a granel, já que sua principal vantagem é o baixo custo para longas distâncias associado com a alta capacidade de carga. Contudo não é recomendado para produtos de alto valor agregado, emergências, perecíveis ou cargas pequenas, já que possui alto nível de danos às mercadorias, baixa velocidade e baixa frequência de transporte. (ANTAQ, 2014; CNT, 2015)

Mais uma vez, quando se compara as características dos modais brasileiros, frente a seus principais concorrentes em produção e exportação de soja, pode perceber o quanto a movimentação dos comboios brasileiros ainda é limitada. Enquanto no Tietê-Paraná, os comboios têm capacidade de até 6 mil toneladas, no Mississippi (Estados Unidos), são transportados de 18 mil a 60 mil toneladas (CNT,

2015). Trata-se de uma consequência da falta de intervenções para ampliação da capacidade de movimentação hidroviária brasileira e das inadequações de estruturas localizadas nas vias navegáveis, além da baixa atratividade a investimentos nesse tipo de modal (CNT,2015).

Embora problemas estruturais sejam os primeiros a serem ressaltados e diversas vezes discutidos, a navegação interior brasileira também é limitada por questões regulatórias e burocráticas. Excesso de burocracia, escassez de mão de obra qualificada, rigidez na legislação para contratação de tripulantes, elevada carga tributária sobre o combustível, entre outros, são entraves enfrentados pelo setor (ANTAQ, 2014; CNT, 2015)

2.4 Avaliação da eficiência logística

Vários trabalhos têm focado na busca por melhorias na logística brasileira. A maioria dos trabalhos têm utilizado modelos matemáticos de otimização do uso da infraestrutura existente para aumentar a eficiência, como Mapa e Lima (2012); Morales et al. (2013); Milanez (2014); Oliveira et al. (2015); Lopes; Lima e Ferreira (2016); Oliveira e Alvim (2017); Silva Neto (2018); Coleti e Oliveira (2019), entre outros. Em geral, esses estudos adotam as origens e destinos como critérios previamente estabelecidos e, a partir destes, os modelos avaliam a eficiência ou buscam sua otimização. Dessa forma, os fluxos de escoamento selecionados para a aplicação do modelo foram escolhidos por conveniência.

Roulet, Caixeta-Filho e Yoshizaki (2016) empregaram a Análise Multicritério (AMC) para propor um modelo de apoio a tomada de decisões quanto ao transporte rodoviário de grãos. Os autores identificaram que estratégias de transporte verticalizadas apresentaram melhor desempenho em relação ao transporte terceirizado.

Santos, Sproesser e Batalha (2018), Oliveira, Cicolin e Filassi (2019), e Faretto e Oliveira (2019), adotaram a Análise Envoltória de Dados (DEA), também para avaliar o desempenho do transporte de produtos agrícolas e observaram uma maior eficiência em sistemas intermodais para a movimentação de grãos. Para Santos, Sproesser e Batalha (2018) a contribuição do estudo realizado é o de beneficiar novos entrantes no setor, uma vez que estes seriam capazes de escolher o melhor posicionamento de mercado de acordo com os recursos disponíveis, ao comparar diferentes terminais intermodais.

Fatoretto e Oliveira (2019) ranquearam as principais rotas logísticas para a soja do Mato Grosso, considerando múltiplos fatores, confirmaram a forte influência dos portos das regiões Sul e Sudeste, e concluíram que o Arco Norte é uma opção logística promissora que demanda investimentos. Contudo, a seleção das principais rotas e maiores municípios produtores influencia as análises. A seleção mascara uma visão mais ampla, em detrimento de regiões onde a expansão da produção de grãos ainda está em curso, e não dispõe de opções consolidadas de modais. O comportamento da logística agroindustrial é dinâmico, sendo influenciado por fatores relacionados aos custos de transporte, que podem ser alterados a cada safra, modificando o trade-off de destino em cada origem produtora (EMBRAPA, 2016).

Trabalhos que analisam os projetos de infraestrutura logística planejados também são frequentemente encontrados, como Lopes; Lima e Ferreira (2016) e Branco et al. (2020). Ambos os trabalhos utilizam de modelos de otimização para explorar diferentes cenários e infraestruturas ainda em planejamento e seus impactos na rede logística brasileira. Os resultados dos trabalhos indicam a necessidade de investir e focar as exportações da soja brasileira nos portos do Norte do Brasil, a fim de aumentar a competitividade do agronegócio do país. Lopes; Lima e Ferreira (2016) mostram que rotas para os portos como Santarém e Barcarena devem ser mais exploradas e suas vias de acesso a partir das principais áreas produtoras mais estruturadas.

Importante destacar a respeito da possibilidade de sobrecapacidade dos portos nas Regiões Sul e Sudeste, indicando também a necessidade de rotas alternativas de transporte para exportar soja no Brasil. Contudo, não fica claro quais os limites geográficos da influência dessas estruturas, principalmente sobre o estado maior produtor de soja, uma vez que possui grande dimensão e suas porções norte e sul possuem dinâmicas e rotas distintas, e entre elas há diversos municípios produtores ainda em expansão.

2.5 Utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e avaliação de influência dos portos.

Vários modelos utilizam Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para representação dos dados e dos resultados (MAPA e LIMA, 2012; OLIVEIRA, CICOLIN e FILASSI, 2019; BRANCO et al., 2020), mas apenas uma parcela adota a modelagem espacialmente explícita como em Costa (2013) e Castro et al. (2015).

Costa (2013) caracterizou as principais rotas utilizadas para a exportação da soja produzida no Brasil, analisando o custo de transporte, a influência e a efetividade dos investimentos previstos, utilizando a base de dados do Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT) de 2010. Para isso, utilizou médias nacionais de fretes para cada modal e construiu superfícies de fricção para a análise.

Em seu trabalho, Costa (2013) chega a revelar regiões de influência dos portos brasileiros para a exportação de soja, porém ao longo dos anos novas estruturas foram construídas, alterando significativamente a dinâmica de preços de fretes. Alguns exemplos dessas obras são o transbordo e armazém de grãos e açúcar do Terminal Integrador Uberaba (VLI, 2017), e a Estação de Transbordo de Carga (ETC) de Miritituba (HBSA, 2020). A ETC rodo-hidroviária de Miritituba, inaugurada em 2016 no município de Itaituba-PA, recebe os caminhões que chegam com a mercadoria pela BR-163 e realiza o carregamento em barcaças, que conduzirão a mercadoria por hidrovia até o porto para exportação (HBSA, 2020).

A determinação da área de influência dos portos foi previamente apresentada pela Embrapa Territorial, que nomeou essas áreas de influência como bacias logísticas. As bacias logísticas exercem papel importante na determinação da eficiência de cadeias produtivas e ajuda a explicar os ganhos de competitividade potenciais.

O modelo de bacias logísticas da Embrapa (CASTRO et al., 2015, 2019) foi desenvolvido pelo Grupo de Inteligência Territorial Estratégica (GITE) da Embrapa Territorial no projeto Sistema de Inteligência Territorial Estratégica da Macrologística Agropecuária Brasileira (EMBRAPA, 2016). O trabalho identificou os fluxos de transporte de grãos (soja e milho) com destino aos portos de exportação na safra 2015. O modelo aponta o porto de destino mais praticado pelas regiões produtoras a partir dos dados de exportação e do fluxo de cargas. Para ilustrar como a produção de grãos escoar para os portos, baseado em um conceito equivalente ao de bacias hidrográficas, as áreas de atendimento dos portos foram nomeadas como bacias logísticas (CASTRO et al., 2015, 2019). Um município pertencer a uma determinada bacia logística significa que ele, preferencialmente, envia suas cargas aos portos contidos nesta delimitação.

2.6 Dependência espacial na amostragem de dados

O presente trabalho utiliza de métodos geoestatísticos para a construção de superfícies de custos, considerando como principal variável de influência os fretes do modal rodoviário. A geoestatística possibilita que os dados amostrados possam ser usados para a estimação de valores nos lugares em que a variável não seja conhecida. Esse tipo de análise leva em consideração a autocorrelação das variáveis regionalizadas, onde deve existir uma dependência espacial. Essa dependência espacial pode ser visualizada a partir de um semivariograma, ferramenta fundamental para descrever quantitativamente a variação no espaço de um fenômeno regionalizado (SANTOS, 2010; SILVA, 2016).

Com a confirmação da dependência espacial através da análise do semivariograma, a partir de suas propriedades características – amplitude, patamar e efeito pepita (YAMAMOTO, 1999), é possível fazer predições em locais não amostrados, por meio de um preditor chamado de krigagem. Este, consiste em ponderar os vizinhos mais próximos do ponto a ser estimado, obedecendo os critérios de não tendenciosidade, que significa que em média, a diferença entre valores estimados e observados para o mesmo ponto dever ser nula e ter mínima variância. Isso é uma grande vantagem da krigagem em relação a outros métodos, já que os estimadores possuem a menor variância dentre todos os estimadores não tendenciosos (WEBER; ENGLUND, 1992; GREGO et al, 2014).

2.7 Teoria dos Grafos

Muitas situações do mundo real podem ser convenientemente descritas por meio de um diagrama que consiste em um conjunto de pontos junto com linhas que unem certos pares desses pontos. Esses os pontos podem representar pessoas, com linhas unindo pares de amigos; ou os pontos podem ser centros de comunicação, com linhas que representam a comunicação links. É importante observar que em tais diagramas, o principal interesse é em saber se dois pontos determinados são unidos por uma linha; a maneira pela qual eles são unidos é irrelevante. Uma abstração matemática de situações deste tipo dá origem ao conceito de um grafo (BONDY e MURTY, 2008).

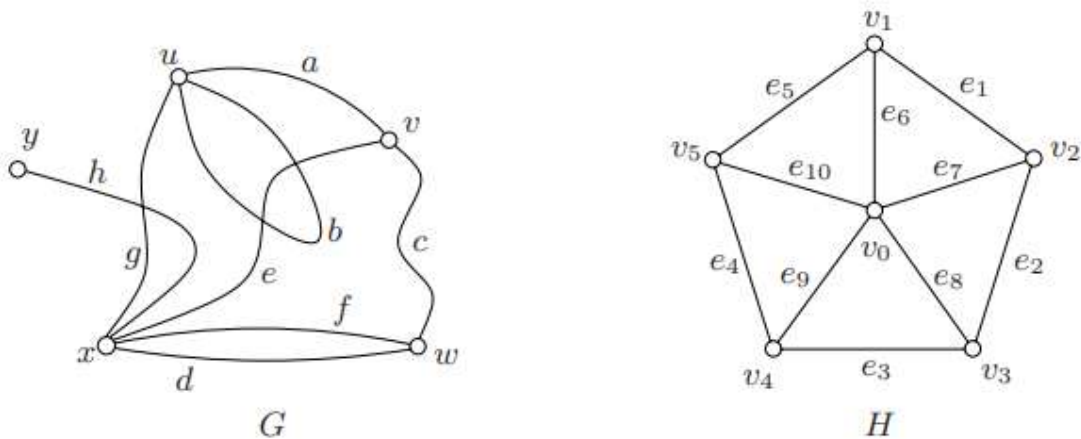
A teoria dos grafos estuda objetos combinatórios (grafos) que são um bom modelo para muitos problemas em vários ramos da matemática, computação, da

engenharia e da indústria. Muitos dos problemas sobre grafos tornaram-se amplamente conhecidos porque são um interessante desafio intelectual e porque têm importantes aplicações práticas (FEOLIFFOFF, KOHAYAKAWA e WAKABAYASHI, 2011).

Os grafos têm esse nome porque podem ser representados graficamente e são utilizados em diversas relações e vínculos como árvores genealógicas, cidades em um mapa, programas de testes de software, desenvolvimento de algoritmos ou ainda em análises de inteligência financeira, como por exemplo, lavagem de dinheiro (UHLMAMM, 2017; ZAINA; DE ARAÚJO, PINTO, e BISSET, 2019). É essa representação gráfica que nos ajuda a entender muitas de suas propriedades. Cada vértice é indicado por um ponto e cada aresta por uma linha que une os pontos representa suas extremidades (BONDY e MURTY, 2008).

Trata-se de uma ferramenta poderosa para resolver problemas otimização de rotas. Assim como as rotas de distribuição, os grafos são estruturas discretas compostas por vértices, que são conectados por arcos. Dessa forma, um grafo direcionado é denotado por $G = (V, A)$, onde V é um conjunto vazio de elementos chamados vértices e A é um conjunto de arcos. Cada arco A possui dois vértices de V , i, j , $i \neq j$ associados, onde i é o ponto inicial do arco e j é o ponto terminal. O arco A também é denotado por (i, j) , referindo-se, portanto, ao vértice de origem, ao vértice de destino e ao arco (BONDY e MURTY, 2008; OCHOA-ORTÍZ et al, 2015; UHLMAMM, 2017).

Figura 2.2 – Diagrama de grafo direcionado G e H . (Vértices são representados pelos pequenos círculos).



Retirado de BONDY e MURTY (2008).

Não existe uma única maneira correta de desenhar um grafo; as posições relativas dos pontos representando vértices e as formas das linhas que representam bordas geralmente não têm significado. Na Figura 2.2, as arestas de G são representadas por curvas, e as de H por segmentos de linha reta. Um diagrama de um gráfico apenas representa a incidência relação mantida entre seus vértices e arestas (BONDY e MURTY, 2008).

Um dos conceitos mais relevantes da teoria dos grafos é a “árvore de decisão”, ou simplesmente “árvore”. O conceito permite gerar respostas do tipo sim/não aos mais diversos tipos de questionamentos, complexos ou não. Isso é possível devido ao fato de uma escolha ser um ato de comparação, contudo, para isso é necessário ter dados objetivos. A dificuldade da tomada de decisão está na comparação de todos com todos, ou seja, a quantidade de comparações a serem executadas. (UHLMAMM, 2017)

3. METODOLOGIA

A descrição da metodologia foi dividida em quatro subseções, na quais: (1) descrição da área de estudo e dos dados, (2) tratamento dos dados, (3) construção das superfícies de custo e (4) delimitação das áreas de influencias dos portos.

3.1 Descrição da área de estudo e dos dados

O estado do Mato Grosso, maior produtor de soja brasileiro, apresentou na safra 2019/2020 uma produção de cerca de 35 milhões de toneladas (IBGE, 2020). Quanto à exportação o estado é líder em volume exportado, tendo exportado cerca de 20 milhões de toneladas de soja em grão em 2019 (IMEA, 2020).

Da produção de soja e farelo de soja dos estados do Centro-Oeste do país, boa parte é escoada por terminais portuários de São Paulo, Espírito Santo, Paraná e Santa Catarina. No Mato Grosso, o escoamento se concentra nos portos de Santos (SP), Vitória (ES) e Paranaguá (PR), com o modal rodoviário sendo o mais utilizado e tendo como principais motivos para escolha da rota as melhores condições de rodovias, menores distâncias e menores custos de fretes totais (MTPA, 2017).

O Frete unitário por rota rodoviária ($FrtRt - R\$/tkm$) corresponde ao preço em

reais (R\$) para transportar uma tonelada (t) de carga por um quilômetro (km). O FrtRt foi extraído de uma base com dados do relatório SIFRECA, produzidos pelo Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial (ESALQ-LOG/USP). Foram utilizados dados de fretes mensais de soja de 2012 a 2018 para rotas com origem no estado de Mato Grosso e destinadas à exportação. Destes fretes, foram selecionados os meses de fevereiro, março e abril, pois representam o pico logístico da soja. Os dados de frete unitário selecionados foram corrigidos pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) para 2018 (IBGE, 2019). O FrtRt foi utilizado em conjunto com as feições da infraestrutura logística (Tabela 3.1) para referenciamento no espaço e construção de uma superfície de custos rodoviários. O FrtRt foi validado com fretes médios determinados pelo Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária (IMEA).

Os valores de fretes médios praticados por ferrovias e hidrovias do Brasil foram obtidos em IMEA (2016). O frete ferroviário médio foi 0,09844 R\$/t.km. O frete hidroviário médio foi 0,04377 R\$/t.km. As taxas de elevação portuária foram obtidas em Silva Neto (2018) e as tarifas de transbordo em Fatoretto e Oliveira (2019) e Milanez (2014). Todos os dados foram corrigidos para valores correntes de 2018, com base no IPCA.

Tabela 3.1. Fretes médios de ferrovias e hidrovias do Brasil corrigidos para o ano de 2018.

Frete Ferroviário médio (R\$/t.km)	Frete Hidroviário médio (R\$/t.km)
0,09844	0,04377

Todas as rodovias estaduais e federais foram consideradas. Somente as hidrovias em situação de operação e navegáveis foram selecionadas. As ferrovias em operação onde ocorreu movimentação de produtos agrícolas no período 2012-2018 foram selecionadas. Todas as demais ferrovias foram desconsideradas. Os portos exportadores foram selecionados de acordo com o volume exportado de soja do Mato Grosso (BRASIL, 2019). Para os transbordos, foram considerados todos aqueles dentro das rotas identificadas no levantamento de dados. Além da infraestrutura física, também foram identificados as principais origens e destinos da soja (IBGE, 2019, ESALQLOG, Brasil,2019).

Tabela 3.2 – Fontes de dados de infraestrutura logística existente para construção da base.

Tipo de infraestrutura	Fonte	Formato do arquivo
Rodovias	IBGE (2014))	Shapefile
Hidrovias	IBGE (2014); ANTAQ (2014)	Shapefile
Ferrovias	IBGE (2014)	Shapefile
Transbordos	IBGE (2014)	Shapefile
Portos	IBGE (2014); BRASIL (2019)	Shapefile; Planilha eletrônica

Fonte: ANTAQ (2014), IBGE (2014) e BRASIL (2019)

3.2 Tratamento de dados

Para fins computacionais foram associados as origens e destinos aos seus respectivos geocódigos, disponíveis pelo IBGE (2019), possibilitando a geração de informações numéricas concatenadas com origem/destino, para facilitar o relacionamento dos dados e o processamento computacional.. Devido a existência de origens possuem geocódigo associado, foi realizada uma correção adicionando um zero no final de todos os municípios. Para as localidades não geocodificadas, foi adicionado um índice entre 1 e 9 ao final do geocódigo do município correspondente.

Verificou-se a existência de 789 rotas origens-destino, porém muitas com apenas um dado para todo o horizonte de tempo. Por isso, foram excluídas as rotas com percentual de dados faltantes superior a 70%. Também foram excluídos da análise as rotas cujo destino correspondia a complexos agroindustriais e não necessariamente direcionavam a soja para exportação. Na sequência foi realizada uma análise de outliers para identificar e excluir rotas com valores muito discrepantes. Além disso, foi realizado preenchimento de dados faltantes para as rotas que restaram. Após as correções e ajustes nos dados, as rotas foram reduzidas a 306, com 34 origens e 52 destinos únicos. O ano de 2018 foi definido como ano-base da análise, sendo que todos os dados de anos anteriores foram ajustados utilizando o IPCA.

Considerando que os trechos de ferrovias e hidrovias, geralmente, não possuem muitas opções de trajeto ao longo do percurso e costumam conectar a dois pontos específicos, todos os transbordos foram associados ao seu respectivo porto de exportação. Dessa forma, a modelagem foi feita apenas para a movimentação rodoviária, mas considerando as opções intermodais com seus respectivos custos. Portos e transbordos foram reunidos em uma única base e definidos como destinos

rodoviários. Para cada um destes destinos foi calculado um custo inicial. No caso dos portos, referentes à tarifa de recepção e elevação. Para os transbordos foram calculadas composições de custos, somando-se às taxas portuárias os custos de transbordo e frete, referentes a movimentação da soja de cada transbordo até seu respectivo porto exportador.

3.3 Construção das superfícies de custos

Para a espacialização dos fretes foram atribuídos valores médios dos fretes rodoviários que se repetiam para cada localidade. Dessa forma, cada origem e cada destino possui um valor médio de frete referente a todas as rotas originadas e destinadas a eles.

Em seguida, foi criado um arquivo vetorial, adicionando os dados levantados, e a partir de outros arquivos vetoriais constituídos de localidades municipais, vilas, delimitações de unidades federativas, contendo pontos georreferenciados. No entanto, algumas origens e alguns destinos (distritos, locais específicos) não foram encontrados nos arquivos base, sendo adicionados manualmente com o auxílio de mapas base imagens de satélites disponíveis pela ferramenta de Sistema de Informação Geográfica, ArcGIS 10.8.

Os valores de fretes unitários rodoviários foram interpolados através de krigagem ordinária dos dados (KRIGE, 1966; WEBSTER e OLIVER, 2007; WEBER e ENGLUND, 1992). O modelo geoestatístico de interpolação foi ajustado levando em consideração a maneira como o $FrtRt$ varia no espaço por meio do semivariograma (JOHNSTON et al., 2001; WEBSTER; OLIVER, 2007), que é a forma matemática utilizada para expressar a autocorrelação (Equação 1), um meio de explorar as relações espaciais. O semivariograma empírico é a representação gráfica das semivariâncias médias, para cada bloco de pontos situados dentro de uma distância limite, em função do lag espacial. O ajuste do semivariograma ao modelo foi otimizado utilizando validação cruzada. O modelo estável da Figura 3.1 apresentou o melhor ajuste para o conjunto de dados de frete unitário.

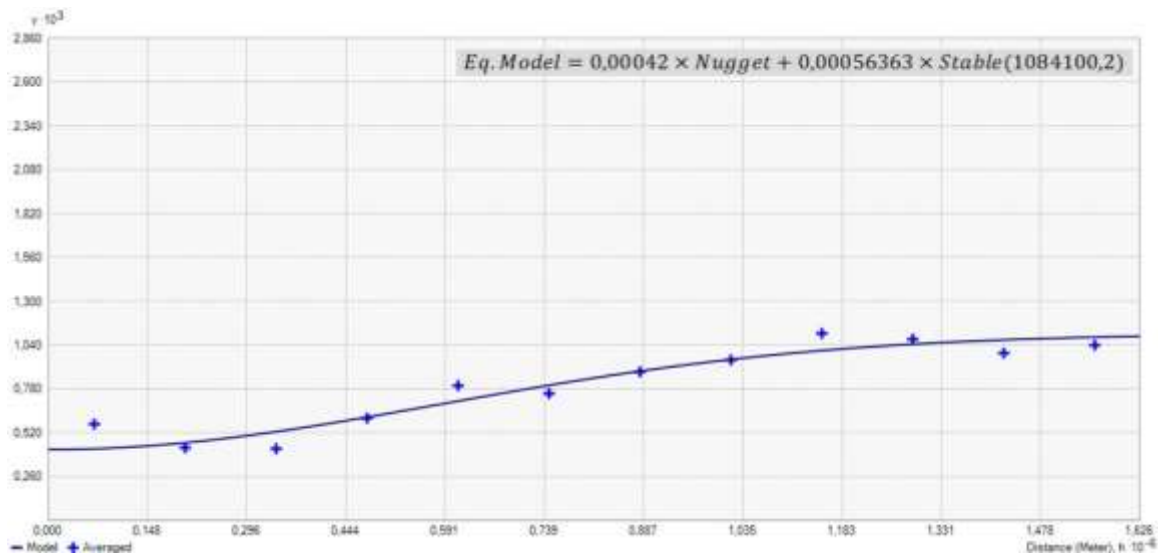
$$\gamma(h) = \frac{1}{2}E[Z(x) - Z(x+h)]^2 \quad (1)$$

Onde:

$\gamma(h)$ é a semivariância para uma determinada distância h

$Z(x)$ é o valor de uma função randômica em x

Figura 3.1 - Semivariograma otimizado do modelo de krigagem ordinária dos dados



Fonte: Elaborado pelos autores.

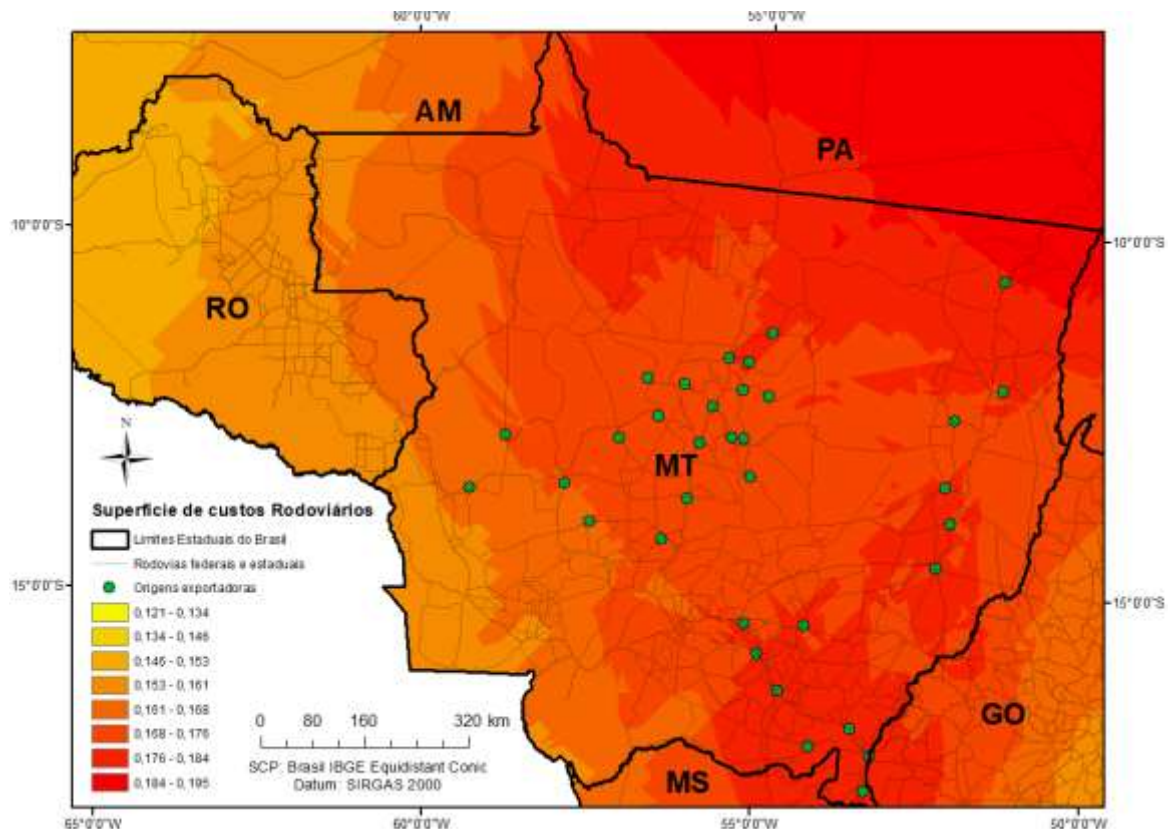
A Figura 3.1 apresenta o ajuste dos dados ao modelo de semivariograma estável (Equação 2), modelo exponencial ponderado por um coeficiente α , entre os modelos exponencial puro, $\alpha=1$, e o gaussiano, $\alpha=2$. A interpolação por krigagem ordinária foi realizada seguindo a equação indicada na mesma Figura 3.1. Houve um crescimento exponencial da autocorrelação espacial (equivalente ao aumento da semivariância) seguido por um crescimento progressivo e um decréscimo exponencial, finalmente atingindo uma distância onde a autocorrelação entre os valores de FrtRt é zero.

$$\gamma(h; \theta) = \theta_s \left[1 - \exp \left(-3 \left(\frac{\|h\|}{\theta_r} \right)^\alpha \right) \right] \quad \text{para todo } h \quad (2)$$

Onde: $\theta_s \geq 0$ é o parâmetro patamar e θ_r o alcance $0 \leq \alpha \leq 2$

A interpolação dos valores de FrtRt, de acordo com o gráfico e equação apresentados na Figura 3.1, serviu para adicionar valores às rotas que não possuíam informações. Além disso, como a base geoespacial de infraestrutura logística não possui todas as vias existentes, foram atribuídos valores de frete unitário mais altos para as áreas fora das rodovias, de forma a permitir o deslocamento nessas áreas, porém com um custo maior (Figura 3.2).

Figura 3.2: Superfície de custos rodoviários (R\$/t.km)



Fonte: Elaborado pelos autores.

A superfície de custo da Figura 3.2 indica que o frete rodoviário da soja com origem no Mato Grosso em direção aos portos da região Norte e Nordeste é maior. A região Norte do estado detém os maiores custos em R\$/t.km, ficando entre 0,184-0,195 (Figura 3.2). Esta distribuição dos custos também permite avaliar o impacto do frete na determinação das regiões de influência dos portos.

3.4 Identificação das áreas de influência dos portos

Baseado no conceito de bacias logísticas criado pela Embrapa (CASTRO et al., 2015, 2019; EMBRAPA, 2016), foi proposta uma metodologia que transpõe os conceitos de direção de fluxo e acumulação de fluxo, utilizados na hidrologia, para delimitação das áreas de influência dos portos exportadores. A direção de fluxo foi determinada para todos os pixels da superfície de custos previamente construída

A delimitação das áreas de influência dos portos foi realizada por alocação de custos através ferramenta *Cost Allocation* do ArcGIS.

O modelo utilizou a teoria dos grafos (BONDY e MURTY, 2008) para calcular em cada célula da superfície de custos sua célula fonte de menor custo.

O algoritmo utiliza a representação de célula como um “nó”, usada na teoria dos grafos. Desta forma, cada centro de uma célula é considerado um nó e cada nó é conectado aos seus nós adjacentes por vários links. Todo link tem uma impedância associada a ele, sendo essa impedância derivada dos custos associados às células em cada extremidade do link (da superfície de custo) e da direção do movimento através das células.

Na sequência, novamente para cada célula, foi determinado o menor custo acumulado partindo de um porto exportador. A reunião das diversas células que apontam para um mesmo porto delimitou uma bacia logística, ou área de influência do porto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

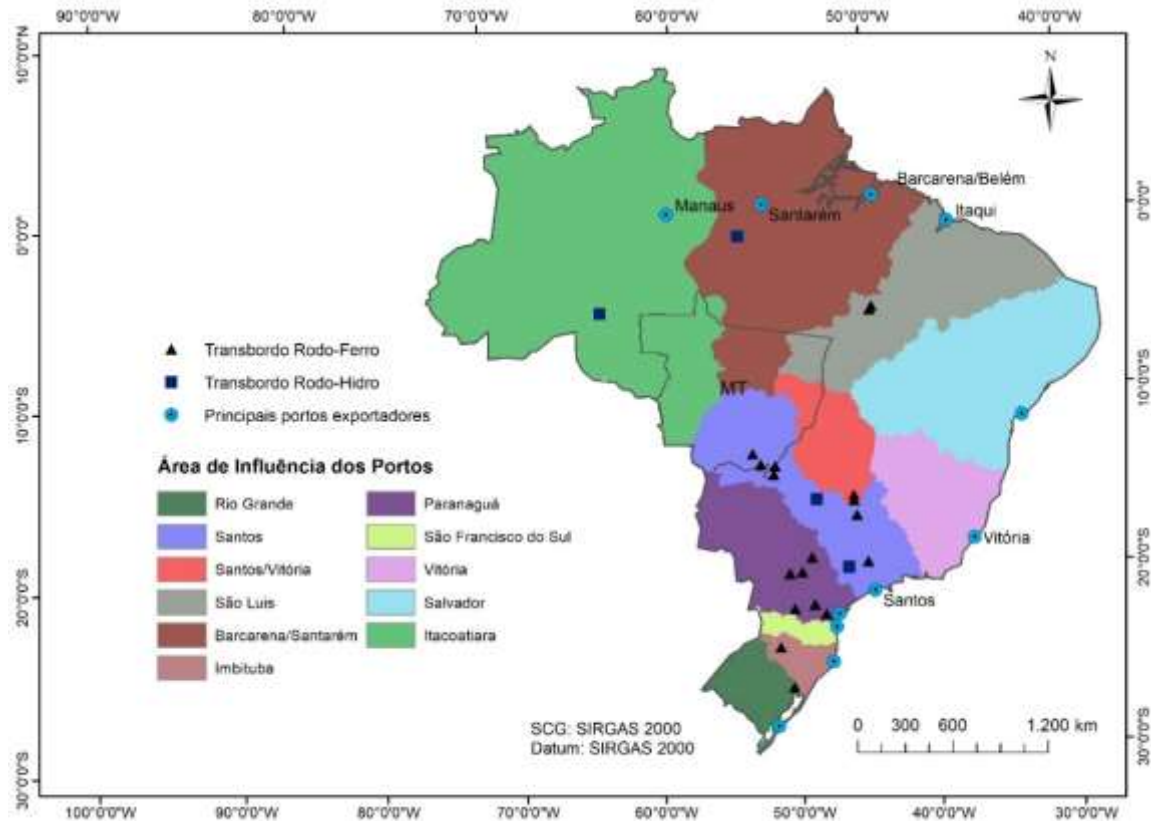
Dentre os onze portos selecionados para estudo, foram delimitadas cinco bacias logísticas cujas áreas alcançam o estado do Mato Grosso, sendo que, todas essas, referentes a portos localizados nas regiões sudeste, norte e nordeste do Brasil.

Em comparação com o estudo de Corredores Estratégicos para o complexo de soja e milho, elaborado pelo MTPA (Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil), em 2017, as bacias logística encontradas no Mato-Grosso através do modelo correspondem a cinco dos nove Corredores Logísticos Estratégicos utilizados para o escoamento de soja, farelo de soja e milho pelos portos brasileiros. Por uma questão de simplificação na consolidação dos dados, as informações foram analisadas pelo estudo governamental de acordo com a seguinte classificação:

- Corredor Norte: Eixo Madeira, Eixo Tapajós e Eixo Leste
- Corredor Nordeste: Eixo São Luiz e Eixo Salvador.
- Corredor Sudeste: Eixo Vitória e Eixo Santos.
- Corredor Sul: Eixo Paranaguá e Eixo Rio Grande.

Através das superfícies de custos, as influências de portos da região sul não alcançam os limites mato-grossenses, contrariando o que ocorreu na prática entre 2012 e 2018, em que transbordos no estado do Paraná e Rio Grande do Sul receberam cargas de soja, mesmo que em pequenas quantidades, seguindo para exportação pelo Corredor Sul, nos portos de Paranaguá (PR) e Rio Grande (RS), respectivamente (figura 4.1).

Figura 4.1. Regiões de influência logística dos portos para soja produzida no Mato Grosso.

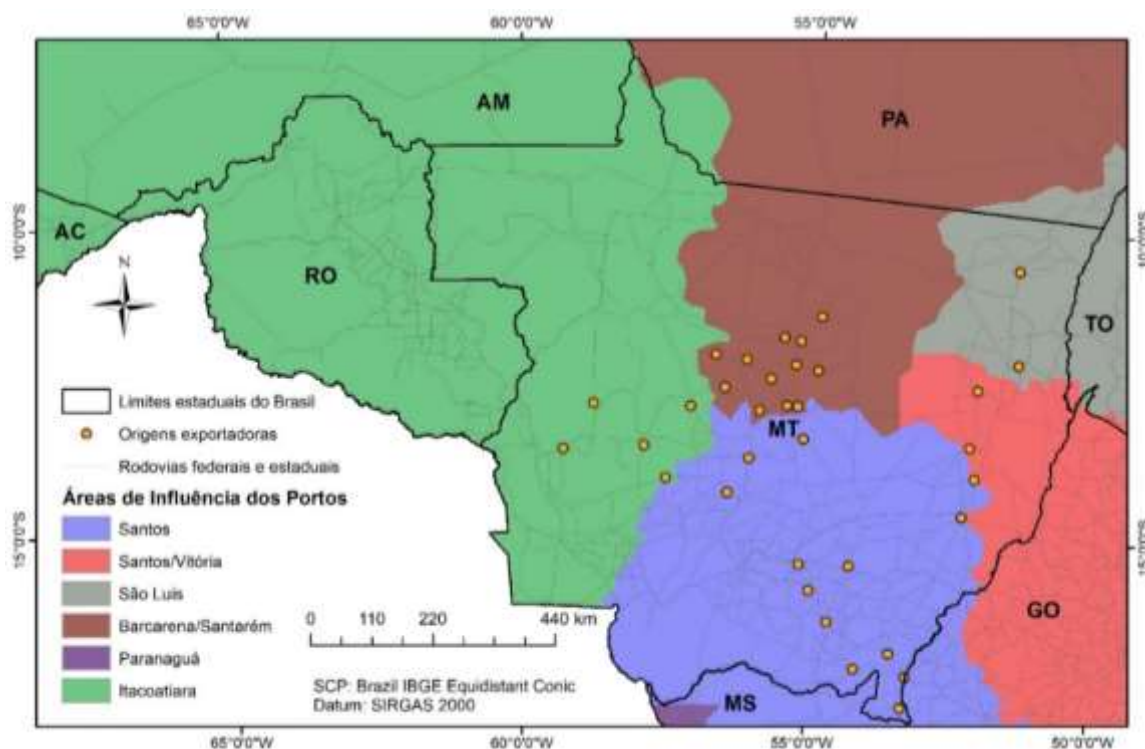


Fonte: Elaborado pelos autores.

4.1 Bacia Logística de Santos e o Porto de Vitória

Os resultados corroboram a importância da bacia logística de Santos (SP) como rota logística para soja. O porto paulista exerce grande influência na região central, sudoeste e leste do estado mato-grossense, abrangendo os transbordos de Rondonópolis, Itiquira, Alto Araguaia e Alto Taquari, principais transbordos ferroviários de Mato Grosso com escoamento para o sudeste (figura 4.2).

Figura 4.2 – Áreas de influências dos portos em território mato-grossense.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A região do Triângulo Mineiro é um destino rodoviário para a soja da região centro-leste mato-grossense e o Vale do Araguaia, que apresenta duas opções de portos para exportação. A bacia logística do porto de Vitória foi a única com influência na região centro-leste do estado mato-grossense até 2016. De acordo com o estudo realizado pela EMBRAPA (2016), os transbordos de Uberlândia e Araguari escoavam seus grãos de soja para o porto de Vitória (ES). A partir dos resultados, mostrou-se que para toda a área, o transbordo mais provável como destino e de influência estaria localizado no município de Araguari, com principal destino sendo o porto capixaba. Entretanto, em junho de 2016, o transbordo e armazém de grãos e açúcar do Terminal Integrador Uberaba passou a ser operado pela empresa Valor da Logística Integrada (VLI) para integrar ao Terminal Integrador Portuário Luiz Antônio Mesquita (Tiplam), em Santos (SP) (VLI, 2017; ALVES e BABORSA, 2017), fazendo com que a região também estivesse sob influência do porto santista, caracterizando a região do Triângulo Mineiro como uma região de indiferença logística.

Almeida, Seleme e Neto (2013), chegaram a resultados semelhantes ao analisar alternativas de escoamento de soja para China. Em seus resultados, com maior quantidade das exportações, o estado de Mato Grosso exportou a soja com a

utilização dos portos de Santos, Paranaguá e Vitória. Considerando capacidade máxima para os portos, identificaram que Sorriso, Campo Novo do Parecis e Primavera do Leste exportariam 100% da soja através do porto de Santos, enquanto Nova Mutum utilizou o porto de Paranaguá e Canarana, mais ao leste do estado, mandou o produto para o porto de Vitória.

Uma possível explicação para esse comportamento foi estudada por Correa Junior e Caixeta Filho (2001), os quais afirmam que o transporte de cargas com destino aos portos e às regiões mais desenvolvidas, como os estados do Sudeste e Sul do Brasil, pode representar fretes menores devido à possibilidade da carga de retorno para as suas zonas de origem. Ressalta-se ainda que, os corredores sudeste e sul, que recebem os maiores fluxos de soja, são os que apresentam maior participação do modal ferroviário (MTPA, 2017), que resulta em impacto significativo na redução de custos de fretes (CASTRO et al., 2019)

4.2 Bacia Logística de Barcarena/Santarém

Através do modelo os portos de Santarém (PA) e Barcarena (PA) apresentaram grande porção de influência da região centro-norte do Mato grosso (figura 4.2). Contudo, a movimentação de cargas para esses portos é muito inferior comparadas aos portos do Sudeste, sendo em alguns casos preteridas. Isso ocorre, pois, o Corredor Nordeste é exclusivamente rodoviário e o transporte de cargas até os transbordos possui uma quantidade baixa de opções até os portos, tendo como principal opção a BR-163 (MTPA, 2017). Esta rodovia, iniciada ainda na década de 1970, teve sua pavimentação entre os municípios de Sinop (MT) e Miritituba (PA) concluída em 2020 (DNIT, 2020). Os valores de frete tornam-se mais caros na direção norte da rodovia (figura 4.2), passando a ser favorável após o transporte ser realizado em hidrovia, através do transbordo rodo-hidroviário de Miritituba (MA), que passou a operar a partir de 2017 (MENEZES, 2017). Essa bacia compreende uma região de fronteira agrícola que tem aumentado a produção nos anos recentes. O município de Sorriso (MT) – maior produtor de soja do Brasil – localiza-se nessa bacia, mas próximo da divisa com a bacia do porto de Santos (SP).

Fatoretto e Oliveira (2019), em seu trabalho, analisou resultado da dimensão econômica em que demonstrou que não apenas a intermodalidade é um dos mecanismos para aumentar a eficiência das rotas sob o aspecto econômico, como

também a proximidade das rotas (produção) aos terminais de transbordo (ferroviário ou hidroviário). Em seu estudo, a região Médio Norte de Mato Grosso, que mesmo longe de terminais portuários, assim como o modelo desenvolvido neste trabalho, apresentou uma predominância pelo uso do modal rodoviário para grandes distâncias.

Embora o modelo tenha caracterizado uma bacia logística de influência predominantemente rodoviária, na prática os portos de Barcarena e Santarém exportam soja produzidas em municípios mais distantes do que seus limites apresentaram.

O município de Sapezal, por exemplo, envia a maior quantidade soja para Santarém, como ocorreu em 2016, em que 22% da soja exportada por Santarém foi produzida em Sapezal. Isso ocorre pois o escoamento da soja produzida por esse município também faz uso dos modais localizados em outra bacia logística, a do Porto de Itacoatiara, chegando através do modal rodoviário até Porto Velho (RO), e seguindo pelas hidrovias do Rio Madeira e Rio Amazonas até o porto de Santarém (NETTO, 2017).

Esse confronto do modelo e o que ocorre na prática nos permite inferir a importância da intermodalidade para a diminuição de custos de frete, uma vez que ainda é preferível escoar produtos por diferentes modais, mesmo percorrendo uma distância consideravelmente maior, ao invés de um único modal como o rodoviário

4.3 Bacia Logística de Itacoatiara

O porto de Itacoatiara (AM), mostrou grande influência para a região oeste do estado de Mato Grosso (Figura 4.2). Isso ocorreu devido à presença do transbordo hidroviário de Porto Velho (RO), cuja utilização é necessária para conectar o oeste do Mato Grosso até o porto amazonense.

Assim como Castro et al (2019), o modelo verificou o escoamento das regiões norte e oeste do estado se dão preferencialmente pelos rios da hidrovia do Amazonas em direção aos portos de Itacoatiara, Barcarena e Santarém. Porém o primeiro trajeto é feito obrigatoriamente de caminhão até chegar às estações de transbordo de carga, que pode ser Porto Velho (RO), no caso do oeste do estado. Nestes terminais a carga será transferida para barcas e então levadas até os portos, para exportação em navios de maior porte.

Comparando-se os resultados obtidos pelo modelo de superfície de custos e os resultados encontrados na literatura para os portos de Itacoatiara, Barcarena e Santarém, faz cada vez mais sentido a classificação do MTPA (2017) para os corredores da região norte e nordeste como um único “Corredor Norte”, composto por: Eixo Madeira, Eixo Tapajós e Eixo Leste.

4.4 Bacia Logística de São Luíz

A bacia do porto de São Luíz (MA) é o principal destino para a produção do centro-leste do estado mato-grossense. O modelo confirma a preferência para a região do Vale do Araguaia por este porto (Figura 4.2). Isso deve-se à forte influência do valor de frete relacionado a FNS (ferrovia Norte-Sul), mostrando a importância dos transbordos de Porto Nacional (TO) e Palmeirante (TO) para esta região. Foram construídos ao longo do trecho da FNS, nove polos de cargas visando a recepção e transferência de cargas para o transporte dos mais diversos tipos de mercadorias. Além dos polos de carga no trecho operado pela VLI, foram inaugurados no início de 2016 dois terminais integradores para o recebimento e armazenagem de grãos nos municípios de Porto Nacional e Palmeirante, tendo como principais produtos a soja e o milho (BRUGNERA & DALCHIAVON, 2017). Os terminais integradores de Porto Nacional e de Palmeirante, em conjunto, contam com uma capacidade estática de armazenagem de 150 mil toneladas, podendo receber um volume anual de 6 milhões de toneladas de grãos, ambos administrados pela VLI (VLI, 2017). A importância desses terminais não é exclusiva para o estado do Mato-Grosso, como também para as produções dos estados do MATOPIBA e Goiás.(FARIAS, 2015). Logo, os resultados gerados pelo modelo vão de encontro com os estudos realizados pelo MTPA (2017), em que o Porto de Itaqui, de São Luíz, está presente como alternativa tanto no Corredor Norte como no Corredor Nordeste, considerando que sua área de influência atende aos fluxos de ambos os corredores.

6. CONCLUSÕES

O modelo construído delimitou as áreas de influência logística dos portos brasileiros para a soja com origem no estado de Mato Grosso. A delimitação foi feita segundo os custos de transporte. Foram considerados conjuntamente uma superfície de custos rodoviários e uma base de custos logísticos agregados - dos destinos rodoviários até a exportação. Comparações com estudos anteriores foram

realizadas a fim de validar os resultados alcançados e discutir as diferenças encontradas.

Os resultados corroboram a influência do porto de Santos (SP) para a soja mato-grossense, assim como a importância da pavimentação da BR-163 para a logística da região Centro-Norte do estado. Além disso, foi possível a identificação de uma região de indiferença logística para a soja produzida no leste mato-grossense, que apresenta duas opções de portos exportadores como destino, Santos (SP) e Vitória (ES).

A soja é uma das principais cargas na logística agropecuária do país. Os fluxos de exportação do grão e sua forma de utilização dos modais contribuem na determinação do escoamento de outros produtos agropecuários. O escoamento da soja de Mato Grosso acontece prioritariamente por mais de um modal para todas as regiões de influências encontradas no estado. Assim, destaca-se que os portos que apresentaram influência logística no estado obtiveram tal resultado devido às suas ligações ferroviárias ou hidroviárias, que são acessadas através de rodovias conectadas às regiões produtoras de soja.

Existem muitas aplicações práticas para os resultados deste estudo, uma vez que o artigo avaliou a dinâmica de exportação de um dos principais produtos de exportação do Brasil. Considerando os resultados obtidos, trabalhos futuros incluem a repetição do modelo utilizando um banco de dados de fretes rodoviários de todo território brasileiro. Outra possibilidade é a aplicação da metodologia em diferentes locais e/ou produtos. Além disso, o modelo proposto possibilita a simulação de cenários futuros. Por fim, pode-se aprofundar os estudos sobre o conceito de regiões de indiferença de custos logísticos, desenvolvido a partir do modelo apresentado.

A ampliação do estudo para todo território brasileiro possibilita reavaliar e expandir o modelo em um novo contexto. Apesar da consistência de resultados, o modelo apresenta limitações quanto às geometrias esperadas fora dos limites do estado de Mato Grosso. À medida que a distância em relação ao referido estado aumenta, as áreas sofrem pequenas distorções e podem não representar a realidade com exatidão. Isso acontece devido à própria limitação do banco de dados utilizado, que contou com dados de fretes rodoviários apenas de origens mato-grossenses.

O conceito de bacias logísticas é principalmente relevante em análises de macro logística, que subsidiem o planejamento estratégico. A compreensão dos fluxos na cadeia de grãos, e seus subprodutos, é fundamental para planejar obras e

intervenções na macro logística que ampliem a competitividade da agropecuária brasileira (EMBRAPA, 2016). Portanto, destaca-se a importância da ampliação do estudo para todo território brasileiro e as possibilidades criadas pela simulação de cenários futuros, que incorporem projetos logísticos ainda não existentes.

A simulação de cenários permite avaliar a mudança na configuração das bacias e o possível impacto na dinâmica logística causados por novos projetos de infraestrutura. A avaliação da metodologia em um produto agrícola que apresente uma dinâmica logística diferente também seria interessante para reavaliar a metodologia proposta e identificar possíveis adaptações.

O estudo das regiões de indiferença logística é o trabalho futuro mais promissor, devido à importância estratégica destas regiões para o escoamento de produtos agrícolas. Localizadas onde ocorre o trade-off de destino exportador, elas oferecem mais possibilidades para o produtor e possivelmente reduzem o custo logístico para o escoamento dos produtos. No presente artigo, a região do Triângulo Mineiro foi assim identificada pelo modelo. Todavia estudos específicos e mais detalhados podem ser realizados com objetivo de identificar e avaliar apenas essas regiões.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Transportes Aquaviários - ANTAQ. **Hidrovias Brasileiras: Indicadores dos transportes de carga**, 2014. Disponível em: <http://portal.antaq.gov.br/index.php/estatisticas/estatisticas-da-navegacao-interior/>. Acessado em 01 de agosto de 2019.

ALMEIDA, C. A, SELEME, R., NETO, J. C.. Rodovia Transoceânica: uma alternativa logística para o escoamento das exportações da soja brasileira com destino à China . **RESR**, Piracicaba-SP, Vol. 51, Nº 2, p. 351-368, Abr/Jun 2013 – Impressa em Julho de 2013.

ALVES, F.O.; BARBOSA, D.D.G. Agência de Promoção de Investimento e Comércio Exterior de Minas Gerais - INDI. **A Força do Triângulo Mineiro**, 2017. Disponível em: <http://www.indi.mg.gov.br/a-forca-do-triangulo-mineiro/>. Acessado em 01 de maio de 2020.

AZEVEDO, L. R. L. **A infraestrutura de escoamento de grãos de Mato Grosso**. 2014. 73. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto de Economia. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

BAZARAS, D.; YATSKIV, I.; ALMINAS, M; RAMUNAS, P. Analysis of Common Governance Transport System Development Possibilities in the East-west Transport Corridor. **Transport and Telecommunication**, vol 16, no. 1, 31–39, 2015.

BRUGNERA, J. V.; DALCHIAVON, F. C. Modal ferroviário e transporte de soja no MATOPIBA / Railways and the transport of soybean in MATOPIBA. **Revista iPecege** 3(4): 48-56, 2017.

BONDY, J. A., MURTY, U.S.R. **Graph Theory**. New York: Springer, 2008. 651p.

BRANCO, J.E.H.; BARTHOLOMEU, D.B.; ALVES JUNIOR, P.N.; CAIXETA FILHO, J.V. Evaluation of the economic and environmental impacts from the addition of new railways to the Brazilian's transportation network: An application of a network equilibrium model. **Transport Policy**, In Press, March, 2020.

BRASIL. Ministério da Economia. **COMEX STAT**, Estatísticas do Comércio Exterior, 2019. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acessado em 12 de abril

de 2019.

CASTRO, G. S. A. et al. **Delimitação das Bacias Logísticas**. Embrapa Territorial. Campinas, SP: Embrapa, 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/macrologistica/bacias>>. Acesso em: 20 maio. 2020.

CASTRO, G. S. A. et al. Macrologística: Caracterização das bacias logísticas da agropecuária brasileira. (D. F. M. Gherardi, I. D. Sanches, L. E. O. e C. Aragão, Eds.). **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Santos, SP, Brasil: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/>>. Acesso em: 17 jun. 2020

COLETI, J.C.; OLIVEIRA, A.L.R. A intermodalidade no transporte de etanol brasileiro: aplicação de um modelo de equilíbrio parcial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 1, p. 127-144, 2019.

Confederação Nacional do Transporte – CNT. **Transporte & Desenvolvimento Entraves Logísticos ao escoamento de Soja e Milho**, 2015. Disponível em: <https://cnt.org.br/pesquisas>. Acessado em 07 de abril, 2019.

CORREA JÚNIOR, G.; CAIXETA-FILHO, J. V. **Principais Determinantes do Preço do Frete Rodoviário para Transporte de Soja em Grãos em Diferentes Regiões Brasileiras: Uma Análise Econométrica**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

COSTA, W.L.S. **Modelagem e caracterização das rotas de exportação da Soja**. Dissertação de mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Brasil. 2013.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Pavimentação da BR- 163/PA: momento histórico para infraestrutura brasileira**. 2020. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/noticias/>. Acessado em 01 de maio de 2020.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Embrapa Territorial. **Macrologística da Agropecuária Brasileira: Delimitação das Bacias Logísticas. Estudos Logísticos**, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/macrologistica/estudos-logisticos>. Acessado em 07 de abril, 2019.

ESTEVEES, M. C. P.; OLIVEIRA, A. L. R.; MILANEZ, A. P. Exportações de produtos agrícolas e o ambiente portuário: a perspectiva da teoria dos custos de transação. **Revista de Economia e Sociologia rural**, v. 58, n.1, p. 1-14, 2020.

FARIAS, F. **Cadeia produtiva do Tocantins quer mais investimentos em ferrovias**, 2015. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/projeto-soja-brasil/cadeia-produtiva-de-tocantins-quer-mais-investimentos-em-ferrovias/>. Acesso em: 20 ago. 2020.

FATORETTO, S.L.R.; OLIVEIRA, A.L.R. A eficiência logística das rotas de exportação de soja: um indicador baseado na Análise Envoltória de Dados (DEA). **Agrarian**, v. 12, n.45, p. 383-398, 2019.

FEOFILOFF, P.; KOHAYAKAWA, Y.; WAKABAYASH, Y. **Uma Introdução Sucinta à Teoria dos Grafos**, 2011. Disponível em: <http://www.ime.usp.br/~pf/teoriadosgrafos/>. Acesso em abril de 2021.

GREGO, C. R.; OLIVEIRA, R. P.; VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada a Agricultura de Precisão. In: BERNARDI, A. C. C. et al. (Ed. Tec.) **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**, Brasília, DF: Embrapa, 2014, p. 74, cap.5.

Hidroviás do Brasil S.A. - HBSA. **Projetos Logísticos**, 2020. Disponível em: <http://hbsa.com.br/projetos-logisticos>. Acesso em: novembro de 2020.

HIJJAR, M. F. **Transporte Rodoviário de Cargas – a perspectiva das empresas embarcadoras**, 2017. Disponível em: <https://www.ilos.com.br/web/transporte-rodoviario-de-cargas-a-perspectiva-das-empresas-embarcadoras/>. Acesso em: agosto de 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Geociências: redes e fluxos geográficos**, 2014. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: agosto de 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo**, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos>. Acesso em: outubro de 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Produção Agrícola Municipal**

(PAM), 2020. Disponível em: <https://sidra.isbge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: julho de 2020.

Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária - IMEA, **Relatórios de Mercado Soja**, 2016. Disponível em: <http://www.imea.com.br>. Acesso em: setembro de 2019.

Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária - IMEA, **Relatórios de Mercado Soja**, 2020. Disponível em: <http://www.imea.com.br>. Acesso em: agosto de 2020.

JOHNSTON, K.; VER HOEF, J. M.; KRIVORUCHKO, K.; LUCAS, N.. **Using ArcGIS Geostatistical Analyst** ESRI. Redlands, CA: ESRI, 2001.

KRIGE, D. G. Two-dimensional weighted moving average trend surfaces for revaluation. **Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy**, v. 66, p. 13–38, 1966.

KUSSANO, M.R.; BATALHA, M.O. Custos logísticos agroindustriais: avaliação do escoamento da soja em grão do Mato Grosso para o mercado externo. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 3, p. 619–632, 2012.

LOPES, H.S.; LIMA, R.S.; FERREIRA, R.C. A cost optimization model of transportation routes to export the Brazilian soybean. **Custos e Agronegocio Online**, v. 12, n. 4, 2016.

MAPA, S.M.S.; LIMA, R.S. Uso combinado de sistemas de informações geográficas para transportes e programação linear inteira mista em problemas de localização de instalações. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 1, p. 119–136, 2012.

MENEZES, K. **Corredor Logístico do Arco Norte, Secretária de Transportes do Pará**, 2017. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/pa/sala-de-imprensa/documentos/2017>. Acessado em 01 maio de 2020.

MILANEZ, A.P. **Um modelo de design de rede para exportação de soja do Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, 2014.

Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil – MTPA . **Corredores Logísticos**

Estratégicos, Volume 1 – Complexo de Soja e Milho, 2017.

Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil – MTPA . **Corredores Logísticos Estratégicos, Volume 3 – Veículos Automotores**, 2018.

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC. Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior. **Exportação**. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/>>. Acesso em: Abr. 2021

MORALES, P.R.G.D., D'AGOSTO, M. A.; SOUZA, C.D.R. (2013) Otimização de rede intermodal para o transporte de soja do norte do Mato Grosso ao porto de Santarém. **Journal of Transport Literature**, vol. 7, n. 2, pp. 29-51.

NETTO, J. F. **O conceito de corredores verdes de transportes de mercadorias e uma aplicação no transporte de soja para exportação**, 2017. 286 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Naval, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

OCHOA-ORTÍZ, A.; ORNELAS-ZAPATA, F.; MARGAIN-FUENTES, L.; GASTÓN CEDILLO-CAMPOS, M.; SÁNCHEZ-AGUILAR, J.; JARAMILLO-VACIO , R.; ÁVILA I. Capacitated vehicle routing problem for PSS uses based on ubiquitous computing: An emerging markets approach. **DYNA** 82 (191), pp. 20-26. Medellín Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, México. June, 2015.

OLIVEIRA, A. L. R. A logística do agronegócio: para além do apagão logístico. In: BUAINAIN, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M. F. J.; NAVARRO, Z. (Orgs.). **O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola**. 1ed.Brasília: Embrapa, 2014, v. 1, p. 337-370.

OLIVEIRA, A.L.R.; ALVIM, A.M. The supply chain of Brazilian maize and soybeans: the effects of segregation on logistics and competitiveness. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 20, n.1, p. 1-18, 2017.

OLIVEIRA, A. L. R.; CICOLIN, L.; FILASSI, M. The logistic performance of Brazilian grains transportation. **Agrarian**, v. 12, n. 46, p. 521-527, 2019.

OLIVEIRA, A.L.R.; MASCARENHAS, C.; LOPES, B.F.R.; MORINI, C. Aplicação de Modelagem Matemática para Otimização da Logística de Exportação do Milho do

Estado do Mato Grosso. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 8, n. 3, p. 505, 18 nov. 2015.

ROULET, M.C.; CAIXETA-FILHO, J.V.; YOSHIKAWA, H. T. Y. A Multiple-Criteria analysis application for vertical coordination in the transportation of agricultural commodities in Brazil. **Journal of Food Products Marketing**, v. 22, p. 1-13, 2016.

SANTOS, A.B.; SPROESSER, R.L.; BATALHA, M.O. Exploring strategic characteristics of intermodal grain terminals: Empirical evidence from Brazil. **Journal of Transport Geography**, v. 66, p. 259–267, jan. 2018.

SANTOS, A.P. **Avaliação da acurácia posicional em dados espaciais com uso de estatística espacial**. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, 2010.

SANTOS, J. D. S.; PEREIRA, L. A. G. Logística De Transportes Do Agronegócio e Exportações De Soja No Centro-Oeste Brasileiro. Universidade Estadual de Montes Claros, Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Geografia, **Revista Eletrônica do Curso de Geografia – UFG** | n 34, Jataí-GO, Maio-Agos de 2019

SILVA, M. F. P. T. **Aplicação de técnicas estatísticas e geoestatísticas para estimativa de teores de ouro e modelamento de um depósito mineral - estudo de caso de Pilar de Goiás (GO)**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2016

SILVA NETO, S. **Impactos de investimentos em infraestrutura logística na Cadeia de Grãos do Brasil: Uma Aplicação de Programação Linear**. Dissertação de mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Civil. São Paulo, 2018.

UHLMANN, E. A. Teoria dos Grafos: da teoria à aplicação computacional. Instituto Siegen. Guarulhos, 2017.

VLI Logística – VLI. **Conheça a VLI: Terminal Integrador Uberaba (MG)**, 2017. Disponível em: <http://www.vli-logistica.com.br/conheca-a-vli/terminais/ti-uberaba/>. Acessado em 01 maio de 2020.

VURAL, C. A.; ROSO, V.; HALLDÓRSSON, Á., STÄHLE, G.; YARUTA, M. Can

digitalization mitigate barriers to intermodal transport? An exploratory study. **Research in Transportation Business and Management**, p. 100525, 2020.

WANKE, P. F.; HIJAR, M. F. Exportadores brasileiros: estudo exploratório das percepções sobre a qualidade da infraestrutura logística. **Production**, v. 19, n. 1, p. 143-162, 2009.

WEBER, D.; ENGLUND, E. Evaluation and comparison of spatial interpolators. **Mathematical Geology**, v. 24, n. 4, p. 381–391, 1992.

WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. **Geostatistics for Environmental Scientists**. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2007.

YAMAMOTO, J. K; CONDE, R. P. Classificação de Recursos Minerais Usando a Variância de Interpolação. **Brazilian Journal of Geology**, 29, 1999.

ZAINA, R.; DE ARAUJO, G. ; PINTO, A. L. ; BISSET, E.. Aplicação e melhoria de análise de grafos em relatórios de inteligência financeira / Application and improvement of graph analysis in financial intelligence reports. Bibliotecas. **Anales de Investigación; La Habana. Cuba** Vol. 15, Ed. 3, (Sep-Dec 2019)