10.30612/agrarian.v12i45.8005

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

A eficiência logística das rotas de exportação de soja: um indicador baseado na Análise Envoltória de Dados (DEA)

Logistics efficacy of soybean exportation routes: an indicator based on Data Envelopment Analysis (DEA)

Sandra Liége Renner Fatoretto[1], Andrea Leda Ramos de Oliveira[2]

[1, 2] Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP, Av. Cândido Rondon, 501, Cep: 13083-875, Campinas-SP, Brasil. Email: sandra_renner31@hotmail.com

Recebido em: 01/05/2018 Aceito em:26/02/2019

Resumo: O Brasil é um importante *player* no cenário agrícola internacional e conta com uma vasta extensão de terras férteis. A adoção de novas tecnologias ao longo do processo produtivo proporcionou avanços significativos no campo, em especial no Estado do Mato Grosso maior produtor brasileiro de soja. Entretanto, a falta de investimentos em infraestrutura logística para suportar este desenvolvimento limitou o potencial de crescimento. Isto posto, o objetivo do artigo é desenvolver um sistema de avaliação de desempenho capaz de medir a eficiência das rotas logísticas para exportação da soja com base nas dimensões econômica, social e ambiental. Os resultados apresentados evidenciam o benefício da utilização da intermodalidade no escoamento da produção conectando as regiões produtoras aos portos tradicionais de exportação, como Santos-SP e Paranaguá-PR. Entretanto, novas rotas se destacam com destino aos portos conhecidos como Portos do Arco Norte, São Luís-MA e Santarém-PA, mas demandam de novos projetos logísticos capazes de promover a integração dos modais ferroviário e hidroviário aos terminais de transbordo e, a partir daí, para os portos de exportação.

Palavras-chave: análise envoltória de dados, transporte, competitividade, desempenho, agronegócio

Abstract: Brazil is a very important player in the international agriculture space and has a vast expanse of fertile land. The adoption of new technologies throughout the production chain has provided significant advances in the field, especially in the state of Mato Grosso, the largest Brazilian soybean producer. Nevertheless, the lack of investments in infrastructure to support logistics needs have been limiting the soybean chain growth. Thus, the aim of the research was to develop a performance assessment system capable of evaluation the soybean exporting routes from economic, social and environmental perspective. Results evidenced the benefit from intermodality adoption to transport soybean from crop growth regions to traditional export ports as Santos-SP and Paranaguá-PR. In addition, the routes that stood out were those whose destinations were the new Brazilian ports, known as the Arco Norte ports, São Luís-MA and Santarém-PA, these new transport flows require new logistical projects capable of integrating railway and waterway modes with transshipment terminals and, from there, with export ports.

Keywords: data envelopment analysis, transportation, competitiveness, performance, agribusiness

Introdução

O desenvolvimento da cadeia produtiva da soja sofreu grandes transformações nas últimas décadas, contribuindo significativamente para impulsionar a economia agrícola brasileira. O país passou de produtor coadjuvante na década de 70 para maior exportador mundial de soja (Oliveira; Silveira, 2013).

Desde sua entrada na região Sul do país, pioneira no cultivo, os constantes avanços tecnológicos aliados aos programas de incentivos governamentais, a exemplo do projeto Prodoeste, a soja vem consolidando seu processo de expansão no Brasil (Cunha, 2006).

Essa expansão se deu em direção a região Centro Oeste, em especial no Estado do Mato Grosso que é o maior produtor (27% da produção

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

nacional) e exportador de soja (24% exportação brasileira) (CONAB 2018; BRASIL, 2018).
Apesar desta posição de destaque o Mato Grosso apresenta uma desvantagem competitiva em relação a outros estados produtores, uma vez que está distante dos portos de exportação o que leva a custos de transporte são mais elevados (Almeida et al., 2016).

Além da longa distância percorrida, o transporte da soja desta região é realizado predominantemente por modal rodoviário. Esta é uma prática herdada da política estabelecida na década de 50 para fomentar a indústria automobilística, flexibilizar o transporte rodoviário (serviço de porta a porta), bem como justificar a equiparação dos investimentos feitos ao setor ferroviário (Oliveira, 2014). As consequências desta política ainda se mantem, segundo a Confederação Nacional dos Transportes (CNT, 2018), o modal rodoviário é responsável por 61% da carga movimentada.

O uso da intermodalidade e a melhoria dos demais modais de transporte para atender o setor agrícola poderia reduzir em até 30% os custos logísticos totais. No Brasil, diferente do que ocorre nos Estados Unidos, os ganhos que o produtor rural alcança por conta de sua alta produtividade no campo, vai se perdendo durante a comercialização em decorrência dos altos custos de transporte associados a predominância do modal rodoviário (Caixeta Filho, 2001; Oliveira; Silveira, 2013).

De acordo com Chang, (2008) o transporte intermodal tem sido reconhecido como promissor para a redução eficientemente dos custos logísticos, uma vez que integram diferentes modais de transporte e utiliza o que cada modal tem de melhor. Isto gera maior eficiência para a movimentação de mercadorias, não só em relação ao tempo, mas também proporciona benefícios financeiros e ao meio ambiente.

Em dez anos, o setor de transportes deteve uma das mais elevadas taxas de crescimento quanto ao consumo de energia (4,4% a.a. entre 2002 e 2012) e, consequentemente, uma elevação nas emissões de CO_2. Assim, o modal rodoviário tem sido o maior contribuidor para este aumento, com consumo de 92% da energia do setor, bem como 82% de energia não renovável em 2012 (Ferreira et al., 2014).

Estes impactos podem ser ainda maiores quando se trata da distribuição da grande produção de soja do Estado do Mato Grosso, que precisa vencer longas distâncias da área de produção até os portos de exportação. Como alternativa, podemos priorizar a utilização de novas rotas de escoamento como os terminais portuários localizados no Arco Norte aliada a utilização da intermodalidade, sendo uma opção mais econômica e sustentável.

Isto posto, o objetivo da presente proposta é desenvolver um sistema de avaliação de desempenho capaz de medir a eficiência relativa das rotas logísticas para exportação da soja com base nas dimensões econômica, social e ambiental.

Para tanto, foram avaliadas as principais rotas logísticas praticadas para o escoamento da produção das regiões produtoras do Mato Grosso, estabelecendo indicadores de desempenho que permitiram comparar a eficiência entre as diferentes opções logísticas para exportação da soja através do método Análise por Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA).

Material e Métodos

No processo de análise da eficiência, a literatura apresenta diversas abordagens para sua medição. Como o sistema de medição de desempenho proposto se dá a partir de uma abordagem que considere a eficiência em termos econômicos, sociais e ambientais, a metodologia DEA é uma das que apresentam capacidade de abarcar essas diferentes dimensões.

O método DEA, que teve origem com Farrel (1957) e generalizada por Charnes, Cooper e Rhodes em (1978), caracteriza-se como uma técnica não paramétrica, que permite lidar com várias saídas (*outputs*) e entradas (*inputs*) para medir, comparativamente, o desemprenho de unidades independentes, ou seja, à eficiência de cada unidade.

A técnica DEA acontece por meio de uma programação linear padrão, que busca estabelecer a eficiência máxima de uma unidade organizacional (DMU) e age no sentido de permitir que diversas entradas e saídas possam ser utilizadas na análise do desempenho de várias unidades organizacionais similares (DMU´s) (Klimberg; Ratick, 2008. Azevedo et al., 2012), neste caso as diferentes rotas de transporte.

A aplicação da técnica nos permite dizer quais unidades tem um desempenho mais eficiente

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

(Azambuja et al., 2015). Os indicadores de desempenho consistem na avaliação entre os resultados obtidos (*outputs*) e os recursos disponíveis para sua realização (*inputs*).

Segundo Seiford e Thrall (1990), os modelos desenvolvidos a partir da DEA, são capazes de conjugar, em um único índice, vários indicadores de natureza diferentes, para avaliar o desempenho.

Conforme Azambuja et al. (2015), os modelos DEA podem trabalhar com retornos de escala constantes (modelo CCR, Charles, Cooper e Rhodes, também conhecido como CRS) ou com retornos de escala variáveis (modelo BCC, Banker, Charnes e Cooper, também conhecido como VRS).

O modelo adotado foi o BCC orientado a *output* (saídas), o qual possibilita que as DMUs operem com baixos valores de entradas (*inputs*) e tenham retornos crescentes de escala. Este modelo proporciona uma análise de um conjunto de DMUs que podem apresentar variáveis com amplitudes diversas, como por exemplo, produtividade de soja, custos logísticos, emissão de CO_2, número de empregos que geram, dentre outros. A formulação matemática é definida de acordo com Oliveira e Cicolin (2016).

O modelo proposto maximiza as saídas, mantendo as entradas inalteradas. Na Equação 1 h_o é a eficiência relativa da DMU 0. A Equação 2 garante que a redução nos insumos não passa pela fronteira definida pelas DMUs de referência. A Equação 3 garante que a redução nos insumos não afeta os valores de saída. Já a Equação 4 faz com que a contribuição da DMU não exceda 1 e a Equação 5 que a contribuição da DMU não seja negativa. Note que λ_k é a contribuição da DMU k na formação da meta da DMU 0.

Max h_o (1)

Sujeito a:

$$x_{io} - \sum_{k=1}^{n} x_{ik} \cdot \lambda_k \geq 0, \forall_i \quad (2)$$

$$-h_o \cdot \gamma_{jo} + \sum_{k=1}^{n} \gamma_{jk} \cdot \lambda_k \geq 0, \forall j \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^{n} \lambda_k = 1 \quad (4)$$

$$\lambda_k \geq 0, \forall_k \quad (5)$$

Onde: x_{io} são os inputs i, da DMU 0 em análise; γ_{jo} são os outputs j, da DMU 0 em análise; x_{ik} são os inputs i, das DMU's k , para k=1, 2, 3, ..., n; γ_{jk} são os outputs j, das DMU's k, para k=1, 2, 3, ..., n; λ_k é a contribuição da DMU k n formação do alvo da DMU 0 em análise.

Os *outputs* utilizados para as dimensões econômica e ambiental, representados pelas variáveis "Custo Logístico" e "Emissão de CO_2" respectivamente, não seguem as regras do modelo clássico BCC orientado à *output* de maximização dos resultados e a manutenção dos recursos.

Por esta razão, essas variáveis são consideradas "*outputs* indesejáveis" e que necessitam de tratamento para que se viabilize seu emprego no modelo. Foi utilizada a abordagem multiplicativa inversa (MLT) elaborada por Golany e Roll (1989) em que se utiliza o inverso do "*output* indesejável" (u), como output, na Equação 6.

$$f(U) = \frac{1}{u} \quad (6)$$

Para que o modelo apresentasse uma melhor discriminação das DMUs/rotas eficientes foi empregado a metodologia da fronteira invertida, proposto por Yamada et al. (1994). Baseado nos dados de eficiência padrão gerados pelo modelo, é calculada a ineficiência por meio da troca dos *inputs* com os *outputs* do modelo original. Com os resultados de eficiência padrão e ineficiência calcula-se então a média entre os resultados, neste caso empregado por Leta et al. (2005) e utilizado por Oliveira e Cicolin (2016), apresentado na Equação 7.

$$Eficiência\ da\ Fronteira\ Ivertida = \frac{Eficiência\ Padrão + (1 - Ineficiência)}{2} \quad (7)$$

Definição das DMUs/Rotas de Exportação

A escolha das DMUs se deu com base nas principais mesorregiões produtoras do estado do Mato Grosso, sendo adotadas sete rotas de transporte que utilizassem um ou mais modais de transporte para o escoamento da soja para cada mesorregião. A estratégia para a escolha dos terminais de transbordo está associada aos fluxos intermodais com destino aos portos. Cada DMU/rota parte de uma mesorregião com destino a um porto de exportação e, no caso de uma rota intermodal, passa por um terminal de transbordo

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

para transferir a carga do caminhão para outra modalidade de transporte, ferrovia ou hidrovia (Tabela 1).

Tabela 1. DMUs/ Rotas: origem da produção, tipo de rota e porto de destino

Mesorregião	DMU	Características da rota*	Terminal de Transbordo	Destino
Norte Mato-grossense	DMU 1	MT-SP, rota rodoviária	-	Santos-SP
	DMU 2	MT-SP, rota rodoferroviária	Rondonópolis-MT	Santos-SP
	DMU 3	MT-PR, rota rodoviária	-	Paranaguá-PR
	DMU 4	MT-PR, rota rodoferroviária	Maringá-PR	Paranaguá-PR
	DMU 5	MT-AM, rota rodohidroviária	Porto Velho-RO	Itacoatiara-AM
	DMU 6	MT-PA, rota rodohidroviária	Miritituba-PA	Santarém-PA
	DMU 7	MT-MA rota rodoferroviária	Porto Nacional-TO	São Luís-MA
Nordeste Mato-grossense	DMU 8	MT-SP, rota rodoviária	-	Santos-SP
	DMU 9	MT-SP, rota rodoferroviária	Rondonópolis-MT	Santos-SP
	DMU 10	MT-PR, rota rodoviária	-	Paranaguá-PR
	DMU 11	MT-PR, rota rodoferroviária	Maringá-PR	Paranaguá-PR
	DMU 12	MT-AM, rota rodohidroviária	Porto Velho-RO	Itacoatiara-AM
	DMU 13	MT-PA, rota rodohidroviária	Miritituba-PA	Santarém-PA
	DMU 14	MT-MA rota rodoferroviária	Porto Nacional-TO	São Luís-MA
Sudeste Mato-grossense	DMU 15	MT-SP, rota rodoviária	-	Santos-SP
	DMU 16	MT-SP, rota rodoferroviária	Rondonópolis-MT	Santos-SP
	DMU 17	MT-PR, rota rodoviária	-	Paranaguá-PR
	DMU 18	MT-PR, rota rodoferroviária	Maringá-PR	Paranaguá-PR
	DMU 19	MT-AM, rota rodohidroviária	Porto Velho-RO	Itacoatiara-AM
	DMU 20	MT-PA, rota rodohidroviária	Miritituba-PA	Santarém-PA
	DMU 21	MT-MA rota rodoferroviária	Porto Nacional-TO	São Luís-MA

Foram definidas 21 rotas, sendo seis caracterizadas como unimodal, uso exclusivo do modal rodoviário para o transporte, e 15 caracterizadas como intermodais, utilizando a combinação dos modais rodoviário/ferroviário e rodoviário/hidroviário. Para os terminais de transbordo foram definidas cinco localidades: Porto Velho-RO, Rondonópolis-MT, Maringá-PR, Miritituba-PA e Porto Nacional-TO. Em relação aos portos brasileiros, foram definidos para o trabalho os principais da região Sudeste: Santos-SP, Paranaguá-PR; Norte: Santarém-PA, Itacoatiara/Manaus-AM; e Nordeste: Itaqui-MA. A Figura 1 mostra a localização dos portos brasileiros bem como os terminais de transbordos utilizados para construção das rotas

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

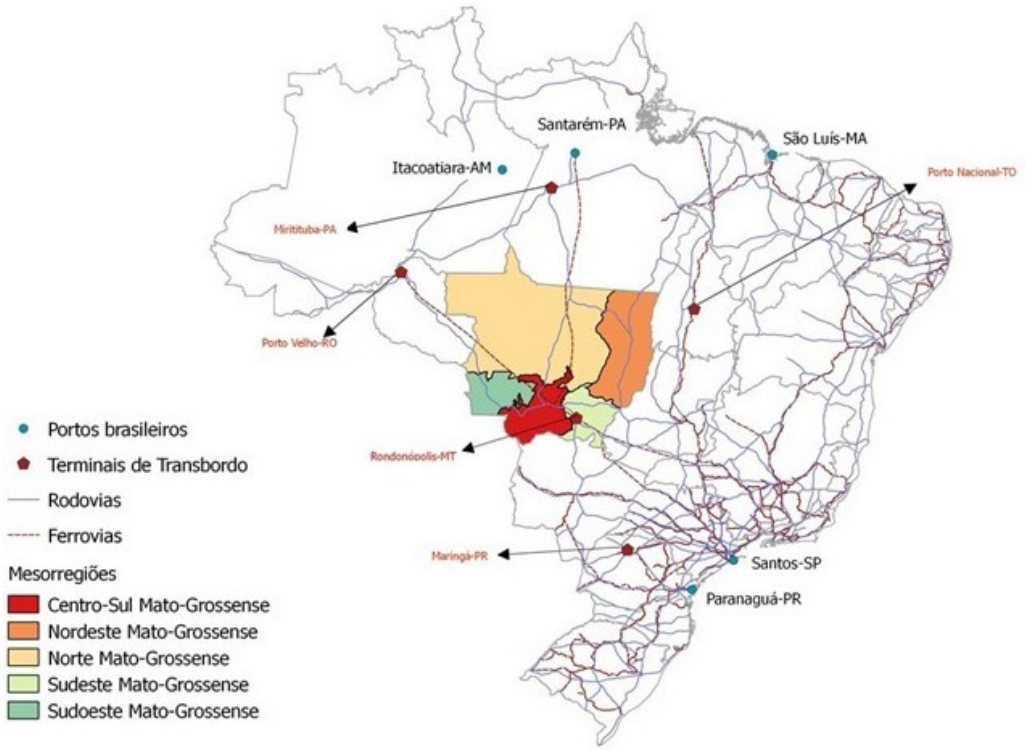

Figura 1. Principais rotas de Exportação para soja do Mato Grosso

Definição das Variáveis

Como forma de estruturar as variáveis, a avaliação da eficiência das DMUs foi baseada no tripé da sustentabilidade avaliando-se três dimensões: econômica, ambiental e social. Para a dimensão econômica e ambiental, a escolha das variáveis se deu com base no estudo de Oliveira e Cicolin (2016). Para a dimensão social as variáveis utilizadas foram construídas em função de aspectos de renda per capita e desenvolvimento econômico de cada mesorregião. Cada dimensão é composta por variáveis de *outputs* e *inputs* que representam os objetivos estratégicos (Tabela 2).

Tabela 2. Variáveis adotadas para o estudo considerando as dimensões do Tripé da Sustentabilidade

Dimensão	Output	Input	Objetivos Estratégicos
Econômica	Custo logístico	- Consumo de Combustível - Custos de Produção - Capacidade de Armazéns	Esta dimensão busca englobar os principais indicadores que estão relacionados com o custo logístico para o transporte da soja. Considera importante indicadores que estão diretamente relacionados e que influenciam o produtor/*tradings* (donos da carga) na tomada de decisão para a exportação da *commodity*.
Ambiental	Emissão CO_2	- Condições da Frota x km percorrido - Consumo de Combustível	Esta dimensão busca avaliar as emissões de CO_2 por cada modal de transporte até a via de exportação.
Social	PIB Ajustado	- Índice de Gini - Índice de Desenvolvimento Humano extrapolado por Mesorregião - Composição da Matriz de Transporte	Esta dimensão busca mostrar como indicadores econômicos e sociais podem contribuir e estarem associados as demais dimensões do tripé da sustentabilidade.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Descrição das Variáveis

1-Dimensão Econômica

Custo logístico: corresponde ao valor referente ao custo de transporte de uma tonelada de soja na com origem nas diferentes mesorregiões até o porto de destino para exportação via uma rota especifica de transportes a partir dos dados do SIFRECA (2016) e MILANEZ et al. (2016).

Consumo de combustível: custo do consumo total de combustíveis no transbordo de uma tonelada de soja da origem até o porto de destino; elaborado através de estimativas utilizando dados de consumo de combustível de cada modal, rodoviário, hidroviário e ferroviário com base em Pompermayer et al. (2014) e Cunha et al. (2014).

Custo de produção: custo de produção de uma tonelada de soja em fazendas do Mato Grosso, referente a safra 2017/18 com base em IMEA (2017).

Capacidade de armazéns: Capacidade estática dos armazéns no estado por mesorregião de produção, de acordo com informações da CONAB (2017).

2- Dimensão Ambiental

Emissão de CO_2: corresponde ao total de emissões de CO_2 emitidas de acordo com cada modal de transporte utilizado para as DMU/rota a partir dos dados da Ferreira et al. (2015).

Condições da Frota: utilização da idade média ponderada da frota dos modais (rodoviário, ferroviário e aquaviário) a partir de dados da ANTT (2017), ANTAQ (2017) e ANTF (2017).

Consumo de combustível: custo do consumo total de combustível de uma tonelada de soja com origem no Mato Grosso ao porto exportador pelas diferentes rotas, através de estimativas de consumo de combustível para cada modal (rodoviário, hidroviário e ferroviário) a com base em Pompermayer et al. (2014) e Cunha et al. (2014).

3. Dimensão Social

PIB ajustado: corresponde ao produto interno bruto a preços correntes de 2010, valor adicionado bruto a preços correntes total (em mil R$), divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2017b). Elaborado de acordo com a utilização do índice de referência para o melhor custo logístico entre as DMU/rota da dimensão econômica.

Índice de Desenvolvimento Humano para Mesorregiões: corresponde ao índice de desenvolvimento humano dos municípios (IDHM) extrapolado para as mesorregiões analisadas referentes ao ano de 2010 (PNUD, 2013), em relação a produção agrícola dos municípios pelo relatório de produção agrícola municipal referente ao ano de 2010 (IBGE, 2017a) das mesorregiões estudadas. Elaborado com a utilização o índice de referência para o melhor custo.

Índice de Gini por renda domiciliar: corresponde ao índice utilizado para medir o grau de concentração de renda dos municípios de cada mesorregião. O relatório considera como renda domiciliar per capita a soma dos rendimentos mensais dos moradores do domicílio, em reais, dividida pelo número de seus moradores de acordo com o ano base 2010, (IBGE, 2017c). Elaborado em relação a produção agrícola dos municípios pelo relatório de produção agrícola municipal referente ao ano de 2010, (IBGE, 2017a) das mesorregiões estudadas.

Composição da matriz de transporte: participação do modal rodoviário em cada DMU a partir dos dados da ANTAQ (2017) e CNT (2017). Elaborado de acordo com a participação do modal rodoviário sobre cada DMU/rota.

Resultado e Discussão

Em função da expansão das fronteiras agrícolas brasileiras, as distâncias entre os polos de produção e os portos para embarque da soja para exportação aumentaram significativamente, exigindo assim adoção de novas estratégias de transporte a fim de favorecer não somente redução dos custos, mas manter sustentabilidade do sistema. Analisando as principais variáveis que impactam o sistema logístico da soja, o presente trabalho traz opções que proporcionam a melhoraria no escoamento da soja do Estado do Mato Grosso em relação às dimensões econômico, ambiental e social.

Dimensão Econômica

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

A comparação entre as DMUs permitiu identificar de forma robusta o benefício da intermodalidade para o escoamento de soja desta região. Para as dez primeiras melhores rotas classificadas, houve predominância da intermodalidade (rotas rodoferroviárias) seguido pela unimodalidade do modal rodoviário (Tabela 3).

O destaque foi a mesorregião Sudeste, onde existe a rota MT-SP (rodoferroviária) que utiliza o terminal de transbordo ferroviário de Rondonópolis-MT, atingindo índice de eficiência geral de 82%. Esta rota foi a mais eficiente do ponto de vista econômico dentre as demais rotas analisadas (Tabela 3), seguida pelas rotas MT-SP (rodoferroviária) com destino ao porto de Santos-SP) e a rota MT-MA (rodoferroviária) até o porto de Itaqui-MA, ambas pertencentes a mesorregião Nordeste (Tabela 3). Estas duas últimas apresentaram índices de eficiência relativa muito semelhantes (87% e 86% respectivamente) em relação a rota de referência MT-SP (rodoferroviária). As duas melhore rotas diferiram da terceira melhor muito provavelmente em função desta última (MT-MA) utilizar predominantemente o modal rodoviário, enquanto as duas melhores evidenciam o predomínio foi do modal ferroviário.

Em função da localização da mesorregião Sudeste, as rotas dessa mesorregião foram elencadas como as melhores em função do fácil acesso desta região a outros estados com infraestrutura rodoviária e ferroviária mais ampla. Entretanto, na análise global do ranking das melhores rotas, verificamos o predomínio da mesorregião Nordeste com seis rotas entre as dez melhores classificadas (Tabela 3).

As rotas ranqueadas com menor performance apresentaram índice de eficiência relativa inferior a 35% com o predomínio de rotas partindo da mesorregião Norte.

As três rotas de transporte com melhor eficiência na análise da dimensão econômica foram a DMU16, DMU9 e DMU14, que tem em comum o fato de todas ser rotas intermodais rodoferroviárias (Figura 2).

Tabela 3. Ranking da eficiência final das DMUs/rotas, modelo dimensão econômica/custos logísticos

Mesorregião	DMU	Eficiência	Ineficiência	Eficiência da Fronteira Invertida	Eficiência Final
Sudeste	DMU16	1,000	0,340	0,830	1,000
Nordeste	DMU9	1,000	0,550	0,725	0,874
Nordeste	DMU14	1,000	0,566	0,717	0,864
Norte	DMU2	0,686	0,552	0,567	0,683
Nordeste	DMU13	0,744	0,738	0,503	0,606
Nordeste	DMU8	0,744	0,738	0,503	0,606
Nordeste	DMU11	0,681	0,808	0,437	0,526
Sudeste	DMU15	0,520	0,654	0,433	0,522
Nordeste	DMU10	0,672	0,818	0,427	0,515
Sudeste	DMU18	0,486	0,700	0,393	0,474
Norte	DMU6	0,516	0,734	0,391	0,472
Sudeste	DMU17	0,479	0,710	0,384	0,463
Sudeste	DMU21	0,474	0,718	0,378	0,456
Norte	DMU5	0,490	0,773	0,359	0,432
Sudeste	DMU19	0,402	0,846	0,278	0,335
Sudeste	DMU20	0,401	0,849	0,276	0,332
Nordeste	DMU12	0,550	1,000	0,275	0,331
Norte	DMU1	0,394	0,961	0,217	0,261
Norte	DMU4	0,394	0,962	0,216	0,260
Norte	DMU3	0,386	0,982	0,202	0,244
Norte	DMU7	0,379	1,000	0,189	0,228

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

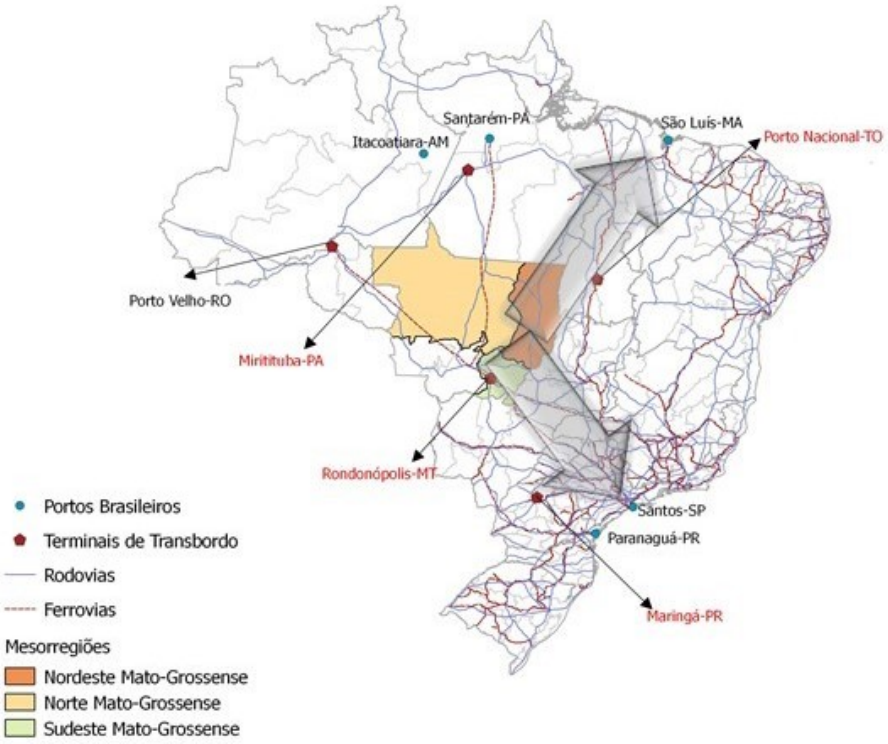

Figura 2. Localização das rotas de transporte com melhor eficiência para dimensão econômica

O objetivo principal da análise da dimensão econômica era entender qual rota poderia contribuir para redução de custos logísticos. Através do modelo adotado, a rota localizada na mesorregião Sudeste (DMU16) mostrou-se como a mais eficiente do ponto de vista econômico, muito provavelmente em função de algumas das distâncias percorridas e pela maior proximidade aos portos de exportação. O terminal de transbordo utilizado está localizado em Rondonópolis, o qual fica muito próximo da área de produção. A utilização de dois modais de transporte (rodoviário e ferroviário) ocorreu, mas prevaleceu ao longo do trecho o uso do modal ferroviário (utilização da ferrovia ALL/Rumo, malha norte, até o Porto de Santos-SP), o que suporta também a maior eficiência maior desta rota.

Trabalho realizado por Oliveira e Cicolin (2016) que avaliou a eficiência das rotas de milho no Mato Grosso sob a dimensão econômica, mostrou que a rota com melhor eficiência foi a rota intermodal rodohidroviária com destino ao porto localizado na região do arco norte (MT-PA-AM), com 76% de eficiência geral. Vale destacar que diferente do que observamos, a rota rodohidroviária foi a mais eficiente mesmo utilizando um longo trecho com participação do modal rodoviário. Neste trabalho o autor também mostra que a utilização de rotas com destino aos portos mais tradicionais como Santos-SP, Paranaguá-PR e Vitória-ES, mais próximos as origens das rotas e dos terminais de transbordo, apresentaram-se em segundo plano como mais eficientes.

As divergências de eficiências de rotas no presente trabalho comparado com Oliveira e Cicolin (2016), pode ser dado em função da dimensão econômica ter priorizado proximidade aos terminais de transbordo, gerando assim rotas mais eficientes sob a ótica de minimização de custos logísticos.

As rotas menos eficientes na análise são da região médio norte do MT, as quais possuem distâncias significativas até os terminais de transbordo, bem como, apresenta uma predominância do modal rodoviário para produtos de baixo valor agregado, em especial a soja (CNT, 2015). A rota mais eficiente da região Norte, a qual apresenta também o uso da intermodalidade em sua composição, localiza-se a cerca de (aproximadamente 700 Km) do terminal de transbordo mais próximo, desfavorecendo a

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

eficiência da rota no transporte mesmo usando a intermodalidade.

Como já apontava Oliveira (2014), algumas regiões de fronteira agrícola de produção de grãos, como é o caso do Mato Grosso, ainda sofre com altos custos de transporte de *commodities* principalmente por não dispor de infraestrutura adequada para o escoamento. Este fato vai desde a falta de alternativas de modais até o reduzido número de terminais de transbordo próximos às áreas de produção. Estes custos podem ser em geral 30% maior em comparação com outros países produtores os quais dispõe de infraestrutura adequada.

Dimensão Ambiental

O principal fator que contribuiu para eficiência das rotas na dimensão ambiental foi a taxa de emissão de CO_2. Cada modalidade de transporte emite diferentes taxas de CO_2, dessa forma, todas as comparações entre as rotas foram associadas as características de cada modal e suas proporcionalidade de uso no fluxo de movimentação da soja. Para esta dimensão, e não diferente da dimensão econômica, a DMU16, MT-SP (rodoferroviária) foi a mais eficiente. Esta rota compreende o escoamento de soja da região Sudeste do MT, até o terminal ferroviário de transbordo em Rondonópolis-MT, para então utilizar a ferrovia até o porto de Santos-SP (Tabela 4). A eficiência geral dessa rota foi de 90% seguido pela rota DMU6 (rodohidroviária) da região Norte do MT até o porto de Santarém-PA com eficiência relativa de 81% e a terceira rota no ranking das mais eficientes foi a DMU15 localizada no Sudeste do MT com destino ao porto de Santos-SP, com 72% de eficiência relativa (Tabela 4).

Dentre as dez melhores rotas classificadas, houve uma predominância das mesorregiões Sudeste e Nordeste. Em relação aos tipos de modais, ocorreu uma combinação do uso da intermodalidade, rodoferroviária e rodohidroviária, e também a presença de rotas unimodal (rodoviárias).

Algumas rotas mesmo usando a intermodalidade, apresentaram baixos índices de eficiência ambiental muito provavelmente em função das grandes distâncias entre o polo de produção e terminal de transbordo, bem como longas distâncias até os portos de escoamento, o que implicou em maiores índices de emissão de CO_2.

Tabela 4. Ranking de eficiência final das DMUs/rotas, modelo dimensão ambiental/emissão CO_2

Mesorregião	DMU	Eficiência	Ineficiência	Eficiência da Fronteira Invertida	Eficiência Final
Sudeste	DMU16	1,000	0,190	0,905	1,000
Norte	DMU6	1,000	0,491	0,754	0,833
Sudeste	DMU15	1,000	0,610	0,695	0,768
Sudeste	DMU17	0,796	0,678	0,559	0,617
Nordeste	DMU13	0,712	0,607	0,553	0,611
Sudeste	DMU18	0,613	0,515	0,549	0,607
Norte	DMU2	0,477	0,420	0,529	0,584
Nordeste	DMU8	0,679	0,731	0,474	0,524
Nordeste	DMU9	0,406	0,503	0,451	0,498
Nordeste	DMU14	0,385	0,493	0,446	0,492
Sudeste	DMU20	0,532	0,723	0,404	0,447
Norte	DMU5	0,397	0,603	0,397	0,439
Nordeste	DMU11	0,424	0,666	0,379	0,419
Nordeste	DMU10	0,533	0,830	0,352	0,389
Norte	DMU4	0,382	0,715	0,334	0,369
Norte	DMU1	0,494	0,864	0,315	0,348
Norte	DMU3	0,470	0,887	0,292	0,322
Sudeste	DMU21	0,282	0,704	0,289	0,319
Sudeste	DMU19	0,274	0,788	0,243	0,269
Norte	DMU7	0,211	1,000	0,105	0,116
Nordeste	DMU12	0,194	1,000	0,097	0,107

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

As três rotas de transporte com melhor eficiência na análise da dimensão ambiental foram a DMU16, DMU6 e DMU15, com origem nas mesorregiões Sudeste e Norte (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

A principal variável que influenciou a dimensão ambiental está relacionada a emissão de gases de efeito estufa, consequência da queima de combustíveis fosseis durante o transporte da soja. Verificamos que 60% das DMUs apresentaram um índice de eficiência relativa final menor que 50%, inclusive as rotas intermodais. A baixa eficiência verificada pode ser explicada pelas longas distâncias percorridas dos polos produtores aos portos exportadores e pela falta de renovação de frota e/ou manutenção, com destaque para o setor ferroviário que conta com uma frota antiga e com alto consumo de combustível.

As melhores eficiências foram obtidas paras rotas com origem nas mesorregiões Sudeste e Nordeste, com a predominância da intermodalidade. Resultados obtidos por Oliveira e Cicolin (2016) para esta mesma dimensão, evidencia uma maior eficiência para rotas intermodais localizada próximas a terminais de transbordo e vias exportadoras, no entanto nenhuma das rotas originarias do Norte do Mato Grosso apresentou eficiência significativa relevante. Em contrapartida, o presente trabalho mostrou ao menos uma rota partindo do Norte do Mato Grosso com alta eficiência, DMU6 rota rodohidroviária como a segunda melhor em eficiência relativa de 83%.

A rota DMU15, partindo da região Sudeste em direção a Santos-SP usando apenas o caminhão para o transporte, foi a terceira rota mais eficiente. Esta eficiência pode ter sido favorecida pela proximidade com os portos de exportação da região do Sudeste do país. Mesmo classificada como a terceira rota mais eficiente, esta poderia ocupar ranking de maior destaque em função da proximidade ao terminal de transbordo bem como a terminais exportadores, no entanto a utilização do modal rodoviário desfavoreceu esta rota devido pelo fato dos demais modais apresentarem menor idade média da frota.

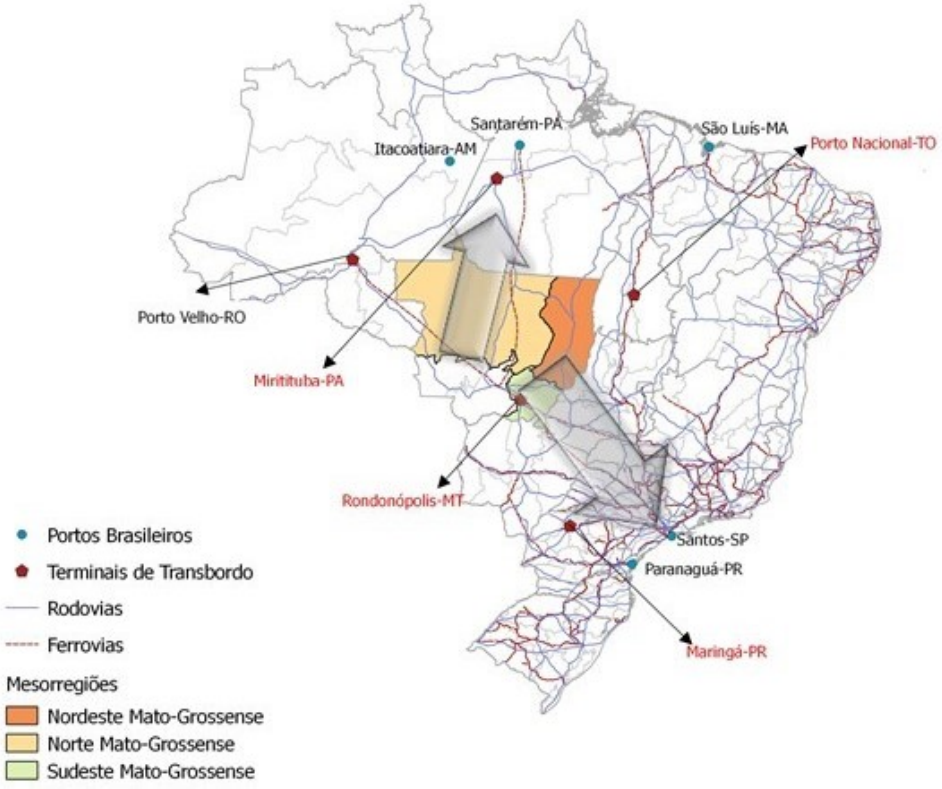

Figura 3. Localização das rotas de transporte com melhor eficiência para dimensão ambiental

Dimensão Social

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

A comparação entre as rotas escolhidas neste trabalho para a dimensão social foi fundamentada nas principais variáveis socioeconômicas que podem ser impactadas em função das diferentes opções de sistema logístico para cada mesorregião estudada.

Como resultado do modelo de eficiência para a dimensão social verificou-se uma predominância de rotas originarias das mesorregiões Norte e Sudeste, ranqueadas entre as 10 primeiras rotas. A rota mais eficiente foi DMU21 com 90% de eficiência final. Esta apresenta intermodalidade com participação de 87% para o rodoviário e 13% hidroviário, utilizando o terminal de transbordo de Miriituba-PA, seguindo o escoamento até o porto de Santarém-PA. Verificou-se também que em razão da disposição das melhores classificadas sob o aspecto social, os fluxos de destinos das DMUs/rotas dividiram-se proporcionalmente entre os portos do Norte/Nordeste e Sul/Sudeste do Brasil. Por outro lado, as rotas da região Nordeste do MT apresentaram os piores índices de eficiência (<22%) em sua grande maioria. O detalhamento dos resultados da eficiência das DMUs/ rotas são apresentadas na

As três rotas de transporte com melhor eficiência na análise da dimensão social foram a DMU21, DMU19 e DMU20, todas com origem nas mesorregiões Sudeste e intermodais (Figura 4. Localização das rotas de transporte com melhor eficiência para dimensão social).

Tabela 5.

As três rotas de transporte com melhor eficiência na análise da dimensão social foram a DMU21, DMU19 e DMU20, todas com origem nas mesorregiões Sudeste e intermodais (Figura 4. Localização das rotas de transporte com melhor eficiência para dimensão social).

Tabela 5. Ranking de eficiência final das DMUs/rotas, modelo dimensão social/PIB ajustado

Mesorregião	DMU	Eficiência	Ineficiência	Eficiência da Fronteira Invertida	Eficiência Final
Sudeste	DMU21	1,000	0,191	0,904	1,000
Sudeste	DMU19	1,000	0,193	0,904	0,999
Sudeste	DMU20	1,000	0,201	0,899	0,995
Norte	DMU7	1,000	0,212	0,894	0,988
Sudeste	DMU18	0,983	0,211	0,886	0,980
Norte	DMU3	0,973	0,230	0,872	0,964
Norte	DMU4	0,945	0,221	0,862	0,953
Norte	DMU1	0,943	0,231	0,856	0,947
Norte	DMU5	0,856	0,224	0,816	0,902
Norte	DMU2	1,000	0,503	0,749	0,828
Norte	DMU6	0,840	0,377	0,732	0,809
Nordeste	DMU17	0,984	0,692	0,646	0,714
Nordeste	DMU12	1,000	0,818	0,591	0,653
Nordeste	DMU9	1,000	1,000	0,500	0,553
Sudeste	DMU16	1,000	1,000	0,500	0,553
Sudeste	DMU15	0,977	1,000	0,489	0,540
Nordeste	DMU11	0,236	0,919	0,158	0,175
Nordeste	DMU10	0,246	0,955	0,145	0,161
Nordeste	DMU13	0,206	0,973	0,117	0,129
Nordeste	DMU8	0,206	1,000	0,103	0,114
Nordeste	DMU14	0,205	1,000	0,102	0,113

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

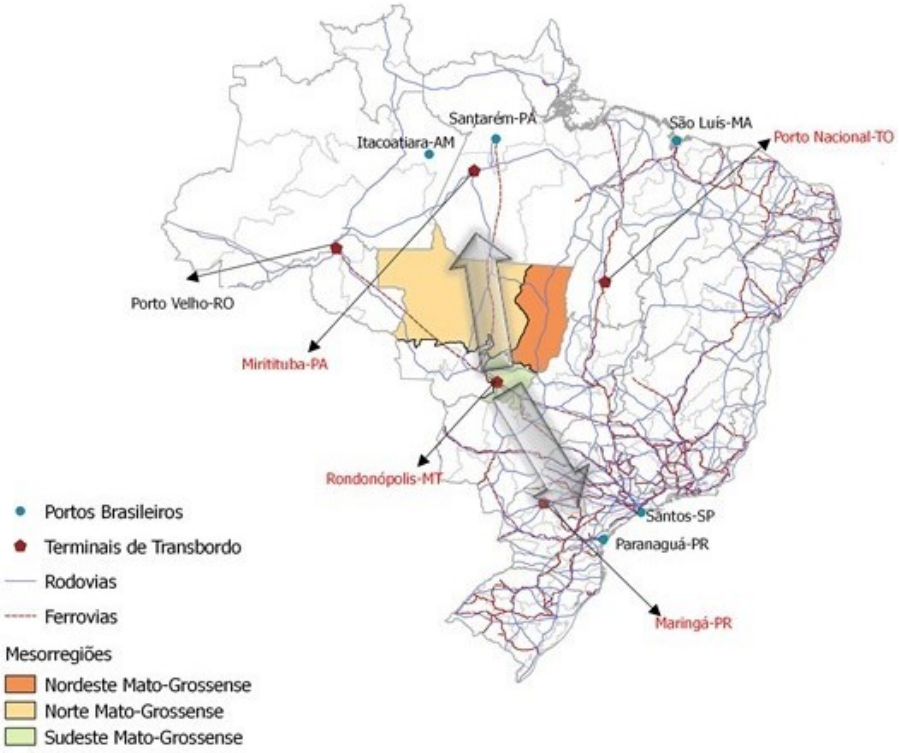

Figura 4. Localização das rotas de transporte com melhor eficiência para dimensão social

A dimensão social, por utilizar variáveis relacionadas ao desenvolvimento das mesorregiões sob aspectos sociais e econômicos, quando ponderado pelo menor custo logístico da dimensão econômica, fez com que as DMUs/rotas de maior eficiência tiveram uma predominância por mesorregiões que apresentam algum tipo de desenvolvimento econômico e social. Como consequência, as DMUs/rotas melhores classificadas na análise foram dominadas pelas mesorregiões Sudeste e Norte.

Os resultados desta dimensão também evidenciam que as rotas mais eficientes foram influenciadas pela predominância da intermodalidade no transporte de soja, muito provavelmente associada a eficiência econômica desta modalidade. Soma-se a isso, o fato que o grande volume de soja produzido na mesorregião Sudeste contribui para uma economia significativa no custo final, favorecendo o reinvestimento deste recurso na própria região.

As rotas da região Norte, também apresentaram índices de eficiências altos em sua maior parte (>95%) entretanto verifica-se um *trade-off*, em que regiões com alto índice de desenvolvimento econômico apresentam altos custos de movimentação para as *commodities* pela falta de rotas alternativas. O cenário contrário promoveria uma economia ainda mais acentuada para a região em relação aos custos logísticos, favorecendo reinvestimento dos recursos na própria comunidade.

As rotas da região Nordeste apresentaram os piores índices de eficiência (<20%) em grande parte das rotas analisadas, possivelmente pelos outros componentes, como PIB e IDHM, exercerem uma influência maior.

Por fim, calculando um índice médio final para as três dimensões consideradas (econômica, ambiental e social) verificamos que a utilização da intermodalidade posicionou as melhores DMUs/rotas (Tabela 6). A rota tradicional de escoamento DMU16 MT-SP (rodoferroviária) continua com melhor eficiência em relação as demais rotas de transporte. Com relação aos destinos das rotas analisadas, a predominância para terminais portuários tradicionais localizados no Sudeste e Sul do país, a exemplo de Santos-SP e Paranaguá-PR. A mesorregião Sudeste destaca-se entre as demais com melhores índices para a eficiência.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Tabela 6. Resultado Média Final, DMUs/rotas

Mesorregião	DMU/rota	Média Final
Sudeste Mato-grossense	DMU 16 MT-SP(rodoferroviária)	0,851
Norte Mato-grossense	DMU6 MT-PA(rodohidroviária)	0,705
Norte Mato-grossense	DMU 2 MT-SP(rodoferroviária)	0,698
Nordeste Mato-grossense	DMU18 MT-PR(rodoferroviária)	0,687
Nordeste Mato-grossense	DMU 9 MT-SP(rodoferroviária)	0,642
Sudeste Mato-grossense	DMU 15 MT-SP(rodoviária)	0,610
Sudeste Mato-grossense	DMU 17 MT-PR(rodoviária)	0,598
Sudeste Mato-grossense	DMU 21 MT-MA(rodoferroviária)	0,592
Sudeste Mato-grossense	DMU 20 MT-PA(rodohidroviária)	0,591
Norte Mato-grossense	DMU 5 MT-AM(rodohidroviária)	0,591
Sudeste Mato-grossense	DMU 19 MT-AM(rodohidroviária)	0,534
Norte Mato-grossense	DMU 4 MT-PR(rodohidroviária)	0,527
Norte Mato-grossense	DMU 1 MT-SP(rodohidroviária)	0,519
Norte Mato-grossense	DMU 3MT-PR(rodoviária)	0,510
Nordeste Mato-grossense	DMU 14 MT-MA(rodoferroviária)	0,490
Nordeste Mato-grossense	DMU 13 MT-PA(rodohidroviária)	0,448
Norte Mato-grossense	DMU 7 MT-MA(rodoferroviária)	0,444
Nordeste Mato-grossense	DMU 8 MT-SP(rodoviária)	0,415
Nordeste Mato-grossense	DMU 11 MT-PR(rodoferroviária)	0,373
Nordeste Mato-grossense	DMU 12 MT-AM(rodohidroviária)	0,364
Nordeste Mato-grossense	DMU 10 MT-PR(rodoviária)	0,355

Conclusões

O presente trabalho permitiu medir e descrever a eficiência das principais rotas utilizadas para exportação da soja do Mato Grosso, bem como identificar os principais fatores limitantes para o escoamento. Um exemplo são as DMUs/rotas localizadas no Norte como limitações de eficiência ambiental e econômica principalmente pela falta de terminais de transbordo próximos aos polos produtores.

Também foi possível uma análise comparativa entre as rotas de sob a ótica da sustentabilidade avaliando a sua eficiência a partir de três dimensões, econômica, social e ambiental.

A rota que apresentou maior índice médio de eficiência considerando as três dimensões foi a DMU16. Esta é uma rota intermodal que parte da região sudeste do Mato Grosso e se diferencia das demais pela proximidade ao terminal de transbordo ferroviário e seguindo por ferrovia até Santos-SP. Ela também apresentaou 100% de eficiência final para as dimensões econômica e ambiental. Quando analisado a dimensão social o modelo prioriza rotas que propiciam maior desenvolvimento econômico, como exemplo, rotas partindo da região Sudeste e Norte Mato-Grossense.

A partir dos resultados obtidos, podemos concluir que rotas as tradicionais de transporte com destino aos portos localizados no Sudeste e Sul do país ainda detém forte influência, entretanto a utilização de rotas alternativas que contemplem modais de transporte com maior capacidade de escoamento, como transporte hidroviário, e a utilização de portos localizados no Arco Norte figuram como uma opção mais promissora e eficiente.

Como conclusão final destra trabalho, fica evidente a necessidade de investimentos em terminais de transbordos próximos as áreas de produção, bem como disponibilidade de modais de transporte alternativos ao rodoviário, para que seja possível exportar a soja por vias intermodais organizadas em eixos estruturantes. Estes investimentos devem ser considerados dentro do planejamento público e/ou privado para todas as mesorregiões.

O planejamento logístico em eixos estruturantes que contemplem projetos intermodais deve permear as discussões das esferas governamentais e devem ser realizadas para atender as necessidades especificas de cada região, trazendo maiores benefícios econômicos não só para os agentes que atuam na cadeia da soja, mas também para o toda a cadeia de abastecimento da região.

Esse redesenho da rede de abastecimento também pode evitar perdas decorrentes do transporte e promover medidas que atendam aspectos associados questões ambientais, como a menor emissão de poluentes, e, ainda, reinvestimento de recursos na comunidade local.

Referências

Agência Nacional de Transportes Aquaviários - ANTAQ. **Estatístico Aquaviário**. 2017 [internet]. Brasília: ANTAQ, 2017. Disponível em: http://web.antaq.gov.br/ANUARIO/. Acesso em: 01 jul. 2017.

Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários - ANTF. **Informações Gerais**. 2017 [internet]. Brasília: ANTF, 2017. Disponível em: https://www.antf.org.br/wp-content/uploads/2017/01/rodrigo_vilaca-antf-menor.pdf. Acesso em: 10 abr. 2017.

Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT. **RNTRC em Números**. 2017 [internet]. Brasília: ANTT, 2017. Disponível em http://portal.antt.gov.br/index.php/content/view/4969/RNTRC_em_Numeros.html. Acesso em: 05 abr. 2017.

ALMEIDA, M. S.; AMARAL, M.; MORABITO, R. Um estudo sobre localização de terminais intermodais na rede de escoamento da soja brasileira. **Production**, v. 26, n. 3, p. 562-580, 2016.

AZAMBUJA, A. M. V., OLIVEIRA, M. S.; LIMA, M. L. P. Análise de desempenho operacional em terminais de contêineres brasileiros. **Journal of Transport Literature**, v. 9, n. 4, p. 25-29, 2015.

AZEVEDO, G. H. I.; ROBOREDO, M. C.; AIZEMBERG, L.; SILVEIRA, J. Q.; MELLO, J. C. C. B. S. Uso de análise envoltória de dados para mensurar eficiência temporal de rodovias federais concessionadas. **Journal of Transport Literature**, v. 6, n. 1, p. 37-56, 2012.

BRASIL. Ministério da Economia. **Comex Stat. Estatísticas do comércio exterior**. 2018 [internet]. Brasília: Ministério da Economia, 2108. Disponível em: http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home. Acesso em: 01 mar. 2019.

CAIXETA-FILHO, J. V. A competitividade do transporte no agribusiness. *In*: CAIXETA FILHO, J.V.; GAMEIRO, A.H. (Org.). **Transporte e logística em sistemas agroindustriais**. São Paulo: Atlas, 2001, p. 11-20.

CHANG, T-S. Best routes selection in international intermodal networks. **Computers & Operations Research**, v. 35, n. 9, p. 2877-2891, 2008.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. European Journal of Operational Research, v.2, n.6, p. 429–444, 1978.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. **Capacidade estática**. 2017. [internet]. Brasília: CONAB, 2017. Disponível em: http://sisdep.conab.gov.br/capacidadeestatica/. Acesso em: 10 abr.2017.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. **Safras**. 2018 [internet]. Brasília: CONAB, 2018. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20. Acesso em: 25 fev. 2019.

Confederação Nacional do Transporte - CNT. **Entraves logísticos ao escoamento de soja e milho**. 2015 [internet]. Brasília: CNT, 2015. Disponível em: http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Pesquisa%202015/entravesaatualizado.pdf. Acesso em: 01 fev. 2017.

Confederação Nacional do Transporte - CNT. **Boletim Estatístico**. 2017 [internet]. Brasília: CNT, 2017. Disponível em:

http://cnt.org.br/Pesquisa> /pesquisa-cnt. Acesso em: 10 fev. 2017.
Confederação Nacional do Transporte - CNT. **Boletim Estatístico**. 2018 [internet]. Brasília: CNT, 2018. Disponível em: http://cnt.org.br/Pesquisa> /pesquisa-cnt. Acesso em: 10 fev. 2019.

CUNHA, J. M. P. Dinâmica migratória e o processo de ocupação do Centro-Oeste brasileiro: o caso de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v.23, n.1, p. 87-107, 2006.

CUNHA, C. B. et al. Estudo comparativo de emissões de gases de efeito estufa em decisões de intermodalidade para logística nos principais corredores de carga do País. *In*: D'AGOSTO, M. A. (Org.). **Transportes em Perspectiva: uma contribuição dos pesquisadores brasileiros para o futuro dos transportes**. 1ed. Rio de Janeiro: ANPET, 2014, v. 1, p. 325-337.

GOLANY, B.; ROLL, Y. An application Procedure for DEA. **Omega**, v. 17, n. 3, p. 237-250, 1989.
FARREL, M. J. The measurement of productivity efficiency. **Journal of the Royal Society of Statistics**, v.120, n.3, p. 253–281, 1957.

FERREIRA, A. L.; TSAI, D. S.; CUNHA, K. B.; CREMER, M. S. **Análise da evolução das emissões de GEE no Brasil (1990-2012): setor de energia**. 2014 [internet]. São Paulo: Observatório do Clima, 2014. Disponível em: http://www.observatoriodoclima.eco.br/analise-da-evolucao-das-emissoes-de-gee-no-brasil-1990-2012-setor-de-energia/. Acesso em: 10 mar. 2017.

FERREIRA, A. L. et al. **Evolução das Emissões de gases de efeito estufa no Brasil (1990-2013**). 2015 [internet]. São Paulo: Observatório do Clima, 2015. Disponível em: http://www.energiaeambiente.org.br/evolucao-das-emissoes-de-gases-de-efeito-estuda-no-brasil-1990-2013. Acesso em: 10 jul. 2017.

HOGAN, D. et al. Um breve perfil ambiental da Região Centro-Oeste. In: HOGAN, D. et al. (Org.). **Migração e ambiente no Centro-Oeste**. Campinas: Núcleo de Estudos de População/UNICAMP/PRONEX, 2002, p. 177-278.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. 2017 [internet]. Rio de Janeiro: IBGE, 2017a. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas. Acesso em:10 abr. 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. 2017 [internet]. Rio de Janeiro: IBGE, 2017b. Disponível em https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5938. Acesso em 10 abr. 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Índice de Gini da renda domiciliar per capita segundo Município**. [internet]. Rio de Janeiro: IBGE, 2017c. Disponível em:< http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/ibge/censo/cnv/ginimt.def>. Acesso em: 10 abr. 2017.
Instituto Mato-Grossense de Economia e Agropecuária - IMEA. **Relatório Mercados**. Soja. Custos de Produção. Soja 2016/2017. 2017 [internet]. Cuiabá: IMEA, 2017. Disponível em: http://www.imea.com.br/imea-site/relatorios-mercado-detalhe?c=4&s=3/>. Acesso em 01 maio. 2017.

KLIMBERG, R. K.; RATICK, S. J. Modeling data envelopment analysis (DEA) efficient location/allocation decisions. **Computers & Operations Research**, v.35, n.2, p. 457-474, 2008.

LETA, F. R.; MELLO, J. C. C. B. S.; GOMES, E. G.; MEZA, L. A. Métodos de melhora de ordenação em DEA aplicados à avaliação estática de tornos mecânicos. **Investigação Operacional**, v. 25, n.2, p. 229-242, 2005.

MILANEZ, A. P.; AZEVEDO, A. T.; OLIVEIRA, A. L. R.; OHISHI, T. Design network model applied to the soybean chain in Brazil: from transportation, warehouse up to exportation. **International Journal of Current Research**, v. 8, n. 7, p. 34885-34893, 2016.

OLIVEIRA, A. L. R.; SILVEIRA, J. M. F. J. Restructuring of the corn supply chain in Brazil:

facing the challenges in logistics or regulation of biotechnology. **The International Food and Agribusiness Management Review**, v. 16, n. 4, p. 1-24, 2013

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**. 1 ed. Brasília: Embrapa, 2014, p. 337-369.

OLIVEIRA, A. L. R.; CICOLIN, L. Evaluating the logistics performance of Brazil?s corn exports: a proposal of indicators. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11 n. 8, p. 693-700, 2016.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD. **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro**. 2013 [internet]. Brasília: PNUD, IPEA, FJP, 2013. Disponível em: http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/library/idh/Atlas/o-idh-brasileiro0.html. Acesso em: 10 jun. 2017.

POMPERMAYER, F. M.; CAMPOS NETO, C. A. S.; PEPINO DE PAULA, J. M. Hidrovias no Brasil: perspectiva histórica, custos e institucionalidade. **Texto para discussão IPEA**. 2014 [internet]. Brasília:

IPEA. Disponível em http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1931.pdf. Acesso em: 01 abr.2017.

SEIFORD, L. M.; THRALL, R. M. Recent developments in DEA: the mathematical programming approach to frontier analysis. **Journal of Econometric**, v. 46, n.1-2, p. 7–38, 1990.
Sistema de Informações de Frete - SIFRECA. **Fretes Soja.** 2016. [internet]. Disponível em: http://sifreca.esalq.usp.br/sifreca/pt/index.php. Acesso em: 05 set. 2017.

YAMADA, Y.; MATUI, T.; SUGIYAMA, M. New analysis of efficiency based on DEA. **Journal of the Operations Research Society of Japan**, v. 37, n. 2, p. 158-67, 1994.