

Análise de modelo intermodal para escoamento da produção da soja no centro oeste brasileiro

[Analysis of an intermodal model for the outlet of the soy production at the Brazilian Midwest]

Michael Pinheiro da Silva, Lino Guimarães Marujo*

Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET/RJ), Brazil, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brazil

Submitted 30 Aug 2011; received in revised form 26 Jan 2012; accepted 30 Jan 2012

Resumo

Assumindo como premissa a integração com outro modal de transporte e como origem a cidade de Sorriso, maior produtora de soja do estado do MT, o modelo matemático de minimização de custo de transporte intermodal origem-destino, foi aplicado. Para tal, utilizou-se o software de otimização GUSEK, que permite a solução de modelos de Programação Linear e Programação Linear Inteira Mista. Seis rotas intermodais foram encontradas e o número de viagens para os portos de destino foram: Santos – SP (26.277.800 viagens/ano - modais: Rodoviário - Ferroviário), Paranaguá – PR (4.865.560 viagens/ano – modais: Rodoviário - Ferroviário), São Francisco do Sul – SC (8.278.890 viagens/ano – modais: Rodoviário - Ferroviário), Vitória – ES (4.062.220 viagens/ano – modais: Rodoviário - Ferroviário), Manaus – AM (7.990.830 viagens/ano – modais: Rodoviário - Hidroviário) e São Luiz – MA (226.667 viagens/ano – modais: Rodoviário - Ferroviário).

Palavras-Chave: transporte intermodal; logística; soja; transporte; modelo matemático.

Abstract

Assuming as a premise the integration with another transportation mode, and assuming the city of Sorriso, the greatest soy manufacturer of the State of MT as the origin, the intermodal mathematic model of minimization of origin-destination transportation cost was applied. For such, the optimization software GUSEK was used, which allows the solution of models of Linear Programming or Mixed Integer Linear Programming. Six intermodal routes were found and the number of voyages for the destination ports were: Santos – SP (26.277.800 voyages/year - modes: Road - Railway), Paranaguá – PR (4.865.560 voyages/year- modes: Road - Railway), São Francisco do Sul – SC (8.278.890 voyages/year- modes: Road - Railway), Vitória – ES (4.062.220 voyages/year – modes: Road - Railway), Manaus – AM (7.990.830 voyages/year – modes: Road - Waterway) e São Luiz – MA (226.667 voyages/year – modes: Road - Railway).

Key words: intermodal transport; logistics; soybean; transportation; mathematical model.

* Corresponding Author. Email: lgmarujo@ufrj.br.

Recommended Citation

Silva, M. P. and Marujo, L. G. (2012) Análise de modelo intermodal para escoamento da produção da soja no centro oeste brasileiro. Journal of Transport Literature, vol. 6, n. 3, pp. 90-106.

■ JTL|RELIT is a fully electronic, peer-reviewed, open access, international journal focused on emerging transport markets and published by BPTS - Brazilian Transport Planning Society. Website www.transport-literature.org. ISSN 2238-1031.

This paper is downloadable at www.transport-literature.org/open-access.

1. Introdução

Segundo CAMARA (1996), a soja foi introduzida no Brasil em 1808, através dos imigrantes japoneses, porém não obteve muita aceitação. O primeiro registro efetivo de cultivo do grão só foi realizado muitos anos depois, no ano de 1914 no município de Santa Rosa (RS). A preferência pela região é devido à semelhança do ecossistema do sul do Brasil com aquele predominante no sul dos EUA favorecendo o êxito na transferência e adoção de variedades e outras tecnologias de produção. Na década de 70, a soja se consolidou como a principal cultura do agronegócio brasileiro, passando de 1,5 milhões de toneladas (1970) para mais de 15 milhões de toneladas (1979). Esse crescimento se deveu, não apenas ao aumento da área cultivada (1,3 para 8,8 milhões de hectares), mas, também, ao expressivo incremento da produtividade (1,14 para 1,73 ton/ha).

A proposta básica desse trabalho é apresentar o cenário atual da rede logística utilizada para o escoamento da produção de soja da região Centro-Oeste e aplicar um modelo matemático de minimização de custos e perdas ocorridas durante o transporte, desde a colheita até os portos utilizados para a exportação desses grãos.

Foram consultados modelos matemáticos de otimização e o escolhido foi o elaborado pelos professores Raad Yahya Qassim e Lino Guimarães Marujo. Já para realização da modelagem foi utilizado o software GUSEK (GLPK Under Scite Extended Kit) versão 0.2.

O trabalho está dividido do seguinte modo: na Seção 1, foi abordada uma breve introdução sobre a expansão da produção da soja e a importância da logística de transporte na composição do preço final do produto. Na seção 2, a produção e o crescimento da cultura da soja no Brasil serão abordados. Na seção 3, os tipos de modais utilizados no Brasil e o seu cenário atual. Na seção 4, o modelo matemático desenvolvido será especificado e o método utilizado para a aplicação do modelo para fins de estimativa de demanda de carga será detalhado. Os resultados e discussões sobre os resultados gerados pelo modelo serão apresentados na Seção 5, e por fim, a Sessão Conclusões reunirá as principais considerações sobre o método e realçará as recomendações decorrentes da análise dos resultados.

2. O complexo da soja brasileira

A produção de soja no ano de 2010, foi de aproximadamente 62 milhões de toneladas, segundo a Assessoria de Gestão Estratégica do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estudos realizados pela assessoria apontam um crescimento da produção brasileira a uma taxa anual de 2,15%, taxa esta superior ao estimado para crescimento mundial que é de 1,97%.

2.1 A produção e o transporte da soja no centro-oeste

A região Centro–Oeste é a mais importante região exportadora de grãos do Brasil. O volume produzido chega a 24,7 milhões de toneladas, sendo o Estado de Mato Grosso responsável por aproximadamente 45% desse total. Neste sentido, o PIB do estado de Mato Grosso que era na ordem de R\$ 20,9 milhões em 2002, já no ano de 2005 ultrapassou R\$ 37,5 milhões. Esse aumento se deve principalmente a crescente produção de soja no estado.

Em contra partida ao desenvolvimento econômico, a expansão da soja vem provocando o desmatamento de áreas de reserva legal e proteção permanente, como também o uso intenso de agrotóxicos na busca de maior produtividade. Tais fatores geram grandes impactos ambientais na região.

3. Os modais de transporte brasileiro

Os problemas com transporte fazem com que o Brasil desperdice bilhões de reais, devido a acidentes, aos roubos de cargas, ineficiências operacionais e energéticas. Ainda faltam contêineres, há enormes gastos no deslocamento da produção e, sobretudo existe ainda a sobrecarga do modal rodoviário.

Nas últimas décadas houve um baixo investimento em infraestrutura de transportes. As ações de melhorias se limitavam em ações do tipo “tapa buraco” e não no sentido de ampliar as malhas existentes.

3.1 Modal ferroviário

O modal ferroviário se apresenta como o segundo modal mais utilizado no Brasil para o transporte de cargas. A malha ferroviária brasileira possui aproximadamente 28,5 mil quilômetros e transporta cerca de 460 milhões de toneladas úteis por ano. No entanto, é considerada pequena quando comparado a proporção territorial, as características geográficas e aos países desenvolvidos, como Estados Unidos e Europa.

As malhas ferroviárias, antes das privatizações, contribuíam com aproximadamente 20% da matriz de transporte. O Plano de desestatização não resolveu as deficiências do modal: as viagens são curtas, as velocidades são baixas e a integração com outros modais é discreta.

Segundo o BNDES, as concessionárias entre 1996 e 2009 investiram cerca de R\$ 20,96 bilhões, enquanto o governo federal investiu R\$ 1,14 bilhões. De acordo com o Banco, o setor ferroviário deverá contar com investimentos oriundos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) na ordem de R\$ 29 bilhões até o ano de 2013, proporcionando um crescimento de cerca de 6,5 mil quilômetros passando a malha a ter um total de 35 mil quilômetros, o que possibilitará o transporte de 600 milhões de toneladas úteis por ano.

Já Branco, J. E. H. & Caixeta Filho, J. V. (2011) informam que o fluxo de cargas pelas ferrovias vem apresentando altas taxas de crescimento, o que demonstra que as ações e investimentos no setor estão possibilitando uma maior participação do modal na matriz de transporte de cargas brasileiro.

3.2 Modal rodoviário

O transporte de carga no Brasil é tipicamente rodoviário. De acordo com uma pesquisa realizada pela CEL/COPPEAD no ano de 2007, em média 88,3% das grandes empresas transporta suas cargas por rodovias. Do total das empresas participantes, um terço relata utilizar somente o modal rodoviário na movimentação de suas cargas, 6% das entrevistadas apontam utilizar predominantemente outros modais e as demais afirmam que utilizam mais de um meio de transporte para escoar sua produção, apesar da prevalência das rodoviárias.

Decorrentes a má condição das estradas, os produtores somam grandes prejuízos durante do transporte da commodity. Das 17 milhões de toneladas de soja que o Mato Grosso produz

anualmente, estima-se que cerca de 0,3% se perdem, ou seja, 51 mil toneladas do grão ficam às margens das rodovias. Sem dúvidas esse valor poderia ser bastante reduzido caso houvesse uma melhor infraestrutura das vias e as estradas estivessem em bom estado de conservação.

3.3 Modal aquaviário e o sistema portuário brasileiro

O modal aquaviário brasileiro se apresenta como o terceiro modal mais utilizado para o transporte de cargas. No total, possui oito bacias, o que representa 48 mil quilômetros de rios navegáveis com 16 hidrovias e 20 portos fluviais. A sua utilização até o ano de 2005 representava 13% da matriz de transportes do Brasil, volume esse que através do Plano Nacional de Logística e Transportes, elaborado pela parceria entre os Ministérios de Transporte e o de Defesa, deverá até 2025 passar a representar 29% desta matriz.

A utilização do modal aquaviário também se apresenta como um modelo com maior sustentabilidade ambiental. Segundo estudos realizados pela ANTAQ, ao se movimentar 42 milhões de toneladas a mais pelas hidrovias é possível reduzir em 56% as emissões de CO₂ quando comparado ao transporte deste mesmo volume por caminhões em rodovias.

4. Programação matemática de transporte intermodal

4.1 Definição

A movimentação de carga utilizando dois ou mais modos de transporte consiste no transporte intermodal. As principais vantagens da intermodalidade estão no melhor aproveitamento da infraestrutura das redes, na redução de custos e do consumo energético e no tráfego.

Com o objetivo de obter as vantagens expostas acima para o escoamento de grãos, o modelo de programação matemática para o transporte intermodal foi formulado. O modelo permite que o usuário defina o número de locais de origem, de locais de destino e de locais intermediários. A capacidade de produção e de fornecimento de locais de origem é infinita, uma vez que a demanda nos locais de destino é suficientemente inferior a essa capacidade.

Há três formas possíveis de transporte, rodoviário, ferroviário e hidroviário, entre cada origem e local intermediário, assim como entre cada local intermediário e cada porto de destino. Para

cada forma de transporte, se habilita o número máximo de frequência que podem ser aplicadas e para não haver a possibilidade de um dos meios de transporte ser utilizado entre dois locais quaisquer, deverá entrar com uma frequência nula.

Para cada modo, em cada conexão, deverá ser fornecido o custo do transporte, ou seja, há um custo unitário $A_{i,j,m}$ de transporte da origem i ao local intermediário j no modo m , e um custo unitário $B_{j,k,m}$ de transporte do local intermediário j ao porto de destino k no modo m .

Após a elaboração da matriz de custos, será possível utilizar esses dados no modelo que será apresentado a seguir e obter como resposta os modos de transportes que devem ser utilizados em cada conexão, bem como a quantidade de carga que deve ser transportada por esse meio e a frequência que deve ser utilizada.

4.2 Formulação do modelo de programação matemática

A fim de restringir o problema para com seus aspectos essenciais, faz-se necessária as seguintes simplificações:

- 1 – A unidade de transporte em uma conexão é o modo – conhecido e dependente, incluindo todos os custos de carregamento, estocagem e descarregamento.
- 2 – O suprimento em locais de origem é infinito, ou seja, superior a demanda.
- 3 – A capacidade de estocagem de carga em locais intermediários é conhecida e finita
- 4 – O tamanho da frota e sua capacidade em uma conexão são conhecidos
- 5 – A demanda de carga em todos os portos é conhecida.

A partir das simplificações acima, segue abaixo as notações do problema:

- **Premissas:**

Para maior sucesso do trabalho, as seguintes premissas tiveram que ser assumidas:

- 1 – Os modais de transportes considerados serão: Rodoviário, Ferroviário e Hidroviário.

2 – O local de origem será fixado como sendo a cidade de Sorriso, visto que é a cidade com maior volume de produção de soja do Mato Grosso.

3 – O modal utilizado da cidade origem (Sorriso) até os pontos de transbordo será sempre rodoviário, visto que não há outra possibilidade.

4 – O modal utilizado dos pontos de transbordo até os portos de destino será necessariamente ferroviário ou hidroviário, para caracterizar intermodalidade.

5 – As cidades escolhidas como ponto intermediário e de transbordo, foram aquelas com capacidade de armazenagem e com possibilidade de realizar uma conexão intermodal.

6 – Os portos tidos como locais de destino foram aqueles com volume considerável de exportação de soja.

7 – Entre a cidade de Sorriso e o porto de destino haverá sempre um único ponto de transbordo.

8 – Nem todos os dados a serem utilizados são referentes ao ano de 2009/2010, no entanto, foram os dados mais recentes encontrados.

9 – Foram considerados os volumes transportados por unidade de serviço: 37 toneladas para o modal rodoviário, 90 toneladas para o modal ferroviário e 120 toneladas para o modal hidroviário.

• **Definições:**

L – Grupo de fazendas de produção (ou locais) de origem;

J – Grupo de locais intermediários;

K – Grupo de portos;

M – Grupo de modos de transporte – rodoviário, ferroviário e hidroviário;

i – Índice para local de origem da carga (ou fazendas de produção), $i \in L$;

j – Índice para cada local intermediário, $j \in J$;

k – Índice para porto de destino, $k \in K$;

m – Índice para modo de transporte, $m \in M$;

- **Variáveis de decisão**

$A_{i,j,m}$ – Custo por unidade de transporte na conexão (i,j) utilizando modo m ;

$B_{j,k,m}$ – Custo por unidade de transporte na conexão (j,k) utilizando modo m ;

$C_{i,j,m}$ – Capacidade máxima da unidade de serviço da conexão (i,j) utilizando modo m ;

$D_{j,k,m}$ – Capacidade máxima da unidade de serviço da conexão (j,k) utilizando modo m ;

E_j – Capacidade de estocagem do local intermediário j ;

$R_{i,j,m}$ – Quantidade de grãos transferidos por unidade na conexão (i,j) utilizando modo m ;

$S_{j,k,m}$ – Quantidade de grãos transferidos por unidade na conexão (j,k) utilizando modo m ;

F_k – Demanda no porto de destino k ;

- **Objetivo**

O objetivo é encontra as seguintes frequências:

$P_{i,j,m}$ – Frequência de serviço na conexão (i,j) utilizando modo m ;

$Q_{j,k,m}$ – Frequência de serviço na conexão (j,k) utilizando modo m ;

- **Função objetivo**

A função objetivo descreve os custos com transporte que devem ser minimizados, considerando as variáveis de decisão descritas acima e está explicitada da seguinte forma:

$$\sum_{m \in M} \left(\sum_{i \in L} \sum_{j \in J} A_{i,j,m} * P_{j,m} * R_{j \in J} + \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} B_{j,k,m} * Q_{j,k,m} * S_{j,k,m} \right) \quad (1)$$

- **Restrições do problema**

A restrição (2) garante que a capacidade de estocagem de locais intermediários não seja ultrapassada. A restrição (3) assegura que o suprimento da demanda nos portos de destino. A restrição (4) garante que seja transportada carga suficiente a partir dos locais de origem. As restrições (5) e (6) designam os limites da capacidade das frotas. A restrição (7) indica que o serviço de frequência é um número inteiro.

$$\sum_{m \in M} \left(\sum_{i \in I} P_{i,j,m} * R_{i,j,m} - \sum_{k \in K} Q_{j,k,m} * S_{j,k,m} \right) \leq E_j, \forall j \in J \quad (2)$$

$$\sum_{m \in M} \left(\sum_{j \in J} Q_{j,k,m} * S_{j,k,m} \right) \leq F_k, \forall k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{m \in M} \left(\sum_{j \in J} R_{i,j,m} * P_{i,j,m} \right) \geq \sum_k F_k, \forall k \in K \quad (4)$$

$$0 \leq R \leq C_{i,j,m}, \forall i \in I; \forall j \in J; \forall m \in M \quad (5)$$

$$0 \leq S \leq D_{j,k,m}, \forall j \in J; \forall k \in K; \forall m \in M \quad (6)$$

$$P_{i,j,m}, Q_{j,k,m} \in \{1, 2, \dots, \text{inteiro}\} \forall i \in I; \forall j \in J; \forall m \in M \quad (7)$$

4.3 Aplicação do modelo

A fim de encontrar melhor maneira de escoar a produção de soja do estado do Mato Grosso, será considerada apenas uma cidade de origem, com destino final para todos os portos Brasileiros os quais tenham volume de exportação significativa. Para cada destino haverá apenas uma opção de caminho, passando sempre por um ponto de transbordo para realizar a troca de modal.

A cidade escolhida como ponto de origem foi a cidade de Sorriso devido ao grande volume de soja produzido anualmente. Para os pontos de transbordo foram selecionadas cidades com capacidade de armazenagem para comportar o elevado volume de soja e que com possibilidade de realizar uma conexão intermodal para algum porto de exportação. As cidades

utilizadas no modelo são: de Alto Araguaia (MT), Londrina (PR), Araguari (MG), Porto Velho (RO) e Porto Franco (MA). Tais pontos de transbordo possibilitam o escoamento da produção de soja para todos os principais portos do país; Santos (SP), Paranaguá (PR), Manaus (AM), São Francisco do Sul (SC), Vitória (ES) e São Luis (MA).

O modelo matemático não é linear em sua essência. Com o objetivo de torná-lo linear, foram determinados valores para as variáveis R e S.

Para resolução do modelo, primeiramente foi necessária a elaboração das seguintes tabelas: Tabela 1 que representa os custos por unidade de transporte, Tabela 2 que demonstra o volume exportado por porto de destino, Tabela 3 que apresenta o volume transportado por unidade de serviço e por fim a Tabela 4 que informa a capacidade de estocagem nos locais de transbordo.

Tabela 1 – Custo por unidade de transporte (Fonte: Guia Quatro Rodas)

Origem	Destino	Modal	Custo por tonelada (R\$)
Sorriso	Alto Araguaia	Rodoviário	68,83
Sorriso	Londrina	Rodoviário	128,63
Sorriso	Araguari	Rodoviário	111,28
Sorriso	Porto Velho	Rodoviário	113,84
Sorriso	Porto Franco	Rodoviário	129,97
Sorriso	Santos	Ferrovário	106,32
Sorriso	Paranaguá	Ferrovário	33,65
Sorriso	São Francisco do Sul	Ferrovário	39,23
Sorriso	Vitória	Ferrovário	68,76
Sorriso	Manaus	Hidroviário	45,79
Sorriso	São Luis	Ferrovário	37,69

Tabela 2 – Volume de exportação por porto (Fonte: Brasil 2004)

Porto de destino	Volume exportado (Tonelada)
Santos	2.365.000
Paranaguá	437.900
São Francisco do Sul	745.100
Vitória	365.600
Manaus	958.900
São Luis	20.400

Tabela 3 – Volume transportado por unidade de transporte

Modal	Volume transportado por unidade de serviço (Tonelada)
Rodoviário	37
Ferrovário	90
Hidroviário	120

Tabela 4 – Capacidade de estocagem (Fonte: Ferrari.R. 2006)

Ponto de transbordo	Capacidade de Estocagem (Tonelada)
Alto Araguaia	35.000
Londrina	15.000
Araguari	9.000
Porto Velho	60.000
Porto Franco	63.350

De posse dos dados acima, o modelo foi programado no software de otimização GUSEK (GLPK Under Sciet Extended Kit) que consiste em uma interface de desenvolvimento para modelos de Programação Linear (LP) e Programação Linear Inteira Mista (PLIM).

Como o objetivo é minimizar a “função objetivo”, equação (1). Fez-se necessário utilizar a regra do “M” grande nos seguintes casos:

Fez-se necessário utilizar a regra do “M grande” nos seguintes casos:

- Quando não havia a opção de utilização de determinado modal de transporte.
- Quando não havia custo de transporte para determinada conexão.
- Quando não havia restrição de capacidade máxima da unidade de serviço na conexão.
- Quando não havia restrição no volume de grãos transportados por unidade de serviço.

5. Resultados

A partir do modelo, dos dados e das parametrizações realizadas conforme exposto acima, foi possível determinar o valor mínimo da função objetivo e a frequência de utilização dos modais em cada um dos trechos.

Vale ressaltar que o resultado encontrado é referente aos trechos que liga os pontos de transbordo e os portos de destino, visto que todo o transporte até os pontos intermediários é feito através do modal rodoviário e não há restrição de volume a ser transportado.

5.1 Rota 1

A opção de transporte entre a cidade de Sorriso e o porto de Santos se dá no primeiro trecho com a utilização das rodovias MT – 140 e BR – 364, viagem com duração aproximada de 11 horas. Na cidade de Alto Araguaia ocorre o transbordo da carga para a ferrovia Rubinéia-Cuiabá, esta sob concessão da Ferronorte, seguindo a partir da cidade de Rubinéia – SP pela EF – 364 cuja concessão é da América Logística. O tempo total da viagem entre o trecho Alto

Araguaia e o porto de Santos é de aproximadamente 100 horas. O modelo mostrou que a frequência de utilização desta ferrovia, para uma limitação de 90 toneladas por viagem é de 26.277.800 viagens por ano. Vale ressaltar que essa capacidade é referente a carga média transportada por um vagão de trem, ou seja, é necessário transportar 26.277.800 vagões por ano.

5.2 Rota 2

A Rota 2, leva a soja a partir da cidade de Sorriso para o porto de Paranaguá - PR, segue através do modal rodoviário até a cidade de Londrina - PR, utiliza a 1.677 Km da rodovia BR - 158, trecho este com duração aproximada de 24 horas. Em Londrina - PR a soja é transbordada para a EF - 369, na cidade de Apucarana - PR segue pela EF - 481 até Ponta Grossa - PR, onde passa para EF - 116 até a cidade paranaense de Eng. Bley, seguindo finalmente pela EF - 277 até o porto de Paranaguá - PR. O resultado obtido para o trecho Londrina/Paranaguá é muito inferior ao obtido para o trecho Alto Araguaia/Santos. De acordo com o modelo, a frequência ideal para transporte de grãos de soja nesse trajeto é de 4.865.560 viagens/ano.

5.3 Rota 3

Assim como na Rota 2, a soja chega a Londrina - PR através da BR - 158, as ferrovias utilizadas são as mesmas até a cidade Eng Bley, onde para alcançar o porto de São Francisco do Sul - SC a soja segue pela EF - 116 até a cidade de Mafra - SC, a partir desta cidade a soja segue pela ferrovia EF - 485. O resultado obtido também é referente a quantidade de viagens de trens, cuja capacidade máxima de transporte por viagem é de 90 toneladas. Para otimizar a distribuição de soja até os portos. Nesse caso a frequência encontrada é de 8.278.890 viagens/ano.

5.4 Rota 4

Para chegar ao terminal de transbordo de Araguari - MG, a soja, oriunda da cidade de Sorriso - MT, deverá seguir através do modal rodoviário, utilizando um percurso de 1.371 Km da BR - 364, percurso este com duração média de 18 horas. O transbordo na cidade de Araguari-MG se dá para a EF - 045, vesta que leva a produção até a cidade de Garças de Minas - MG, nesta

cidade a soja segue para o porto de vitória através da EF – 262. Entre a cidade de Araguari e o porto de Vitória, a frequência é similar à encontrada entre a cidade de Londrina e o porto de Paranaguá, 4.062.220 viagens/ano.

5.5 Rota 5

A soja que percorre a rota 5, segue a partir da cidade de Sorriso – MT 1.456 Km da BR – 364, tal trajeto é realizado em aproximadamente 20 horas. No trecho que liga a cidade de Porto Velho com o porto de Manaus, é utilizado o transporte hidroviário, utilizando a hidrovia do rio madeira. O transporte de grãos no trecho dura em média quatro dias para ser realizado. Nesse caso, a frequência encontrada é referente à viagem de uma embarcação com capacidade média de 120 toneladas cada. De acordo com o resultado obtido, a melhor frequência para escoar soja através do porto de Manaus, tendo como ponto de transbordo a cidade de Porto Velho, seria de 7.990.830 balsas/ano.

5.6 Rota 6

A última rota analisada é a que leva a soja de Sorriso – MT até o porto de São Luis - MA. A soja é transportada até a cidade maranhense de Porto Franco utilizando 1.630 Km da BR – 158, viagem esta com duração aproximada de 21 horas. Ao chegar à cidade de Porto Franco – MA a soja sofre o transbordo para a EF – 150 e posteriormente segue pela EF – 370. De acordo com o resultado obtido pelo modelo, a melhor frequência para transportar a produção de soja da cidade de Porto Franco até o porto de São Luis é de 226.667 Viagens/ano.

Após a aplicação do modelo e análise das seis rotas encontradas, foi possível comparar a utilização atual dos portos para a escoação da produção de soja brasileira, com a frequência ideal fornecida pelo modelo, conforme exposto na Tabela 5. Vale lembrar que a frequência encontrada pelo modelo está limitada a produção da cidade de Sorriso.

Tabela 5 – Utilização dos portos atual e a utilização encontrada

Porto	Utilização Atual	Utilização encontrada
Paranaguá	29,1%	8,9%
Santos	26,6%	48,3%
Tubarão	10,4%	7,5%
São Francisco do Sul	5,2%	15,2%
Rio Grande	12,7%	-
Manaus	-	19,6%
São Luis	-	0,4%
Demais portos	16,0%	-

Conclusão

O principal modal utilizado para escoamento da soja do estado do Mato Grosso é o rodoviário, responsável por, em média, 80% de todo o transporte. No entanto, a concentração do escoamento da soja, devido as suas características, deveria ser nos modais ferroviários e hidroviários, visto que os mesmos são os mais indicados para o deslocamento de longa distância de cargas com grande volume e baixo valor agregado. Por este motivo a soja produzida na região de Mato-Grosso possui uma margem de lucratividade muito inferior se comparado a outras regiões como Paraná por exemplo.

O modal ferroviário e o hidroviário além de possuir um custo por quilômetro transportado muito menor do que cobrado pelo modal rodoviário, emite menores taxas de gases poluentes na atmosfera. Ou seja, tais modais são mais econômicos financeiramente e ambientalmente. Porém, esses transportes não possuem grande capilaridade no Brasil, portanto, para se obter maior eficiência e otimização da infraestrutura, esses modos precisam ser abastecidos por outro que possua maior capilaridade.

O escoamento da soja brasileira, através dos modais hidroviário e ferroviário, sofre além dos problemas relacionados a infraestrutura, com o problema da concorrência com os produtos de maior valor agregado, produtos estes que oferecem maiores receitas para os transportadores e, conseqüentemente, possuem prioridade de transporte.

Estudos realizados pela sociedade brasileira de economia administração e sociologia rural apontam que os terminais multimodais operam geralmente abaixo das suas capacidades instaladas, fato esse que ocorre devido principalmente às restrições de disponibilidade e capacidades dos modais. Portanto, há grandes oportunidades de melhorias caso a opção de intermodalidade seja melhor explorada dentro do país.

Essa possibilidade de crescimento já foi percebida pelos responsáveis do setor e os investimentos relacionados a ações de infraestrutura sofreram aumentos nos últimos anos. Um exemplo é o Programa Brasil em Ação que executou uma série de projetos que possibilitaram o desenvolvimento de alternativas de transportes com mais de um modal. Os embarcadores também investiram nos terminais portuários e algumas empresas de transportes já estão tornando-se capazes de oferecer outras atividades integradas ao serviço desejado, tais como armazenagem, transporte multimodal, movimentações em terminais, acompanhamento da carga, entre outras, ao invés de oferecer apenas um único serviço de transporte.

A realização do trabalho possibilitou a análise do custo total da utilização das rotas para o escoamento da soja a partir da cidade de Sorriso, bem como a frequência de utilização dos modais. Este trabalho limitou-se a análise do escoamento da produção a partir da cidade de Sorriso e foi adotada a premissa da obrigatoriedade de integração com outro modal de transporte, porém o modelo possibilita sua adoção para uma análise global da produção. Sendo assim, sugerimos a utilização do modelo, em trabalhos futuros, com outros cenários.

Referências

- AGE – Assessoria de gestão estratégica. Projeções do Agro Negócio Brasil 2008/2009 a 2018/2019, Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.fag.edu.br/professores/voliveira/PROJECOES_AGRONEGOCIO%20BRASIL%202008-2019.pdf> Acesso em: 06 de Outubro de 2010.
- Branco, J. E. H. e Caixeta Filho, J. V. (2011) Estimativa da demanda de carga captável pela estrada de ferro Norte-Sul. *Journal of Transport Literature*, vol. 5, n. 4, pp. 17-50.
- CÂMARA, G. M. S. A Cultura da Soja. Piracicaba: ESALQ/USP, 1996.
- CENTRO DE ESTUDOS EM LOGÍSTICA – CEL/COPPEAD. Panorama Logístico – Gestão do Transporte Rodoviário de Cargas nas Empresas - Práticas e Tendências, 2007.
- FERRARI, R. C.. Utilização de modelo matemático para instalação de unidades armazenadoras de soja no Estado de Mato Grosso. Dissertação M. SC., Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, Brasil, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-19042006-142508/pt-br.php>>. Acesso em: 10 de Outubro de 2010.
- GUIA QUATRO RODAS – Consulta a página institucional. Disponível em: <<http://viajeaqui.abril.com.br/guia4rodas/>>. Acesso em: 03 de Outubro de 2010.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Contas Regionais de participação no PIB dos estados (2002–2005). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1039>. Acesso em: 03 de Novembro de 2010.
- PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTES, Sumário executivo 2009. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/PNLT/Sumario_Executivo.pdf>. Acesso em: 05/10/2010.
- QASSIM, R.Y.; MARUJO, L.G. Projeto CNPQ 2010: Otimização de Redes Intermodais de Transportes.