

REDE DE FLUXO DE CUSTO MÍNIMO PARA A SOJA DESTINADA AO PROCESSAMENTO NO CENTRO-SUDESTE BRASILEIRO

Nathane Eva Santos Peixoto
Universidade Federal de Uberlândia
nathaneeva@hotmail.com

Kleber Carlos Ribeiro Pinto
Universidade Federal de Uberlândia
kleber@ufu.br

RESUMO

Este texto simula situações de logística da soja brasileira entre as áreas de produção e processamento do Vetor Centro-Sudeste e identifica a rede de fluxo de custo mínimo. São consideradas as possibilidades de transporte rodoviário em uma rede de 37 fontes, 20 destinos e sete nós intermediários. Os modelos matemáticos, escritos na forma de problemas de programação linear foram resolvidos através da linguagem de modelagem GAMS. Os resultados indicaram que a rede de pontos de transbordo com Alto Araguaia (MT), Dourados (MS), Ipameri (GO), Rondonópolis (MT) e Uberlândia (MG), em comparação com o transporte direto entre as regiões de produção e processamento, teria o custo total reduzido em 6% e tendo Alto Araguaia, Dourados e Uberlândia como pontos de transbordo, a redução seria de 7,5%.

Palavras-chave: Custo logístico da soja, Programação Linear, Vetor Centro-Sudeste.

ABSTRACT

This text simulates situations for logistics the Brazilian soybean between the production and processing areas of the Middle-Southeast Vector and identifies the network flow minimum cost. Are considered the possibilities of road transport in a network of 37 sources, 20 destinations and seven intermediate nodes. The mathematical models, written in the form of linear programming problems were solved through the GAMS modeling language. The results indicated that the network with transshipment points with Alto Araguaia (MT), Dourados (MS), Ipameri (GO), Rondonópolis (MT) and Uberlândia (MG), compared with the direct transport between the regions of production and processing, the total cost would be reduced by 6% and taking Alto Araguaia, Dourados and Uberlândia as transshipment points, the reduction would be 7.5%.

Keywords: Cost logistic soy, Linear Programming, Vector Center – Southeast.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta três modelos de rede de fluxo da soja entre as áreas produtoras e as processadoras do Vetor Logístico Centro-Sudeste do Plano Nacional de Logística do Ministério dos Transportes – PNLT. Este Vetor contempla os Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, as regiões do Triângulo e Sudoeste de Minas Gerais, o Sul de Goiás, o Sul do Mato Grosso e o Norte do Paraná. São 37 áreas produtoras, 20 cidades processadoras e sete possíveis pontos de transbordo.

Três modelos matemáticos de Programação linear foram escritos e resolvidos com o uso da Linguagem de Modelagem GAMS: o modelo de transporte e dois modelos de transbordo. Para o primeiro, o grão seria transportado diretamente entre os pontos de origem e destino e para os outros dois, haveria a inclusão de pontos de transbordo.

Quanto aos dois últimos modelos, o primeiro admite concomitantemente o transporte direto e a passagem do grão por pelo menos dois pontos de transbordo e o segundo por pelo menos um destes pontos. Um ponto de transbordo é local de consolidação ou desconsolidação de cargas e sempre que dele originar viagens há possibilidade de desconto no frete em relação ao transporte direto, pois viabiliza o uso de veículos de maior capacidade do que os que percorrem as áreas de colheita, portanto com custo de transporte por tonelada deslocada em um quilômetro menor.

O texto apresenta inicialmente uma breve evolução da produção de soja e seus derivados no Brasil, mostra a importância do transporte rodoviário na logística nacional e delinea a Programação Linear como um instrumento de apoio à decisão. Em seguida, apresenta o Vetor Centro-Sudeste, os procedimentos de pesquisa e os modelos matemáticos utilizados. Finalmente trata da análise dos resultados obtidos, das conclusões e das limitações da pesquisa.

2. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DA SOJA E SEUS DERIVADOS NO BRASIL

Geograficamente, a produção do grão concentrou primeiramente nos estados da Região Sul (Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina) e posteriormente expandiu para a região central do Brasil, principalmente nos estados de Goiás, Mato Grosso, sul da Bahia e oeste de Minas Gerais (MAZZALI, 2000).

A produção de soja no Brasil sofreu um “boom” entre os anos de 1965 e 1980, passando de 1,4% para 16% da produção mundial. Em 1985, mais de 10 milhões de hectares produziram 18 milhões de toneladas (Bertrand; Laurent; Leclercq, 1987). Em 2010 foram 23,5 milhões de hectares plantados que produziram 68,3 milhões de toneladas de grãos (IBGE, 2010; IBGE, 2011). O ganho de produtividade passou de 1,8 toneladas por hectare em 1985 para 2,9 toneladas por hectare em 2010.

O Brasil foi em 2010, o segundo maior produtor e exportador do complexo de soja, responsável por aproximadamente 28% da produção mundial, ano em que a área plantada de soja cresceu 7,2% e o volume produzido do grão aumentou 19,8% em relação a 2009 (ABIOVE, 2011a; IBGE, 2010).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento, a produção de soja em 2011 no Brasil foi de 75 milhões de toneladas (CONAB, 2011). O efetivo das exportações brasileiras do grão, segundo a Secretaria do Comércio Exterior – SECEX – foi de 33 milhões de toneladas de soja em grão, 44% da produção nacional, sendo o ano de 2011, o maior volume exportado pelo País.

O processamento do grão no país, nos últimos anos, variou bastante. Foram 31,48 milhões de toneladas em 2007, 32,3 em 2008, 30,4 em 2009, 35,5 em 2010 e cerca de 29 em 2011 (PONTES; CARMO; PORTO; 2009; ABIOVE, 2011b; ABIOVE, 2012).

Em 2011, da produção nacional do grão, 39% foram processadas, resultando em 22 milhões de toneladas de farelo de soja e praticamente a metade foi exportada (ABIOVE, 2012).

3. O TRANSPORTE RODOVIÁRIO E A LOGÍSTICA NACIONAL

A logística compreende todas as atividades de movimentação e armazenagem, desde a aquisição da matéria-prima até o consumo do produto final, facilitando assim o fluxo de produtos e informações com o objetivo de proporcionar, aos clientes, serviços adequados a um custo razoável (Pozo, 2010). Para que o produto seja competitivo, não basta produzi-lo com o menor custo, é necessário considerar também os custos com o transporte. É necessário assegurar gastos com transportes relativamente baixos. No Brasil, a produção de grãos se deslocou para as regiões interioranas, distanciando dos centros consumidores e dos portos e o escoamento da produção é predominantemente através do modal rodoviário (OLIVEIRA, 1996; CAIXETA FILHO; MARTINS, 2007;).

Os custos com transporte, estoque e processamento de pedido são as atividades que mais contribuem para o custo logístico total. O transporte é responsável por cerca de dois terços dos custos logísticos totais e pode ser realizado pelos modais ferroviário, rodoviário, hidroviário, dutoviário ou aeroviário (Pozo, 2010). Capacle e Ramos (2008) afirmam que apesar da inadequação do transporte rodoviário para longas distâncias no Brasil, este modal impera porque o país possui uma baixa densidade de ferrovias e hidrovias. Este oferece grande flexibilidade para as operações de coleta e entrega ponto a ponto, o que não vale para os outros modais.

O transporte rodoviário para os grãos no país, em muitos casos, é a única alternativa. Entretanto, também contribuem para a sua predominância, a alta flexibilidade e a elevada versatilidade (Faria e Costa, 2008). Através das rodovias é possível transportar materiais em curta ou longa distância, por meio da coleta e entrega ponto a ponto (BERTAGLIA, 2003).

Dentre os custos com a logística, o custo de transporte é o mais relevante e quando se trata de commodities, o seu peso na formação do custo total até o destino é muito significativo. Enquanto as infraestruturas modais de transporte ferroviário e hidroviário não forem intensificadas - e isso demanda tempo e recursos - o transporte rodoviário continuará participando de maneira significativa da rede de fluxo da soja.

4. A PROGRAMAÇÃO LINEAR

A Programação Linear quando aplicada a um problema modelado de forma matemática, indica a solução ótima (Moreira, 2010; Andrade, 2009). O modelo deve considerar as variáveis mais relevantes para o problema real (Caixeta-Filho, 2004; Moreira, 2010; Pinto, 2008). Durante a construção do modelo são definidas: 1º) as variáveis de decisão; 2º) a função objetivo do problema de minimização ou de maximização e; 3º) as funções de restrição do problema (Andrade, 2009; Caixeta-Filho, 2004). Os métodos de resolução dos Problemas de Programação Linear (PPL) envolvem a resolução de equações lineares de inversão de sucessivas matrizes. Para a solução do PPL, o interesse é otimizar a função objetivo de forma a satisfazer todas as equações e ou inequações que compõem o conjunto de restrições do problema (MOREIRA, 2007).

O Problema do Transporte é uma especificidade dos PPLs. Este modelo visa determinar a quantidade de mercadoria que deve ser enviada entre as origens e os destinos de forma que minimize o custo total e respeite as restrições de oferta e demanda. O modelo do problema clássico de transportes pressupõe que a soma das quantidades ofertadas seja igual à soma das quantidades demandadas. Entretanto, em certos casos os valores de oferta e demanda são distintos, ocorrendo excesso de demanda ou de oferta, sendo necessário adotar artifícios matemáticos (ANDRADE, 2009; MOREIRA, 2007; TAHA, 2007).

Quando o transporte direto entre os pontos de oferta e demanda for inviável, sendo mais vantajoso passar o produto por um ponto de transbordo ou baldeação antes da mercadoria chegar ao destino final, trata-se, em lugar de um problema clássico de transporte, de um problema do transbordo (ANDRADE, 2009).

O problema do transbordo é um aprimoramento do problema do transporte, onde além de ser possível o transporte direto entre as origens e os destinos, os produtos podem passar por nós intermediários antes de chegar ao destino final de forma a minimizar o custo global (TAHA, 2007).

Segundo Novaes (1978) algumas regiões produtoras ou demandantes podem atuar como pontos intermediários no modelo de transbordo, com a função de transferência de carga. Na prática é comum criar pontos intermediários de fluxo, onde a produção e o consumo podem ser nulos e, para determinar a capacidade de fluxo dos pontos de transbordo são somadas as capacidades produtivas e ou as demandantes das regiões próximas ao nó intermediário.

Os modelos de transporte e de transbordo permitem ao analista simular variadas alternativas de decisão em estudos de rede de fluxo, o que é feito trabalho.

5. O VETOR CENTRO-SUDESTE

Neste trabalho são analisados os custos de transporte entre as regiões produtoras e processadoras de soja no Vetor Centro Sudeste definido pelo o Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT)

O PNLT foi elaborado em 2007 pelos Ministérios dos Transportes e da Defesa do Brasil com a finalidade de criar instrumentos de análise que ofereçam a base necessária para o planejamento de intervenções tanto na infraestrutura quanto no arranjo dos transportes. O plano apresenta uma analogia da situação da logística do país e indica ações para o desenvolvimento do setor de transportes em relação às demandas futuras para alcançar o desenvolvimento econômico sustentado no longo prazo. O PNLT apresenta sete vetores logísticos conforme mostra a Figura 1 (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2011).

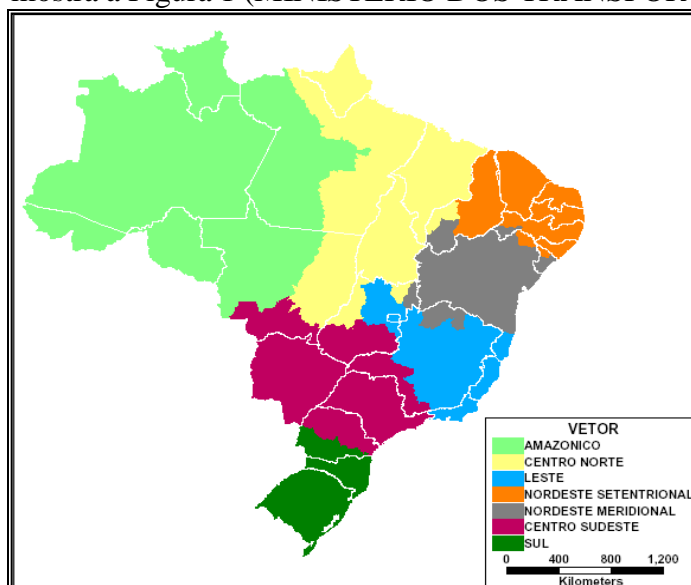


Figura 1 - Vetores logísticos da organização espacial brasileira
Fonte: MT (2009).

Considerando integralmente os Estados que compõem o Vetor Centro Sudeste, em 2008 eles foram responsáveis por 75% da produção nacional de soja e 72 % da capacidade de processamento do grão no país (Morábito; Pinto, 2010). Ainda que parte dos Estados de Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais e Paraná não pertença ao Vetor Centro-Sudeste, os municípios que compõem esse Vetor predominam sobre os demais na produção e no processamento. O Vetor Centro Sudeste é composto pela totalidade dos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul mais o Triângulo Mineiro, sudoeste de Minas Gerais, sul de Goiás, sul do Mato Grosso e norte do Paraná (MT, 2009).

As regiões produtoras e os municípios que contém agroindústrias processadoras de soja foram determinados com base no estudo de Morábito e Pinto (2010). Foram selecionadas para este trabalho apenas as origens e os destinos pertencentes ao vetor Centro-Sudeste do PNLT do Ministério dos Transportes, sendo identificadas 37 regiões produtoras, 20 municípios processadores e sete possíveis pontos de transbordo, escolhidos após observar a confluência de troncos rodoviários e volumes de fluxos do grão de soja.

6. PROCEDIMENTOS DE PESQUISA

Neste estudo serão utilizados métodos da programação linear, incluindo o Método Simplex criado por George B. Dantzig em 1947 o qual pertence aos solucionadores presentes na linguagem de modelagem General Algebraic Modeling System (GAMS), desenvolvida por BROOKE et al (1992).

Quanto aos procedimentos de pesquisa, os dados da capacidade produtiva são os de 2008 da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2010), enquanto os dados da capacidade processadora de cada município foram obtidos por meio de dados primários,

através contatos telefônicos, e de secundários, através de informações publicadas em sites institucionais ou trabalhos acadêmicos.

As distâncias entre cada ponto de origem e cada ponto de destino, entre origens e pontos de transbordo e entre pontos e transbordo e destinos tiveram como base os dados do Google Maps (GOOGLE MAPS, 2010).

A capacidade de armazenamento de cada um dos pontos de transbordo foi definida em função do somatório da capacidade produtiva das regiões produtoras localizadas em distâncias iguais ou inferiores a 500 km, considerando aí, os veículos dos tipos truck e carreta pequena, com um custo padrão por tonelada x quilômetro (uma unidade monetária), veículos com facilidade de trânsito entre o campo de produção de grãos e os polos de consolidação de cargas – os pontos de transbordo.

Para a solução do problema de pesquisa foi utilizado um modelo de transporte e dois modelos de transbordo, ambos resolvidos com o uso da Linguagem de Modelagem GAMS.

7. MODELOS MATEMÁTICOS DOS PROBLEMAS

Os modelos matemáticos são construídos em função das possibilidades de custos de transportes. Observações sobre as tabelas de fretes de veículos rodoviários publicadas pelos sites Sifreca (2011) e Carga Pesada (2011) indicaram que para o veículo rodoviário de elevada capacidade – com custo vantajoso - o valor de frete por tonelada por quilômetro é de 82% do veículo de média capacidade – truck – considerado aqui como referência.

Para o modelo de transporte, em que o produto é deslocado diretamente entre as regiões de produção e as de processamento, o frete tem o valor de referência de uma unidade monetária. Para o primeiro modelo de transbordo, o veículo de transporte com custo vantajoso seria utilizado somente entre os pontos de transbordo, aqueles em que a consolidação e desconsolidação de mercadorias ocorreriam.

Para o segundo modelo de transbordo é admitido o uso do veículo com custo vantajoso no deslocamento entre pontos de transbordo e entre esses e qualquer região de processamento.

Os modelos matemáticos aqui tratados têm como variáveis de decisão, as quantidades a alocar em toneladas nos trechos que ligam dois pontos geográficos no Vetor Centro-Sudeste. A função objetivo em cada modelo representa o custo total da rede para o período anual e visa atingir a minimização.

As figuras 2, 3 e 4 ilustram, respectivamente, o caso do modelo de transporte e os de modelos de transbordo.

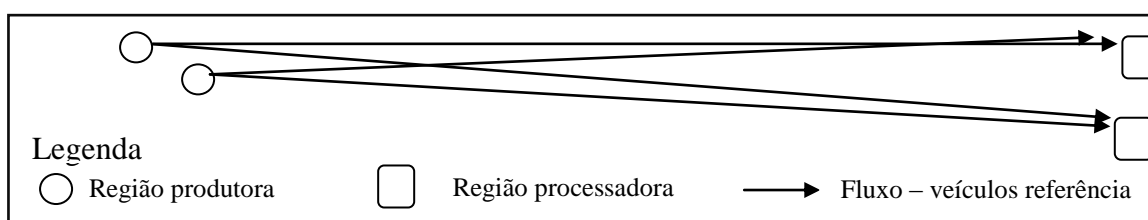


Figura 2 – Representação da rede de fluxo para o modelo de transporte

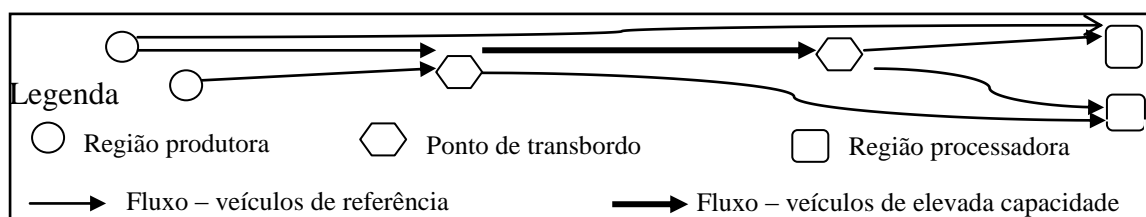


Figura 3 – Representação da rede de fluxo com desconto entre pontos de transbordo.

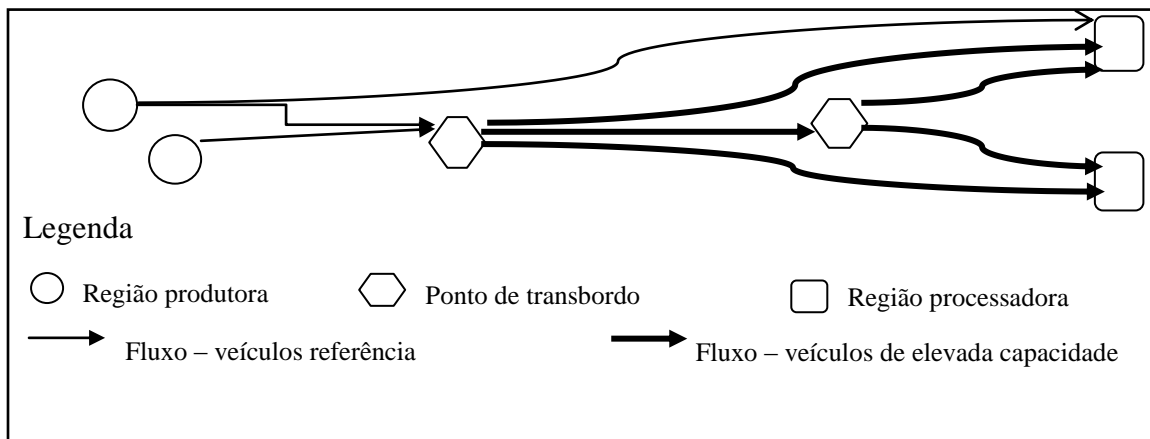


Figura 4 – Representação da rede de fluxo com desconto entre pontos de transbordo entre esses e qualquer local de processamento.

7.1 Modelos matemáticos do problema do transporte

No modelo matemático do Problema do Transporte, as funções de restrição têm como limitantes as ofertas das 37 regiões produtoras do grão de soja e as demandas das 20 regiões processadoras. A Figura 5 ilustra a matriz de custos para o modelo de transportes:

Origem Destino	1	2	...	20
1	$p_{1,1} \cdot d_{1,1} \cdot x_{1,1}$	$p_{1,2} \cdot d_{1,2} \cdot x_{1,2}$	...	$p_{1,20} \cdot d_{1,20} \cdot x_{1,20}$
...
37	$p_{37,1} \cdot d_{37,1} \cdot x_{37,1}$	$p_{37,2} \cdot d_{37,2} \cdot x_{37,2}$	...	$p_{37,20} \cdot d_{37,20} \cdot x_{37,20}$

Figura 5 - Matriz de Custo para o modelo do transporte

A função objetivo e as restrições do modelo matemático estão representadas nas equações e inequações de (1) a (3)

Função Objetivo

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot d_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \text{Min!} \quad (1)$$

Onde:

d_{ij} = distância em km entre a origem i e o destino j , $i=1, \dots, m$ ($m=37$) e $j=1, \dots, n$ ($n=20$);

x_{ij} = quantidade em t/ano a ser transportada entre a origem i e o destino j ;

p_{ij} = custo unitário de uma tonelada a ser transportada em um quilômetro no veículo de referência = \$1,00 (uma unidade monetária).

Restrições de oferta.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i \quad (2)$$

Onde:

a_i = produção de soja em t/ano em uma região específica i .

As restrições de oferta indicam que a soma das quantidades a serem originadas em cada região produtora específica e destinadas a todas as regiões processadoras não pode ultrapassar a produção anual da região produtora.

Restrições de demanda.

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq b_j \quad (3)$$

Onde:

b_j = capacidade de processamento em t/ano da região processadora j .

As restrições de demanda indicam que a soma das quantidades originárias de todas as regiões produtoras a ser destinada para cada região processadora específica precisa ser igual ou maior do que a demanda de cada região processadora.

7.2 Modelos matemáticos dos problemas de transbordo

São consideradas 37 regiões produtoras, 20 processadoras e sete pontos de transbordo. Estes foram escolhidos a partir da relação dos possíveis pontos de conexão propostos por Morabito e Pinto (2010) para a rede logística das commodities soja, milho e farelo de soja, observadas as fronteiras geográficas do Vetor Centro Sudeste: Alto Araguaia (MT), Rondonópolis (MT), Dourados (MS), São Simão (GO), Ipameri (GO); Campo Mourão (PR) e Uberlândia (MG). Em ambos os modelos a matriz da rede de fluxos pressupõe 44 origens (O) e 27 destinos (D) (Figura 5).

D O	1	...	20	21	...	27
1	$p_{1,1} \cdot d_{1,1} \cdot x_{1,1}$	...	$p_{1,20} \cdot d_{1,20} \cdot x_{1,20}$	$p_{1,21} \cdot d_{1,21} \cdot x_{1,21}$	...	$p_{1,27} \cdot d_{1,27} \cdot x_{1,27}$
...	
37	$p_{37,1} \cdot d_{37,1} \cdot x_{37,1}$	...	$p_{37,20} \cdot d_{37,20} \cdot x_{37,20}$	$p_{37,21} \cdot d_{37,21} \cdot x_{37,21}$	...	$p_{37,27} \cdot d_{37,27} \cdot x_{37,27}$
38	$p_{38,1} \cdot d_{38,1} \cdot x_{38,1}$	...	$p_{38,20} \cdot d_{38,20} \cdot x_{38,20}$	$p_{38,21} \cdot d_{38,21} \cdot x_{38,21}$	...	$p_{38,27} \cdot d_{38,27} \cdot x_{38,27}$
...
44	$p_{44,1} \cdot d_{44,1} \cdot x_{44,1}$	...	$p_{44,20} \cdot d_{44,20} \cdot x_{44,20}$	$p_{44,21} \cdot d_{44,21} \cdot x_{44,21}$	...	$p_{44,27} \cdot d_{44,27} \cdot x_{44,27}$

Figura 5 – Matriz de Custo entre origem (O) e destino (D) para os modelos de transbordo

As capacidades de armazenamento para os pontos de transbordo foram determinadas a partir da soma da produção das regiões de safra do grão em raio de até 500 km em torno do mesmo, observadas as conveniências da malha rodoviária.

A função objetivo e as restrições para os modelos matemáticos dos problemas de transbordo estão representadas nas equações e inequações de (4) a (13).

Função Objetivo.

$$Z = \sum_{i=1}^{m'} \sum_{j=1}^{n'} p_{ij} \cdot d_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow Min! \quad (4)$$

Onde:

$d_{i,j}$ = distância em km entre a origem i , $\{i=1, \dots, m'\}$, $m'=44$ e o destino j $\{j=1, \dots, n'\}$, $n'=27$.

$x_{i,j}$ = quantidade em t/ano a ser transportada entre a origem i e o destino j ;

p_{ij} = valor unitário de transporte de uma tonelada em um quilômetro ($\$/t \cdot Km$) entre i e j ,

Sendo que para o primeiro modelo de transbordo:

Para $i = 1, \dots, 37$ e $j = 1, \dots, 27$ $p_{ij} = \$1,00$;

Para $i = 38, \dots, 44$ e $j = 1, \dots, 20$ $p_{ij} = \$1,00$;

Para $i = 38, \dots, 44$ e $j = 21, \dots, 27$ $p_{ij} = \$1,00$;

E para o segundo modelo de transbordo:

Para $i = 1, \dots, 37$ e $j = 1, \dots, 27$ $p_{ij} = \$1,00$;

Para $i = 38, \dots, 44$ e $j = 1, \dots, 27$ $p_{ij} = \$0,82$.

(a) Restrição de oferta.

$$\sum_{j=1}^{n'} x_{ij} \leq a_i \quad (5)$$

Onde:

a_i = produção de soja em t/ano na origem i para $i = 1, \dots, 37$ ou capacidade de armazenamento do ponto de transbordo quando $i = 38, \dots, 44$, sendo que para os pontos de transbordo o a_i ($i = 38, \dots, 44$) equivale a b_j ($j = 21, \dots, 27$).

(b) Restrição de demanda.

$$\sum_{i=1}^{m'} x_{ij} \geq b_j \quad (6)$$

Onde:

b_j = demanda de soja da região processadora j para $j = 1, \dots, 20$ e capacidade de armazenamento do ponto de transbordo quando $j = 21, \dots, 27$.

Sendo: $a_i = b_j$ quando $i = 38, \dots, 44$ e $j = 21, \dots, 27$, respectivamente.

(c) Restrições dos pontos de transbordo.

$$\sum_{i=1}^{44} x_{i,21} - \sum_{j=1}^{27} x_{38,j} \leq b_{21} \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^{44} x_{i,22} - \sum_{j=1}^{27} x_{39,j} \leq b_{22} \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^{44} x_{i,23} - \sum_{j=1}^{27} x_{40,j} \leq b_{23} \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^{44} x_{i,24} - \sum_{j=1}^{27} x_{41,j} \leq b_{24} \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^{44} x_{i,25} - \sum_{j=1}^{27} x_{42,j} \leq b_{25} \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^{44} x_{i,26} - \sum_{j=1}^{27} x_{43,j} \leq b_{26} \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^{44} x_{i,27} - \sum_{j=1}^{27} x_{44,j} \leq b_{27} \quad (13)$$

A quantidade de soja que chega de todas as origens i a cada ponto de transbordo j , dada por $\sum_{i=1}^{m'} x_{i,j}$ (tal que $i = 1, \dots, 44$ e $j = 21, \dots, 27$) menos a quantidade que sai deste

ponto para todos os destinos j , dada por $\sum_{j=1}^{n'} x_{i,j}$, (tal que $i = 38, \dots, 44$ e $j = 1, \dots, 27$), não pode superar a capacidade de armazenamento do ponto de transbordo b_j (tal que $j = 21, \dots, 27$). O modelo admite estocagem do grão de soja no final no período anual nos pontos de transbordo. Entretanto, como isso incorre em custo e o problema é de minimização, a

resposta nunca permitirá essa estocagem, servindo as restrições de armazenamento no pontos de transbordo com capacidade de fluxo do grão de soja.

8. RESULTADOS E ANÁLISES

Quanto aos dados coletados sobre a produção cabe observar que as sete principais regiões do Vetor Centro-Sudeste são: Rio Verde (3.007.402 t/ano), Dourados (2.670.510 t/ano), Rondonópolis (1.122.648 t/ano), Campo Mourão (947.708 t/ano), Itumbiara (844.466 t/ano), Goioerê (801.612 t/ano) e Cristalina (792.370 t/ano), que somadas corresponderam a 52% da produção de soja do Vetor Centro Sudeste no ano de 2008 e 53% da capacidade de processamento do Vetor Centro Sudeste estão concentrados em cinco cidades: Alto Araguaia (2.500.000 t/ano), Rondonópolis (2.193.800 t/ano), Ipameri (1.500.000 t/ano), Campo Mourão (1.500.000 t/ano) e Uberlândia (887.500 t/ano).

Quanto aos resultados obtidos, o modelo de transporte trata os deslocamentos diretos entre regiões produtoras e processadoras. No primeiro modelo de transbordo foram indicadas cinco cidades para a implantação de pontos de consolidação e desconsolidação, Alto Araguaia (MT), Dourados (MS), Ipameri (GO), Rondonópolis (MT) e Uberlândia (MG), o no segundo modelo de transbordo, o que oferece maior vantagem de custo total, foram sugeridos somente os municípios de Alto Araguaia (MT), Dourados (MS) e Uberlândia (MG) como pontos de transbordo para a logística do grão de soja destinada ao processamento no Vetor Centro Sudeste.

No modelo de transporte o custo total foi de \$2,73 bilhões de unidades monetárias, no primeiro modelo de transbordo foi de \$2,57 bilhões e no segundo modelo de transbordo foi de \$2,52 bilhões. A vantagem de custo total do primeiro modelo de transbordo para o modelo de transporte foi de praticamente 6,0% e do segundo modelo de transbordo sobre o modelo de transporte foi 7,5%. Esses resultados indicam que pelo menos três pontos de transbordo são indicados, especificamente para os municípios de Alto Araguaia (MT), Dourados (MS) e Uberlândia (MG).

9. CONCLUSÃO

A introdução de pontos intermediários reduziria o custo global de transporte em relação ao modelo de transporte devido à vantagem de custo da tonelada x km (\$/t.km) dos veículos de maior porte. As simulações indicaram que ao inserir cinco pontos de transbordo, Alto Araguaia (MT), Dourados (MS), Ipameri (GO), Rondonópolis (MT) e Uberlândia (MG), estes reduziriam o custo global de transporte em seis por cento, enquanto ao inserir três pontos de transbordo, Alto Araguaia (MT), Dourados (MS) e Uberlândia (MG), estes reduziriam o custo em sete e meio por cento.

Como limitação da pesquisa dois assuntos devem ser levantados: o primeiro refere à consideração exclusiva do grão de soja, uma vez que as estruturas de pontos de transbordo podem ser também utilizadas para outros grãos, principalmente o milho, aspecto desconsiderado neste trabalho. Outra questão é sobre a necessidade de considerar os custos anuais de investimentos e manutenção dos projetos de instalação e manutenção dos pontos de transbordo sugeridos, que devem ser inferiores às vantagens indicadas pelos modelos de transbordo. Assunto indicado para trabalhos futuros.

10. REFERÊNCIAS

- [1] ABIOVE, 2011a. **Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais**. Disponível em: <http://www.abiove.com.br/abiove_br.html>. Acesso em: 14 ago. 2011>.
- [2] ABIOVE, 2011b. **Complexo de soja-Processamento mensal de soja**. Disponível em: <http://www.abiove.com.br/processamento_br.html>. Acesso em: 22 nov. 2011.
- [3] ABIOVE, 2012. **Associação Brasileira da Indústria de óleos vegetais**. Disponível em: <http://www.abiove.com.br/estatistica_br.html>. Acesso em: 10 mar 2012.
- [4] ALMEIDA, M.S. **Localização de terminais intermodais de escoamento da soja em grão brasileira destinada à exportação**. Trabalho final de pós-graduação (Trabalho em Engenharia de Produção)- Centro de ciências exatas e de tecnologia. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2009.
- [5] ANDRADE, E. L. **Introdução à Pesquisa Operacional: métodos e modelos para a análise de decisões**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- [6] BERTAGLIA, P. R. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. São Paulo: Saraiva, 2003.000
- [7] BERTRAND, J.P.; LAURENT, C.; LECLERCQ, V. **O mundo da soja**. São Paulo: HUCITEC: Editora da Universidade de São Paulo, 1987.
- [8] BROOKE, A; KENDRICK, D.; MEERAUS, A. **GAMS: a user's guide**. San Francisco: The Scientific Press, 1992.
- [9] CAIXETA FILHO, J. V. **Pesquisa Operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- [10] CAIXETA FILHO, J. V.; MARTINS, R. S. **Gestão logística de transporte de cargas**. 1. ed (4ª reimpressão). São Paulo: Atlas, 2007.
- [11] CAPACLE, V. H.; RAMOS, P. R. A precariedade do transporte rodoviário brasileiro para o escoamento da produção de soja do centro-oeste: situação e perspectivas. **In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de economia, administração e sociologia rural**. Rio Branco, 20-23 julho de 2008.
- [12] CARGA PESADA. **Cotação de fretes**. Disponível em: <[http://www.cargapesada.com.br/direto/fretes/cotacao .htm](http://www.cargapesada.com.br/direto/fretes/cotacao.htm)>. Acesso em>: 21 nov. 2011.
- [13] CONAB, 2010. **Capacidade estática dos armazéns**. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=155>> Acesso em 05: mai. 2010.
- [14] CONAB (2011). **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2009/2010 – Décimo levantamento. Setembro de 2011**. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_09_19_09_49_47_boletim_setembro-2011..pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_09_19_09_49_47_boletim_setembro-2011.pdf)
- [15] FARIA, A. C.; COSTA, M. F. G. **Gestão de custos logísticos**. 1. ed (3ª reimpressão). São Paulo: Atlas, 2008.

- [16] GOOGLE MAPS. **Como chegar**. Disponível em : <<http://maps.google.com.br/>>. Acesso em: out/nov 2010.
- [17] IBGE, 2010. **Em julho, IBGE prevê safra de grãos 9,2% maior que a de 2009**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticiavisualiza.php?id_noticia=1679&id_pagina=1>. Acesso em: 16 jun. 2011.
- [18] IBGE, 2011. **Em 2010, safra nacional cresceu 11,6%; para 2011, a estimativa é de queda de 2,5%**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1798&id_pagina=1>. Acesso em: 28 de out. 2011
- [19] MAZZALI, L. **O processo de reorganização agroindustrial: do complexo à organização “em rede”**. São Paulo: Editora UNESP, 2000.
- [20] MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Conheça o PNLT**. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/index/conteudo/id/3254>>. Acesso em: 16 jun 2011.
- [21] MORABITO, R. ; PINTO, KLEBER C. R. **Proposta de rede para o planejamento logístico brasileiro das commodities soja, milho e farelo de soja**. In: Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, 2010. Rio de Janeiro: spolm2010, 2010.
- [22] MOREIRA, D. A. **Pesquisa operacional: curso introdutório**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.
- [23] MOREIRA, D. A. **Pesquisa operacional: curso introdutório**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- [24] MT (2009). **Plano Nacional de Logística e Transportes**. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/PNLT/CD_RE/Index.htm>. Acesso em: 05 mai. 2010.
- [25] MUNHOZ, J. R.; MORABITO, R. Um modelo baseado em programação linear e programação de metas para análise de um sistema de produção e distribuição de suco concentrado congelado de laranja. *Gestão & Produção*, v. 8, n. 2, p. 139-159, 2001.
- [26] NOVAES, A. G. **Métodos de otimização: aplicações aos transportes**. São Paulo: Edgard Blucher, 1978.
- [27] OJIMA, A. L. R. O. **Análise da movimentação logística e competitividade da soja brasileira: uma aplicação de um modelo de equilíbrio espacial de programação quadrática**. 2004. 79 p. Tese (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação,
- [28] OJIMA, A. L. R. O. Perfil da logística de transporte de soja no Brasil. **Informações econômicas**. São Paulo, v.36, n.1, Jan 2006. Disponível em: <<ftp://ftp.sp.gov.br/ftpiea/publicacoes/tec2-0106.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2011
- [29] OJIMA A. L. R. O., YAMAKAMI A. Modelo de programação quadrática para a análise da movimentação logística e comercialização da soja brasileira. **Revista Engenharia Agrícola**, v.26, n.2, p. 552-560, mai./ago. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v26n2/25.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2011.

- [30] OLIVEIRA, J. C. V. **Análise do transporte de soja, milho e farelo de soja na hidrovia Tietê-Paraná**. 1996. 154 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996. Disponível em: <<http://log.esalq.usp.br/home/uploadfiles/arquivo1117.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2011
- [31] PINTO, Kleber C. R.; MORÁBITO, R. **Proposta de rede para o planejamento logístico brasileiro das commodities soja, milho e farelo de soja**. Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha – SPOLM. Anais. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<https://www.casnav.mar.mil.br/spolm/anais/74136.pdf>>
- [32] PINTO, K. C. R. **Aprendendo a decidir com pesquisa operacional: modelos e métodos de apoio à decisão**. 2.ed. Uberlândia: EDUFU, 2008.
- [33] PONTES, H. L. J.; CARMO, B. B. T.; PORTO, A. J. V. Problemas logísticos na exportação brasileira da soja em grão. **Revista eletrônica Sistemas & Gestão**, v.4, n.2, p.115-181, mai.-ago./2009. Disponível em: <<http://www.uff.br/sg/index.php/sg/article/viewFile/V4N2A5/V4N2A5>>. Acesso em: 19 set. 2011.
- [34] POZO, H. **Administração de recursos materiais e patrimoniais: uma abordagem logística**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- [35] SIFRECA. **Sistema de informações de fretes: Fretes rodoviários – Soja**. Disponível em: <<http://sifreca.esalq.usp.br/sifreca/pt/fretes/rodoviaros/index.php?q=>>>. Acesso em: 21 nov. 2011
- [36] TAHA, Hamdy A. **Pesquisa Operacional: uma visão geral**. Pearson Prentice Hall, 8ª Ed. São Paulo, 2008