

# TRANSPORTE DE SOJA DO ESTADO DO MATO GROSSO: UMA APLICAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR

Andréa Leda Ramos de Oliveira Ojima<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agrônoma, Pesquisadora Científica, Instituto de Economia Agrícola, IEA, São Paulo – SP, Fone: (11) 5067-0481, andréa@iea.sp.gov.br

Escrito para apresentação no  
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola  
31 de julho a 4 de agosto de 2006 – João Pessoa – PB

**RESUMO:** A proposta deste artigo é estimar os fluxos das principais alternativas para a exportação da soja mato-grossense. As estimativas foram feitas através da aplicação de um modelo matemático baseado no instrumental associado às matrizes origem-destino e avaliou-se três cenários. Como principais resultados, o modelo indicou que as opções intermodais deveriam ser utilizadas para o escoamento da soja, em especial a rota rodo-hidroviária via Porto de Santarém, que deteve 60% das exportações e seguida pela opção rodo-ferroviária via Porto de Santos com 21%.

**PALAVRAS-CHAVE:** matriz origem-destino, logística.

## MATO GROSSO SOYBEAN TRANSPORTATION: AN APPLICATION OF LINEAR PROGRAMMING

**ABSTRACT:** The purpose of this paper is to estimate the Mato Grosso soybean flows for the main alternatives to exportation. The estimates had been made by the application of a mathematical model based in the instrumental origin-destination matrices and evaluated three scenes. As main results, the model indicated that the intermodal options would have to be used for soybean transportation, specially the high-waterway route to Port of Santarém that represents 60% of the exportations, followed by the high-railway route to Port of Santos with 21%.

**KEY WORDS:** origin-destination matrices, logistics.

**INTRODUÇÃO:** A produção e a exportação de grãos brasileiros, especificamente de soja, vem ocupando posição de destaque no cenário do agronegócio mundial. O processo de crescimento das exportações das *commodities* agrícolas brasileiras têm gerado impactos positivos, ao mesmo tempo em que revela uma série de fragilidades logísticas do país. As fragilidades, representadas pelas condições precárias das rodovias, pela baixa eficiência e falta de capacidade das ferrovias e pela desorganização e excesso de burocracia dos portos, tiveram como resultado o aumento das filas de caminhões nos principais portos, longas esperas de navios para a atracação e o não-cumprimento dos prazos de entrega ao exterior. Tudo isso resultou no aumento dos custos e na redução da competitividade dos produtos brasileiros no exterior (FLEURY, 2005). O principal estado produtor de soja no Brasil é o Mato Grosso, que responde por 34% da produção brasileira (IBGE, 2006) e por cerca de 26% das exportações deste produto (SECEX, 2006). O Estado apresenta um elevado potencial agrícola, captando divisas no mercado internacional e desfrutando de elevadas taxas de crescimento anuais da produção, entretanto, uma das principais barreiras encontradas está ligada a estrutura logística para o escoamento da safra. A baixa capacidade de armazenamento e a predominância do modal rodoviário no transporte, somado às precariedades das rodovias no Estado, onera a movimentação da soja e dos demais produtos (OJIMA e YAMAKAMI, 2004). Assim, o objetivo do trabalho é a aplicação de um modelo matemático baseado no instrumental associado às matrizes origem-destino para estimar os fluxos de exportação da soja do Mato Grosso. Primeiramente, será estimado o custo total de movimentação da soja dos municípios produtores aos portos. Em segundo lugar, formular um modelo matemático para identificar as rotas logísticas que impliquem em um menor custo para soja. Por fim,

será criado um cenário que envolva apenas as alternativas multimodais avaliando-se o impacto no escoamento da soja mato-grossense para exportação.

**MATERIAL E METODOS:** Neste artigo, a racionalização do transporte da soja para exportação é feita através da aplicação de um modelo matemático baseado no instrumental associado às matrizes origem-destino (BOVY e STERN,1990; KAWAMOTO, 1994). Para isto, utilizou-se de fontes secundárias para o levantamento dos dados, sendo elas, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), o Sistema de Informações de Fretes (SIFRECA) e a Secretária de Comércio Exterior (SECEX). Para a quantificação da oferta de soja no Mato Grosso utilizou-se os dados de produção em 2004 do IBGE. Foram considerados 23 municípios, responsáveis por 80,6% da produção estadual. No entanto, como o estudo tem como finalidade os fluxos de exportação, adotou-se o coeficiente de participação de cada município na produção total do Estado sobre o volume de exportação total do Estado, obtendo-se uma estimativa das exportações por município. Na quantificação da demanda, considerou-se o volume das exportações dos do Estado do Mato Grosso pelos principais Portos, sendo eles, Santos (SP), Paranaguá (PR), São Francisco do Sul (SC), Vitória (ES) e Santarém (PA). Para o custo total de transporte considerou-se o frete praticado, acrescido da tarifa portuária de cada porto e da taxa de transbordo, quando se tratar de uma opção intermodal. Assim, os fretes rodoviários foram estimados por meio de uma equação linear baseadas nas distâncias entre os pontos de origem no Mato Grosso e os de recepção com diversos destinos. O comportamento do frete (variável de resposta) foi analisado por meio de um modelo de regressão linear múltipla, utilizando um banco de dados de fretes praticados em 2004, com base nos dados fornecidos pela CVRD. Deste modo, para o modal rodoviário partiu-se da hipótese de existir um comportamento diferenciado para fretes com distâncias de até 500 quilômetros e superiores (variáveis explicativas). Assim, para o modal rodoviário tem-se:

$$Y = \beta X + \varepsilon \quad (1)$$

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \delta_1 X + \beta_2 (1 - \delta_1) X + \varepsilon \quad (2)$$

$$\delta_1 = \begin{cases} 1 & \text{se distância} \geq 500 \\ 0 & \text{se distância} < 500 \end{cases}$$

Os fretes ferroviários e hidroviários tiveram como base os dados do SIFRECA, enquanto que os dados referentes ao transbordo e as tarifas portuárias foram fornecidos pela CVRD. Uma vez obtidas as informações descritas acima, foram construídos dois cenários. O cenário 1 que considerou os fluxos dos 23 municípios exportadores de soja no estado do Mato Grosso com destino aos Portos de Santos, Paranaguá e São Francisco utilizando apenas o modal rodoviário. No cenário 2 considerou-se o cenário 1 com a adição da opção rodoviária até o Porto de Santarém através da conclusão da pavimentação da BR-163. No cenário 3 considerou-se as mesmas origens com destino aos Portos de Santos, Paranaguá, São Francisco, Vitória e Santarém utilizando apenas as opções intermodais. No caso de Santos, Paranaguá, São Francisco e Vitória a opção utilizada foi a rodo-ferroviária, através da Ferronorte, da América Latina Logística (ALL) e da CVRD. Enquanto que para Santarém a opção rodo-hidroviária foi adotada, através da Hidrovia do Madeira.

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} X_{ij}$$

s.a

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} \geq O_i, \text{ para todo } i \quad m = 1, \dots, 5 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \leq D_j, \text{ para todo } j \quad n = 1, \dots, 23$$

onde:

$$C_{ij} = CR + CM + T + P_j$$

em que,

- $Z$  = valor da função objetivo  
 $i$  = município exportador  
 $j$  = porto de destino  
 $C_{ij}$  = custo total de transporte entre o município de origem  $i$  e o porto de destino  $j$   
 $CR$  = custo do frete rodoviário entre o município de origem  $i$  e o terminal ferroviário ou hidroviário  
 $CM$  = custo do frete entre o terminal ferroviário ou hidroviário e o porto de destino  $j$   
 $T$  = custo do transbordo do modal rodoviário para o modal ferroviário ou hidroviário  
 $P_j$  = custo portuário do porto de destino  $j$   
 $X_{ij}$  = quantidade exportada de soja entre o município de origem  $i$  e o porto de destino  $j$   
 $O_i$  = quantidade exportada de soja pelo município  $i$   
 $D_j$  = quantidade exportada de soja pelo porto  $j$

O processamento das informações para o modelo de movimentação de soja no Estado Mato Grosso foi feito utilizando-se o programa computacional General Algebraic Modeling System - GAMS (BROOKE et al., 1995).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** No cenário 1 a dinâmica da exportação mato-grossense foi de utilizar o Porto de Santos para o escoamento, dado que as distâncias, e conseqüentemente o custo do frete, são menores para este destino. Entretanto, o Porto de Santos apresenta a maior tarifa portuária dos portos em questão. No cenário 2 foi incluído a opção rodoviária via BR-163 para o Porto de Santarém. Esta alternativa mostrou-se eficiente para os municípios ao norte do Estado, em que as distâncias até Santarém são menores. O volume exportado por Santarém representou 72% das exportações do mato-grossenses, do total de 23 municípios, 13 tiveram como destino esta alternativa. A minimização da solução ótima foi melhorada em 8% com relação ao cenário 1. No cenário 3 considerou-se as mesmas origens com destino aos Portos de Santos, Paranaguá, São Francisco, Vitória e Santarém utilizando apenas as opções intermodais. Para Santos a opção utilizada foi a rodo-ferroviária via Ferronorte, para o Porto de Paranaguá e São Francisco a opção foi a rodo-ferroviária via ALL. A rota utilizada para o Porto de Vitória também foi a rodo-ferroviária via CVRD. Enquanto que, a opção intermodal para Santarém foi a rodo-hidroviária através da Hidrovia do Madeira. A dinâmica das exportações no cenário 3 mostrou-se como a mais viável, isto porque, com exceção do Porto de São Francisco do Sul, todos os demais portos foram utilizados através das opções intermodais. O destaque foi para o Porto de Santarém que deteve 60% das exportações, seguido pelo Porto de Santos (21%), Porto de Paranaguá (14%) e Porto de Vitória (5%). Nesta opção, verificou-se que o resultado ótimo do modelo foi minimizado em 13% quando comparado ao obtido no cenário 1, sendo um indicativo dos ganhos gerados pela adoção da intermodalidade.

Tabela 3. Fluxos de Origem e Destino para Soja no Estado do Mato Grosso para o Cenário 3 em 2004 (toneladas)

Municípios	Portos				Total
	Santos	Paranaguá	Vitória	Santarém	
Sorriso				727.155,53	727.155,53
Sapezal		411.393,46			411.393,46
Campo Novo do Parecis				379.007,61	379.007,61
Nova Mutum				368.600,29	368.600,29
Primavera do Leste	317.341,63				317.341,63
Diamantino				315.236,13	315.236,13
Tapurah				310.056,37	310.056,37
Lucas do Rio Verde				227.496,49	227.496,49
Itiquira	215.589,73				215.589,73
Campos de Júlio				214.873,40	214.873,40

continua

Nova Ubiratã		207.981,85		207.981,85
Campo Verde	184.842,89			184.842,89
Brasnorte			146.497,21	146.497,21
Santa Rita do Trivelato			142.567,06	142.567,06
Santo Antônio do Leste		133.737,14		133.737,14
Sinop			104.842,08	104.842,08
Canarana		100.665,98		100.665,98
Querência		95.109,32		95.109,32
Alto Garças	93.920,45			93.920,45
Rondonópolis	90.841,89			90.841,89
Novo São Joaquim	88.760,51			88.760,51
São José do Rio Claro			86.313,00	86.313,00
Alto Taquari	79.085,46			79.085,46
<b>Total</b>	<b>1.070.382,56</b>	<b>714.484,63</b>	<b>234.403,12</b>	<b>3.022.645,17</b>
				<b>5.041.915,48</b>

**CONSIDERAÇÕES FINAIS:** As transformações ocorridas na sojicultura, sobretudo na distribuição espacial apontam para uma necessidade de estudos que tenham como objetivo otimizar o uso racional da estrutura logística disponível na tentativa de redução dos custos, proporcionando o aumento da competitividade da soja no cenário mundial. O modelo matemático baseado no instrumental associado às matrizes origem-destino utilizado mostrou-se adequado aos objetivos propostos. Neste sentido, os resultados obtidos permitiram identificar as principais alternativas para o escoamento da soja matogrossense que oferecem um menor custo. Vale destacar que as opções intermodais representaram ganhos ao escoamento. A intermodalidade, além de nortear os investimentos no setor dos transportes, pode contribuir para redução dos custos, uma vez que os custos com transporte ferroviário e hidroviário são menores que os custos rodoviários, ocorrendo uma tendência de se substituir o transporte rodoviário de longa distância por transportes alternativos, o que deve implicar em aumento da competitividade da soja no mercado internacional de grãos, assim como na sua participação nas exportações mundiais. Contudo, espera-se com este artigo possa estimular outros estudos que visem estimar matrizes de origem-destino para outros agrícolas, inclusive em outros Estados ou ainda que tenham abrangência em todo território nacional. O sucesso destas iniciativas pode trazer benefícios sobre a racionalização da infra-estrutura de transporte, assim como, sobre as potencialidades do setor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOVY, P. H. L.; STERN, E. Route Choice: wayfinding in transport networks. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, cap. 6, 1990.
- FLEURY, P.F. **A infra-estrutura e os desafios logísticos das exportações brasileiras.** 2005. Disponível em: <<http://www.cel.coppead.ufrj.br/fs-public.htm>>. Acesso em: 01/Nov/2005.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=PA&z=t&o=10>>. Acesso: 05/Jan/2006.
- KAWAMOTO, E. Verificação da matriz ponto-de-origem/ponto-de-destino de uma linha de transporte coletivo obtida a partir de dados de embarque e desembarque. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 8, Recife, 1994. **Anais ...** Recife: ANPET, v.2, 1994, p. 41-49.
- OJIMA, A. L. R. O; YAMAKAMI, A. Utilização de um modelo de programação quadrática para análise da movimentação logística e comercialização da soja brasileira. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2004, São Pedro. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2004.
- SECEX – Secretária de Comércio Exterior. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/inicial/index.php>>. Acesso: 05/Jan/ 2006.