LOGÍSTICA DA EXPORTAÇÃO DE CARNE BOVINA: UMA APLICAÇÃO EM PROGRAMAÇÃO LINEAR

Waldemiro Alcântara Silva Neto
Doutorando em Economia Aplicada pela Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz" (Esalq) – Universidade de São Paulo – Bolsista Fapesp.
Av. Pádua Dias, 11, CP 9 – Departamento de Economia – Piracicaba – SP – CEP 13418-900
e-mail: netoalcan@yahoo.com.br

José Vicente Caixeta Filho
Professor titular do Departamento de Economia, Administração
e Sociologia Rural – USP/Esalq – e coordenador da Esalq-LOG.
Av. Pádua Dias, 11, CP 9 – Piracicaba – São Paulo – SP – CEP 13418-900
e-mail: jvcaixet@esalq.usp.br

Resumo

No Brasil, o agronegócio tem avançado significativamente e ganhado importância na economia nacional nos últimos anos. Nesse setor, destaca-se a pecuária de corte, com cerca de um terço do valor total da produção, em particular o setor exportador de carne bovina. Diante desse cenário otimista, o objetivo deste trabalho é identificar qual a melhor opção de transporte rodoviário por tipo de veículo ou qual o melhor conjunto entre as opções disponíveis que minimize os custos de todo o processo da exportação de carne bovina de um frigorífico localizado na cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, com destino aos portos de Santos ou Guarujá, no Estado de São Paulo. Foi aplicada a técnica de programação linear, e, entre os resultados alcançados, a melhor opção é o frigorífico aumentar sua oferta, de forma a minimizar os custos do transporte. Com a adoção dessa solução, não haverá estoques nem a possibilidade de subutilização do veículo transportador.

Palavras- chave: Agronegócio; Exportação; Carne bovina.

Abstract

The agribusiness in Brazil has advanced significantly and gained importance in national economy in recent years. Within this sector of the economy has been power the beef cattle, around one third of the total value of production, particularly the export sector of beef. In this optimistic scenario, this paper aims to identify the best option for road transport by type of vehicle or the best among all the options available to minimize the costs of the whole process of export of meat from a refrigerator located in city of Campo Grande, Mato Grosso do Sul, destined to the ports of Santos and Guarujá, state of São Paulo. The technique used was the linear programming and, among the results, the best option is to increase its offer refrigerator to minimize the costs of transport. By adopting this solution, there is not inventory or the possibility of under-utilization of carrier vehicle.

Keywords: Agribusiness; Exports; Beef.

1
INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o agronegócio tem se revelado fundamental para a economia brasileira. Seu PIB alcançou R$ 764,5 bilhões em 2008, crescimento de 11,7% em relação ao ano anterior (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – Cepea –, 2009). No mesmo período, o crescimento do PIB nacional foi de 0,01%.

A pecuária e os setores a montante e a jusante são responsáveis por aproximadamente um terço do valor da produção do agronegócio brasileiro, e essa cadeia mostra-se estratégica para os anseios de crescimento da economia. Segundo dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) e da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), o valor bruto da produção (VBP) da pecuária em 2008 foi de R$ 85,07 bilhões. Já o agronegócio da pecuária, nesse mesmo ano, teve VBP de R$ 225,41 bilhões.

Um estudo realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), em 2008, revela uma crescente participação do Brasil nas exportações mundiais de carne bovina, chegando a mais de 30% nos dias de hoje. A carne bovina tem posição de destaque entre os agropecuários exportados pelo Brasil, sendo um produto importante quando se busca a geração de superávits na balança comercial (MIRANDA, 2001).

O aumento das exportações brasileiras de carne bovina ocorreu de forma mais expressiva a partir de 2002, e as projeções de crescimento até 2018 eram de 2,48% ao ano (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2008). A quantidade efetiva de bovinos existentes no território brasileiro em 2006 ultrapassou 160 milhões de cabeças, considerando de forma conjunta a pecuária de corte e de leite. Do total de bovinos, os de corte representaram 79,40% naquele ano (FNP: CONSULTORIA & COMÉRCIO, 2007).

Os maiores criadores encontram-se no eixo Centro-Sul, nos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Goiás, com participação conjunta de cerca de 45%. O número de estabelecimentos nos Estados da região Centro-Oeste é pequeno em comparação ao dos demais Estados, o que mostra, considerando a grande produção do Centro-Oeste, que nessa região existem grandes latifúndios. Segundo dados preliminares do Censo Agropecuário de 2006, fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2008), o número total de estabelecimentos envolvidos com a pecuária no

Brasil é de cerca de 2,65 milhões. O tamanho médio dos estabelecimentos no Centro-Oeste é de 275 hectares, contra 65 hectares no resto do país.

No Brasil, existem atualmente dez grandes frigoríficos[1], e, segundo o Cepea e a CNA (2008), os cinco maiores frigoríficos são responsáveis por aproximadamente 38% da capacidade instalada de abate. A tecnologia de processamento avançou significativamente ao longo do tempo, e hoje essas plantas são comparáveis, se não superiores, às americanas e europeias. Grupos brasileiros estão realizando investimentos em países como Estados Unidos, Argentina e Uruguai. Em maio de 2007, o grupo brasileiro JBS, dono do frigorífico Friboi, adquiriu a empresa americana Swift e tornou-se o maior conglomerado do mundo no setor de proteína de origem bovina e a maior empresa brasileira de alimentos (FNP: CONSULTORIA & COMÉRCIO, 2007). Outro grupo de grande destaque no setor é o Bertin. Sua área de atuação está avançando rapidamente, tendo adquirido uma planta industrial no Uruguai em 2007 e inaugurado uma indústria de biodiesel na região de Lins, em São Paulo, que usa como insumo o sebo bovino.

Diante do significativo avanço da pecuária de corte no Brasil e sua expressiva importância no comércio internacional, estudos sobre o setor são relevantes e necessários. Como já mencionado, o Estado do Mato Grosso do Sul é um importante *trader* no setor, com grande produção, tamanho do rebanho e frigoríficos atuantes. Desse modo, o objetivo deste artigo é identificar, diante da capacidade instalada de produção, qual a melhor opção de transporte rodoviário por tipo de veículo ou qual o melhor conjunto entre as opções disponíveis que minimize os custos de todo o processo.

Diante do objetivo, é importante ressaltar algumas especificidades no transporte de carnes com contêiner, como onde deve ser refrigerado, o fato de exigir chão de alumínio, portas de aço reforçadas, revestimento de aço inoxidável e encaixe para gerador de energia. Assim, os caminhões devem possuir capacidade de manter os contêineres devidamente resfriados. Além disso, o frete é mais caro do que o a granel realizado por caminhões do tipo graneleiros ou os de carretas do tipo baú refrigeradas, nos quais não se paga o valor de retorno. No caso do contêiner, a exigência de retirada do "vazio" no terminal portuário (porto de origem) faz que esse serviço tenha um custo maior.

1 Segundo Macedo (2006), houve forte inversão nesse segmento nos anos 1990, quando os maiores frigoríficos não conseguiram se reestruturar e fecharam.

Sobre o porto de Santos, uma de suas características é o grande volume de contêineres movimentados. Isso torna a disponibilidade de contêineres, no padrão exigido[2] pelos exportadores, mais fácil, barato e ágil. Segundo a Companhia das Docas do Estado de São Paulo (2008), o total de contêineres para exportação movimentados em 2007 no porto de Santos foi de 53,85 milhões.

Além desta introdução, este artigo apresenta a revisão de literatura sobre a relevância do tema, a descrição do material e dos métodos usados, os resultados obtidos e as conclusões.

2
REVISÃO DE LITERATURA

W2.1 Setor exportador de carnes no Brasil

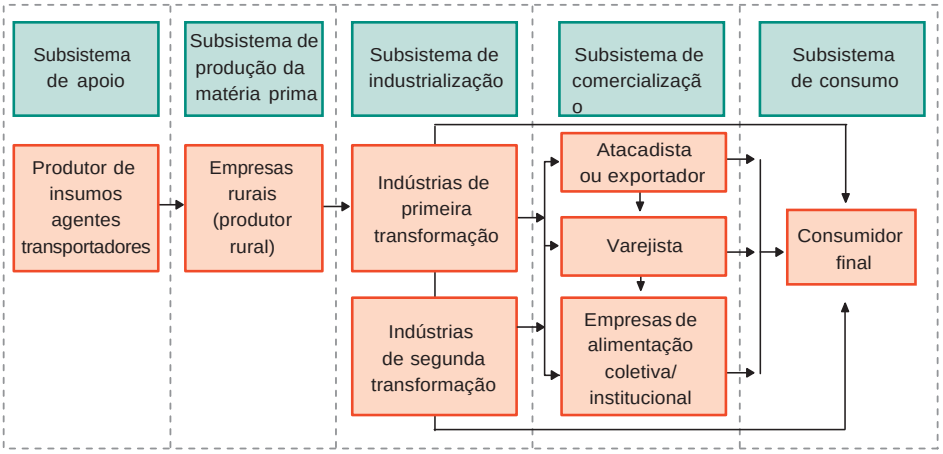
O setor exportador de carne bovina no Brasil ocupa lugar de destaque como gerador de emprego e renda e/ou de superávits comerciais. Tsunechiro e Martins (2006) relatam que a carne bovina é o principal produto agropecuário na pauta de exportações, com um valor agregado total de aproximadamente R$ 27 milhões, representando cerca de 17% do valor total da agropecuária.

A Figura 1 apresenta um organograma da estrutura da cadeia de carne bovina, em que o objeto de estudo deste artigo está na logística do transporte que vai do subsistema industrialização, em particular a indústria de primeira transformação (os frigoríficos), ao subsistema de comercialização, denominado agente atacadista ou exportador. Trata-se de uma cadeia extremamente complexa, com uma gama enorme de agentes envolvidos e cada vez mais especializados.

2 Nesse caso, é exigido um contêiner padrão alimento, no qual não deve haver pontos de ferrugem, pontos de luz e nenhum tipo de odor ou vestígio de carga geral.

Figura 1

Estrutura da cadeia de carne bovina



Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2008, p. 19).

O aumento das exportações brasileiras de carne bovina ocorreu de forma mais expressiva a partir de 2002, e as projeções de crescimento até 2018 são de 2,48% ao ano (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2008). O Brasil, como mostra a Tabela 1, tornou-se o maior exportador mundial de carne bovina em 2003 e vem consolidando essa liderança desde então.

Tabela 1

Exportações mundiais de carne bovina (mil toneladas)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Var. (2002/2007)
Brasil	1.006	1.301	1.854	2.198	2.200	2.420	140,56%
Austrália	1.366	1.264	1.394	1.413	1.420	1.495	9,44%
Índia*	417	439	499	627	750	800	91,85%
Nova Zelândia	486	558	606	589	540	570	17,28%
Estados Unidos	1.110	1.142	2.009	317	523	680	-38,74%

Fonte: USDA; elaboração da CNA

* Inclui búfalo. Previsão.

Além de grande exportador, é importante também ter uma pauta elevada de produtos, e não basta apenas ter um grande número de países compradores. O fato de se exportar para um grande número de países reduz o risco associado às grandes variações na demanda interna dos países compradores. Ainda sobre o estudo realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, pela Secretaria de Política Agrícola e pelo Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (2007), há um alerta de que os melhores clientes são aqueles que compram em grande quantidade e também numa pauta diversificada de itens. A Tabela 2 mostra a relação dos principais importadores de carne brasileira em 2005, com destaque para o Reino Unido, quanto ao valor, e para a Arábia Saudita, no que diz respeito à diversificação na pauta. Quanto ao valor médio por mil toneladas em milhões de dólares, o destaque é para a Suécia.

Tabela 2

Principais destinos das exportações de carne bovina, 2005

País	Pauta	Valor (US$ milhões)	Quantidade (mil toneladas)	Valor médio (US$milhões/ mil toneladas)*
Reino Unido	4	249,70	99,40	2,51
Rússia	6	242,60	158,30	1,53
Holanda	6	229,90	54,50	4,22
Chile	4	199,90	105,10	1,90
Estados Unidos	5	197,60	55,60	3,55
Itália	4	157,40	48,60	3,24
Irã	1	102,10	63,60	1,61
Alemanha	6	95,30	23,80	4,00
Hong Kong	7	78,30	54,00	1,45
Espanha	6	78,00	20,40	3,82
Arábia Saudita	9	75,00	43,20	1,74
Argélia	3	61,70	38,80	1,59
Israel	7	44,30	24,80	1,79
Suécia	3	34,70	7,20	4,82

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretária de Política Agrícola e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (2007, p. 47)

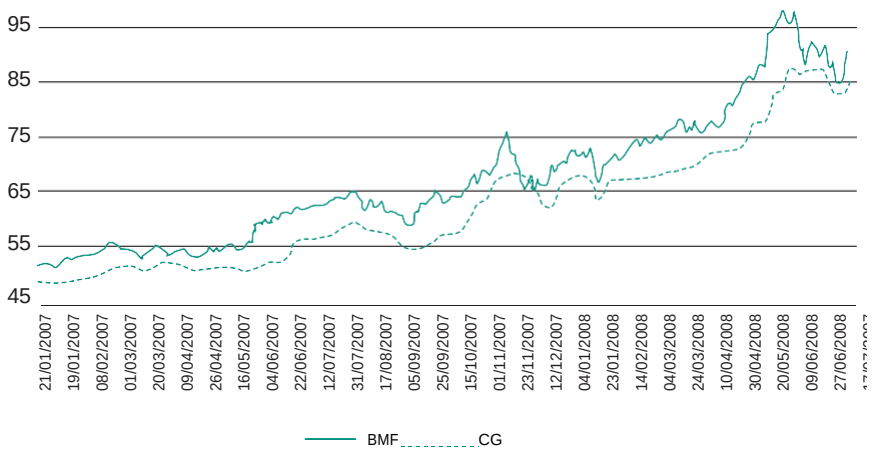
* Com a inclusão de informações adicionais pelos autores.

Os 14 principais importadores da carne bovina brasileira em 2005 foram responsáveis por 80% do total exportado em valor. Trata-se de uma expressiva concentração diante do total de 106 países importadores. O produto de destaque é a carne bovina desossada e congelada, seguida pela fresca ou resfriada. Sendo assim, há um cenário otimista para o setor exportador, pois existe uma elevada gama de destinos para a carne bovina, restando agora um trabalho intensivo em aumentar o volume de produto. Talvez o mais importante, a maior barreira já tenha sido vencida: o fato de o Brasil exportar para um grande número de países significa que já existem atendimentos sanitários estabelecidos com os países importadores, o que, por sua vez, significa maior facilidade e conhecimento desses mercados compradores (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO; SECRETARIA DE POLÍTICA AGRÍCOLA; INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA, 2007, p. 47).

No que diz respeito aos preços da arroba do boi gordo, o cenário é bom. O Gráfico 1 mostra o comportamento dos preços diários de Campo Grande (objeto do estudo) e do contrato futuro negociado na BM&F, de janeiro de 2007 a 30 de julho de 2008. Há uma tendência de elevação nos preços recebidos e esperados pelos produtores.

Gráfico 1

Preços físicos (Campo Grande) e futuros (BM&FBovespa) da arroba do boi gordo, valores diários.



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da bM&F e do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (2008).

Fica evidente que há um cenário otimista para a pecuária de corte brasileira no que diz respeito ao volume exportado, à consolidação no mercado internacional, às compras de plantas em países estratégicos, e também aos preços recebidos.

3
REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO

3.1 Programação linear

Problemas que envolvam programação linear têm sido vastamente aplicados a questões de otimização, seja de maximização ou minimização. Simon e Blume (2004, p. 407, 421) consideram o problema de otimização entre os mais importantes da teoria econômica. Tendo em vista que muitas vezes a economia é definida como o estudo da alocação ótima de recursos escassos, as palavras "ótima" e "escassa" têm um aspecto fundamental. A segunda remete ao fato de que os objetos de otimização não podem assumir quaisquer valores, estão condicionados ou restritos. E sendo assim, o termo "ótima" exige a melhor utilização possível desse recurso, de forma a maximizar (lucro, produção, utilização etc.) ou minimizar (custos, tempo, operações etc.) a função objetivo.

Diante da questão da otimização, várias aplicações são feitas por técnicas de programação matemática. Segundo Caixeta Filho (1997, p. 5), "técnicas de programação matemática, em particular programação linear (PL, ou LP – mais uma combinação de letras!) se enquadram sobre a ótica de modelagem normativa". Para esse autor, a programação linear nada mais é do que um aprimoramento de uma técnica de "resolução de sistema de equações lineares via inversões sucessivas de matrizes [...] com a vantagem de incorporar uma equação linear adicional representativa de um dado comportamento que deva ser otimizado".

A propagação e o uso ocorreram principalmente após a Segunda Grande Guerra. De acordo com Caixeta Filho (1997, p. 5-6), alguns passos na resolução e aplicação de modelos de programação linear devem ser observados:

1. Definir o objetivo básico do problema: maximização ou minimização.
2. Definir as variáveis de decisão envolvidas no modelo, como área a ser cultivada, tipos de culturas, classes de investimento, entre outras.
3. Restrições do problema, como capital disponível, capacidade de produção, disponibilidade de mão de obra, entre outras.

Outra questão de suma importância é a de que todas as expressões devem ser lineares, já que se trata de um problema de programação linear. Caixeta Filho (1997, p. 6) chama atenção de que, respeitada essa questão, a estrutura matemática se torna mais simples, mas perde no tocante à representação da realidade de fenômenos que não se comportam de forma linear.

As questões de cunho econômico, que envolvam programação linear, têm sido amplamente utilizadas na literatura brasileira. Caixeta Filho, Swaay-Neto e Wagemaker (2002) aplicaram a metodologia para o problema da otimização do planejamento de produção e da comercialização de lírios. A questão era maximizar o lucro respeitando as oportunidades do mercado (sazonalidade no consumo de flores) e gerenciar de forma eficiente o ciclo de produção e de comercialização. Diante do crescimento da empresa em questão, ficou praticamente impossível ao seu gestor planejar todas as atividades envolvidas desde a compra dos bulbos[3] até a entrega ao comprador. Tornou-se necessária a utilização de ferramentas que o auxiliassem na tomada de decisões e que otimizasse todo o processo.

Marques, Caixeta Filho e Frizzone (2004) estudaram a ocupação econômica de uma área agrícola de 500 hectares em Piracicaba, em São Paulo, com culturas irrigadas. O objetivo desse estudo era analisar situações diante da disponibilidade de água. Dentre essas situações, uma era tentar maximizar algum índice de ***performance*** e a outra tinha o propósito de minimizar algum custo envolvido. Os resultados mostraram a necessidade de planejamento no uso desse recurso escasso.

Oenning et al. (2004) estudaram a aplicação da teoria das restrições e programação linear sob o enfoque da otimização da produção. Esses autores buscavam maximizar o resultado em uma empresa e, para isso, a necessidade de maximizar os processos envolvidos.

Xavier et al. (2007) aplicaram modelos de programação linear em um problema de localização de frigoríficos no Estado do Mato Grosso do Sul. Por meio

3 Organismo que dá origem às flores, importado da Holanda.

de uma programação linear mista, os autores chegaram a uma redistribuição ótima das plantas frigoríficas naquele Estado, mas também concluíram que a atual distribuição é boa. Além dessa primeira conclusão, no que tange à capacidade instalada de abate, havia plantas com capacidade superdimensionada e também outras localidades com capacidade subdimensionada.

Brunetti e Reis (2008) fizeram um estudo com o objetivo de realocar as plantas dos frigoríficos bovinos no Estado do Mato Grosso do Sul e rever as capacidades de abates e também a quantidade de animais necessários para atender à demanda final. Esses autores construíram dois cenários: o primeiro baseado em fretes baixos e altas distâncias, e o segundo baseado em fretes altos e baixas distâncias.

Da breve revisão de literatura realizada, observou-se uma variedade grande de possibilidades de aplicações de problemas relacionados à programação linear. No entanto, constatou-se escassez de trabalhos que envolvam o objetivo aqui proposto e uma questão extremamente usada pelo mercado, a qual será muito útil para melhor compreender o problema.

3.2 Descrição do processo logístico

O objetivo do modelo adotado é minimizar o custo da logística envolvida. Não se trata apenas de alcançar o mínimo custo do transporte, pois, no processo, estão envolvidas outras variáveis, como estufagem do contêiner, retirada do "vazio", depósito do "cheio" e os prazos envolvidos. Por isso, estratégias que não se limitam apenas ao transporte devem ser adotadas, aproximando-se muito mais de um problema logístico.

O esquema descrito na Figura 2 traz o problema a ser estudado. Um frigorífico, situado em Campo Grande, no Mato Grosso do Sul, tem duas opções de escoar seu produto de exportação: transportá-lo via cavalo mecânico acoplado a uma carreta do tipo baú refrigerado com capacidade de 21,5 toneladas ou via cavalo mecânico engatado em carreta tipo porta-contêiner (40 pés, refrigerado) com capacidade de carga de 27 toneladas. Há ainda a possibilidade de exportar via porto de Santos ou Guarujá. No entanto, adotou-se como fornecimento, via relação contratual, um total de 300 toneladas ao dia. Além dessa restrição, somente é possível "estufar"[4] um total de cinco contêineres por dia.

4 Termo usado para descrever o processo de carregar o contêiner, realizar o travamento da carga, aplicar produtos que evitem a proliferação de fungos (quando necessário) e lacrá-lo.

3.2.1 *Transporte via carreta do tipo baú refrigerado*

A adoção desta opção de transporte tem suas vantagens. Em primeiro lugar, não há necessidade de nenhum profissional do frigorífico com prática ou treinamento especializado em "estufar" um contêiner, o que exige uma amarra da carga diferente, tendo em vista o interior de um contêiner não ser igual ao de um baú. A capacidade de carga desse veículo é de 21,5 toneladas, contra 27 de um contêiner. O processo, no caso em Campo Grande, será mais ágil, tendo em vista a especialização da equipe logística em carregar as carretas do tipo baú.

A questão da "estufagem" seria transferida ao armazém/depósito localizado em Santos, que, por sua vez, é especializado nesse tipo de serviço. O receptor dessa carga ficaria encarregado de descarregar o produto originado na indústria frigorífica, carregar o contêiner, lacrá-lo, informar o número do lacre ao despachante aduaneiro e, por fim, dar a ordem para que seja entregue no terminal portuário, que pode ser Santos ou Guarujá. Esse processo está descrito na Figura 2 pelos fluxos de transporte C, D e E (porto do Guarujá) ou F e G (porto de Santos). Um fator importante é o custo da estufagem (processo de transferir a carga para o interior do contêiner) que deverá ser pago ao armazém/depósito localizado em Santos, que, para fins deste trabalho, terá um custo estimado em R$ 700,00 por contêiner.

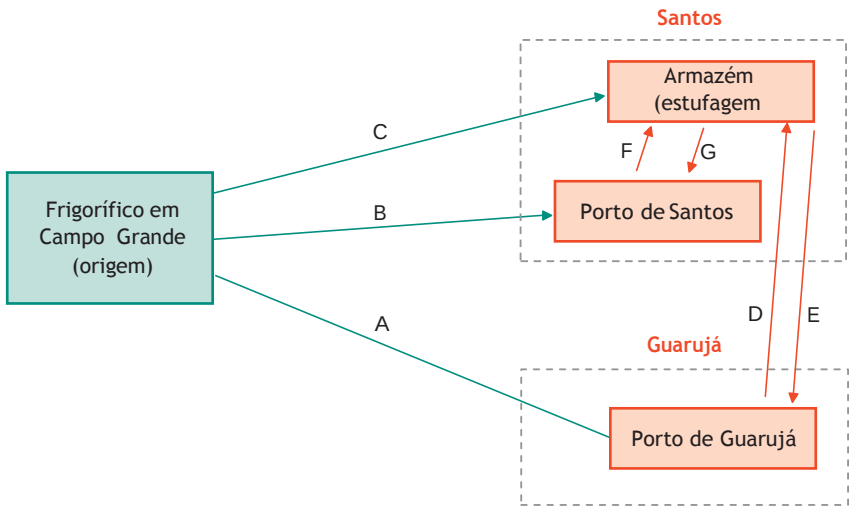
3.2.2 *Transporte via carreta do tipo porta-contêiner*

A outra forma de transporte é a utilização de carreta do tipo porta-contêiner. Nesse caso, o contêiner refrigerado é retirado no terminal portuário (Santos ou Guarujá), o veículo segue vazio até o frigorífico, onde será "estufado" e lacrado, e, em seguida, será entregue diretamente no terminal portuário de onde foi retirado. Com esse processo, não há a necessidade da utilização do armazém/depósito em Santos. A particularidade é que, nesse caso, necessariamente deverá haver profissionais especializados no frigorífico em verificar as condições do contêiner, como pontos de ferrugem ou de luz, funcionamento adequado do sistema de refrigeração e se as portas estão em acordo quanto ao fechamento e à abertura. A princípio, parece um processo simples, mas, na verdade, é muito particular diante do cliente destinatário (país de destino da carga), e nenhuma falha poderá haver sob pena de não aceitação da carga e de se incorrer em altos custos, além de problemas contratuais pertinentes.

Diante de todas essas exigências, a prioridade de carregamento no frigorífico muitas vezes passará a ser o contêiner em detrimento dos demais veículos, e qualquer tipo de falha poderá atrasar todo o escoamento da produção. Por essas razões, o custo de estufagem será estipulado em R$ 1.000,00 por contêiner, e a capacidade diária do frigorífico será de cinco estufagens ao dia.

Figura 2

Esquema das possibilidades de exportação de carnes



Fonte: Elaboração dos autores.

Fluxos de transporte:

- Fluxo A: contêiner 40" refrigerado, Guarujá x Campo Grande x Guarujá.
- Fluxo B: contêiner 40" refrigerado, Santos x Campo Grande x Santos.
- Fluxo C: carreta do tipo baú refrigerado, Campo Grande x Santos.
- Fluxo D: contêiner 40" refrigerado "vazio", Guarujá x armazém.
- Fluxo E: contêiner 40" refrigerado "cheio", armazém x Guarujá.
- Fluxo F: contêiner 40" refrigerado "vazio", Santos x armazém.
- Fluxo G: contêiner 40" refrigerado "cheio", armazém x Santos.

3.3 Modelo matemático

O objetivo do modelo será minimizar os custos do processo de exportação que envolve diretamente o transporte e a estufagem, sendo possível, com o resultado alcançado, tomar a decisão de qual será o melhor porto e tipo de veículo adotado para a realização do transporte. O *software* utilizado para resolução do problema foi o General Algebraic Modeling System (Gams). A estrutura do modelo é a seguinte:

Índices

- i porto de destino: Santos e Guarujá;
- j tipo de veículo: carreta do tipo baú e carreta do tipo porta-contêiner.

Demais variáveis no modelo:

- W_{ij} custo do transporte ao porto "i" pelo veículo "j";
- X_{ij} quantidade transportada ao destino "i" pelo veículo "j";

Função objetivo:

$$MIN \sum_{i=1}^{2} \sum_{j=1}^{2} W_{ij} X_{ij}$$

Sujeito às restrições:

- Produção mínima, determinada via contrato, em determinada unidade de tempo:

$$21{,}5 \sum_{i=1}^{2} \sum_{j=1}^{1} X_{ij} + 27{,}0 \sum_{i=1}^{2} \sum_{j=2}^{2} X_{ij} \geq 300$$

- Capacidade de estufagem de contêineres no frigorífico por unidade de tempo:

$$\sum_{i=1}^{2} \sum_{j=1}^{2} X_{ii} \leq 5$$

- Capacidade de carga dos veículos:
  a) Carreta do tipo baú: 21,5 t.
  b) Carreta do tipo porta-contêiner: 27 t.

3.4 Dados

O problema irá tratar do custo total do transporte em razão da capacidade de "estufagem" e produção diária do frigorífico. Sendo assim, serão necessários os preços dos fretes de todos os fluxos envolvidos e também o custo de estufagem da carga. O frete da carreta do tipo baú refrigerado de Campo Grande a Santos foi coletado no Sistema de Informações de Fretes (Sifreca) da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Esalq-LOG). Os demais fretes foram coletados em pesquisa realizada em três transportadoras especializadas, na cidade de Santos. A capacidade e os custos de estufagem foram estimados.

4 RESULTADOS

Como resultados do modelo, foram obtidos o menor custo de transporte de carnes para exportação e também o melhor conjunto por tipos de veículos, dada a capacidade produtiva do frigorífico e o limite máximo de estufagens de contêineres. Os custos envolvidos no transporte para cada um dos tipos de veículos estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3

Custos dos fretes rodoviários

	Santos (R$)	Guarujá (R$)
Contêiner: Campo Grande (fluxos A e b)	5.350,00	5.600,00
Contêiner: Santos (cheio) (fluxos G e E)	420,00	550,00
Contêiner: Santos (vazio) (fluxos F e D)	200,00	350,00
Carreta do tipo baú refrigerado (fluxo C)	4.085.00	_

Fonte: Sifreca e pesquisa realizada pelos autores.

Na Tabela 4, constam as quantidades ótimas de cada tipo de veículo, respeitando-se as restrições já discutidas anteriormente.

Tabela 4

Quantidade ótima transportada por tipo de veículo

	Contêiner		Carreta	
	Quantidade (un.)	Carga total (t)	Quantidade (un.)	Carga total (t)
Santos	5	135	8	172
Guarujá	0	0	0	0

Fonte: Resultados da pesquisa.

Com base nos resultados da Tabela 4, tem-se uma questão essencial: o total em toneladas de carnes está acima da estabelecida via contrato entre as partes, de 300 toneladas. O total transportado em contêineres e carretas é de 307 toneladas. A melhor opção é a que minimiza os custos da logística envolvida para o total da carga. O valor da função "objetivos", para os fluxos descritos na tabela, foi de R$ 74.990,00.

Diante do exposto na Tabela 4, o melhor porto de destino é o de Santos, em detrimento do de Guarujá. Do total transportado, cinco veículos do tipo porta-contêiner deverão sair de Santos, seguir para o frigorífico em Campo Grande, "estufar" e seguir viagem novamente, agora carregados, até o terminal portuário também em Santos, para entregar a mercadoria. Nessa opção, não houve a necessidade de utilização do armazém, e o fluxo é descrito pela alternativa B na Figura 2. Quanto às oito carretas, obrigatoriamente deverão seguir até o armazém e descarregar a carga. Outros veículos porta-contêineres deverão completar o transporte até o terminal portuário em Santos. Esses fluxos de transporte estão descritos na Figura 2, pelos caminhos C (carretas) e F e G (contêineres).

Acerca da restrição de capacidade do frigorífico, a opção otimizadora está resumida na Tabela 5. Ao respeitar essa restrição, a quantidade transportada deverá ser de 5 contêineres e 7,67 carretas do tipo baú refrigerado.

Tabela 5

Quantidade ótima transportada por tipo de veículo

	Contêiner		Carreta	
	Quantidade (un.)	Carga total (t)	Quantidade (un.)	Carga total (t)
Santos	5	135	7,67441	165
Guarujá	0	0	0	0

Fonte: Resultados da pesquisa.

Ocorre que não é viável economicamente transportar carga fracionada em um veículo, seja ele qual for. O ideal, sempre, é utilizar a capacidade máxima permitida por veículo. Sendo assim, essa opção não é a ideal minimizadora de custos, o que força a utilizar apenas sete carretas, tendo em vista que o uso de oito, conforme a Tabela 4, ultrapassa o limite de produção do frigorífico. A adoção desse número de carretas dado pela Tabela 5, mais os cinco contêineres, geram um total de 285,50 toneladas, ficando um resíduo a transportar de 14,50 toneladas. Os fluxos (Figura 2) para esse problema são os mesmo indicados pelos resultados da Tabela 4, já descritos anteriormente. O custo total desse fluxo de transporte, incluído o transporte fracionado de um veículo (0,67441), é de R$ 73.230,33.

Diante do exposto pelos resultados até o momento, tem-se um importante impasse: incorrer em uma opção não minimizadora de custos ou em produto não transportado? A resposta a essa questão está na Tabela 4, em que o ideal é o transporte de 307 toneladas, ou seja, caso haja capacidade de o frigorífico aumentar a oferta em 7 toneladas, acima do estabelecido via contrato.

5
CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste artigo indicam que não é uma opção minimizadora de custos o uso do porto da cidade do Guarujá, seja o transporte realizado por carreta tipo baú ou porta-contêiner. Um dos limitadores de se utilizar essa opção é que apenas está disponível a possibilidade de "estufar" os

contêineres na cidade de Santos, o outro é o frete mais caro até o Guarujá. Uma das opções verificadas foi a de aumentar a capacidade do frigorífico para 307 toneladas, o que irá possibilitar uma saída de cinco carretas do tipo porta-contêiner e oito carretas do tipo baú, o que gerará um custo total de R$ 74.990,00. Caso não seja possível elevar a capacidade da planta frigorífica, há duas possibilidades: transportar todo o volume produzido e usar uma carreta com quantidade ociosa de carga ou optar por usar sete carretas e incorrer em um resíduo de produto de 14,5 toneladas, que seriam transportadas em um fluxo posterior.

Um resultado importante deste trabalho foi o de identificar um problema real no transporte de carnes para exportação. A questão da adoção do tipo de veículo sempre é uma decisão importante e constante que o gestor logístico no frigorífico deve fazer. Quanto à limitação da pesquisa, a principal é a necessidade de completar o modelo com mais informações adicionais, como capacidade de abate, volume destinado à exportação e ao mercado interno, disponibilidade de frota própria (o que torna necessária a maximização de seu uso), capacidade de estufagem do armazém e também os custos de escoar a carga via Santos e Guarujá, que vai ser um condicionante na decisão.

Quanto a pesquisas futuras, é um tema relevante e pouco explorado. Com a disponibilidade dos dados necessários e citados anteriormente, é possível, por meio da programação linear, determinar a quantidade e o conjunto de veículos que minimizem os custos totais envolvidos e assim auxiliar o gestor logístico com uma poderosa ferramenta na tomada de decisão.

Referências

ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DE PARANAGUÁ E ANTONINA (APPA). Disponível em: <http://www.portosdoparana.pr.gov.br/>. Acesso em: 17 nov. 2008.

BRUNETTI, L.; REIS, J. D. Realocando os frigoríficos no Estado do Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. *Anais...* Rio Branco: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008.

CAIXETA FILHO, J. V. *Pesquisa operacional aplicada ao sistema agroindustrial*. São Paulo: Atlas, 1997.

CAIXETA FILHO, J. V.; SWAAY-NETO, J. M.; WAGEMAKER, A. P. Optimization of the production planning and trade of Lily Flowers at Jan de Wit Company. *Interfaces Informes*, v. 32, n. 1, p. 35-46, 2002.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA); CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNA). *Ativos da Pecuária de Corte*. 5. ed. Piracicaba: Cepea, CNA, 2008. v. 2.

COMPANHIA DAS DOCAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (Codesp). Disponível em: <http://www.portodesantos.com/codesp.php>. Acesso em: 17 nov. 2008.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNA). Disponível em: <http://www.cna.gov.br>. Acesso em: 17 nov. 2008.

FNP: CONSULTORIA & COMÉRCIO. *Anuário Brasileiro da Pecuária* – Anualpec. São Paulo: FNP: Consultoria & Comércio, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 17 nov.2008.

MACEDO, L. O. B. Modernização da pecuária de corte bovina no Brasil e a importância do crédito rural. *Informações Econômicas*, São Paulo, v.36, n. 7, p. 84-95, 2006.

MARQUES, P.A. A.; CAIXETA FILHO, J. V.;FRIZZONE, J. A. Estudo da ocupação econômica de área agrícola através de programação linear incluindo risco para Piracicaba/SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro. *Anais...* São Pedro: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2004. CD-ROM.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 17 nov.2008.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA); SECRETARIA DE POLÍTICA AGRÍCOLA (SPA); INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA (IICA). *Cadeia produtiva de carne bovina*. Brasília; Mapa, SPA, Iica, 2007. (Série Agronegócios, v. 8).

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (MDIC). Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br>. Acesso em: 17 nov. 2008.

MIRANDA, S. H. G. *Quantificação dos efeitos das barreiras não tarifárias sobre as exportações brasileiras de carne bovina.* 2001. p. 233. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

OENNING, V. et al. Teoria das restrições e programação linear. Uma análise sobre o enfoque da otimização da produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24., 2004, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: Abepro, 2004. p. 210-218.

SIMON, C. P.; BLUME, L. *Matemática para economistas*. Porto Alegre: Bookman, 2004.

TSUNECHIRO, A.; MARTINS, V. A. Valor da produção agropecuária do Brasil em 2003, por unidade da Federação. *Informações Econômicas*, v. 36, n. 2, fev. 2006.

XAVIER C. E. O. et al. Localização ótima de frigoríficos no Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 45., 2007, Londrina. *Anais...* Londrina: Sober, 2007. p. 21.