

ELABORAÇÃO DE UM MODELO DE TRANSPORTES DA CADEIA DE CARNE BOVINA BRASILEIRA APLICADO EM DIFERENTES CENÁRIOS

Roberto Fray da Silva
Luiz Eduardo Wilbert Andrade
Hugo Tsugunobu Yishida Yishizaki
Carlos Eduardo Cugnasca
Universidade de São Paulo
Escola Politécnica

RESUMO

A carne bovina é um dos produtos de exportação mais importantes do Brasil. Em 2010, foram exportadas 951.242 toneladas de produto. O modal rodoviário predomina no transporte aos portos. O presente artigo visa definir os corredores de exportação deste produto e otimizá-los, minimizando os gastos com transporte. Foram simulados nove cenários considerando modificações na malha atual. Custos de pedido e armazenamento não foram considerados. A otimização demonstra uma economia de R\$8,5 milhões, ou 6% do total gasto com transporte em 2010. Nos cenários que simularam a diminuição da carga embarcada por Santos, a diminuição dos gastos chegou a 44%. Existe uma série de dificuldades na aplicação do modelo proposto, como a coordenação da cadeia e a distribuição de custos e benefícios. Pesquisas futuras se relacionam a: consideração da tributação entre estados, custos de armazenagem, modais alternativos, localizações de centros de distribuição, e interação com a cadeia do mercado interno.

ABSTRACT

Cattle meat is one of the most important exportation products for Brazil. In 2010, it exported 951,242 t of products, using mainly road transportation to bring them to outbound ports. This paper aims to define these product's exportation corridors and optimize them, minimizing transportation costs. Nine scenarios were considered. Ordering and warehousing costs were not considered. The optimization shows an economy of R\$8.6 million, equal to 6% of the total transportation costs during 2010. On the scenarios that were used to simulate the effect of less cargo exported by Santos, the cost reduction was of up to 44%. There are several difficulties applying this model, such as supply chain coordination and distribution of costs and benefits. Future studies are related to the consideration of taxation costs between states, warehousing costs, alternative modals, localization of distribution centers, and interaction with the domestic market's supply chain.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da exportação de produtos agrícolas é expressivo nas últimas décadas. O Brasil tornou-se, nos últimos anos, o principal exportador mundial de açúcar, café, suco de laranja, carne bovina e carne de frango. Estes produtos são caracterizados por envolverem grande volume, baixo valor agregado, fluxo com destino fixo (terminais portuários) e grande participação da logística no preço FOB do produto.

A logística, responsável pelo planejamento e execução do transporte, armazenagem, processamento de pedidos e distribuição dos produtos, participa de forma marcante na formação de preços destes produtos e, como consequência, em sua competitividade no mercado mundial.

Segundo o relatório executivo do Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT) (CENTRAN, 2007), o modal rodoviário contribuiu com 58% da carga movimentada em 2005. Os modais ferroviário e hidroviário, por sua vez, contribuíram com 25% e 13% do fluxo de cargas, respectivamente. Porém, deve-se salientar que, caso se retire o minério de ferro destes cálculos (produto que é transportado quase que exclusivamente via modal ferroviário), o modal rodoviário contribuiu com a movimentação de 70% das cargas no país em 2005.

O Brasil é o maior exportador mundial de carne bovina: segundo o MDIC/SECEX (2011), o país exportou 951.242 t em 2010. Destas, 928.809 t foram escoadas utilizando terminais portuários, o que equivale a 97,64% do total exportado. Cabe destacar que a carne bovina necessita de manutenção das variáveis ambientais ao longo de toda sua cadeia.

Segundo Caixeta Filho et al. (1998), o modal rodoviário possui duas grandes vantagens, que impactam diretamente nesta cadeia: baixo *transit time*, aliado ao fato de poder captar produto de diferentes origens, e entrega porta-a-porta, uma vantagem na cadeia do mercado interno.

2. A IMPORTÂNCIA DA LOGÍSTICA

A competitividade do mercado conduziu as empresas ao conhecimento mais aprofundado dos custos, particularmente o custo de transporte. Os custos logísticos típicos de uma empresa são: transporte, apoio a manufatura, manutenção de estoques, serviços a clientes, processamentos de ordens, armazenagem empacotamento e os custos associados com informação e dados administrativos internos e externos (BOWERSOX, 1986).

Segundo as pesquisas feitas pelo CEL/COPPEAD (2008), o custo de transporte representa 64% dos custos logísticos totais, comparados ao custo de estoque (19%) e o custo de armazenagem (17%). Dentro dessa perspectiva, Ballou (2004) afirma que qualquer esforço para reduzir o custo de transporte impacta diretamente os custos operacionais, melhorando a eficiência, o nível de serviço e os fluxos de produtos entre os elos da cadeia de suprimento.

Guasch et al. (2008), em um relatório do Banco Mundial, apresentam que 55% das empresas da América Latina consideram a logística um problema sério para seu desenvolvimento e aumento de competitividade, focando principalmente a exportação e a distribuição de produtos. No caso da Europa e da Ásia Central, 25% das empresas tiveram a mesma opinião.

Segundo a análise de Guasch et al. (2008), a logística, no Brasil, apresenta uma contribuição média de 26% no preço de venda do produto, um valor alto em comparação a outros países da América Latina, como México (20%) e Chile (18%). Países com alto desempenho logístico apresentam contribuições ainda menores, como EUA (9,5%), países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) (9%) e Cingapura (8,5%).

Um levantamento sobre problemas de infraestrutura logística no Brasil feito por Wanke (2009) destaca que o país possui diversos problemas a serem resolvidos: alto tempo de espera pelos navios para atracar no porto de Santos, filas de caminhões em situações como as chuvas, que impedem o carregamento de navios, e falta de manutenção das rodovias. Porém, estes problemas devem ser amenizados por cada segmento exportador, pois diferentes cadeias demandam tanto operações quanto infraestrutura diferentes.

Diversas técnicas são utilizadas para reduzir o impacto dos custos nos fluxos logísticos e uma delas é a programação linear. Simon e Blume (2004, p.407 , 421) consideram o problema de otimização entre os mais importantes, tendo em vista a alocação ótima de recursos escassos com restrições.

O problema de fluxo de produtos entre instalações é um dos modelos mais apropriados para avaliar os sistemas de transporte e foi abordado por muitos autores, conforme Daskin (1995). De forma mais precisa, esses problemas consistem em determinar o melhor caminho para

transferir produtos da origem até os pontos de atração de demanda, escolhendo a estrutura de conexão e minimizando os custos totais.

A estratégia de decisão dos fluxos envolve a análise das estratégias táticas e operacionais. Para Ballou (2004), essas decisões envolvem localização de instalações, decisões de transporte e estoque, restrições de atendimento da demanda e de capacidade e a determinação do fluxo de produtos no sistema de transporte.

3. OS CORREDORES DE EXPORTAÇÃO

Os conceitos de Rummer & Branche (1994) evidenciam a preocupação com a qualidade, o foco no cliente, o tempo de ciclo ou o custo, sendo que o desempenho está por detrás de tudo isso. Gualda (1995) incorpora esse pensamento, analisando os sistemas de transporte de acordo com uma visão sistêmica, verificando o papel importante que podem desempenhar, sendo capazes de responder com eficiência à nova realidade imposta pela abertura da economia brasileira.

A definição de corredores de transporte, segundo o IPEA (1972), é estruturado como um segmento do sistema de transporte, unindo área ou pólos entre os quais ocorre, ou deverá ocorrer em um futuro próximo, uma movimentação de mercadorias de densidade tal que justifique a adoção de tecnologias modernas de manuseio, armazenagem e transporte.

O enfoque sistêmico (GUALDA, 1995) pode ser aplicado a um corredor, modificando o conceito de eficiência modal para o de integração modal, procurando a otimização operacional de toda a cadeia de transporte, combinando as atividades de cada elo em busca do ótimo global. Para Barat (1978), o dimensionamento da capacidade dos portos é determinado de acordo com as possibilidades do comércio internacional e os reflexos da evolução tecnológica, auxiliados pelos corredores de transporte para exportação.

A necessidade de reduzir custos de estoque, pressões para reduzir prazos de entrega dos produtos e diversificação da produção exigem novas estratégias na logística da distribuição da produção. Para Novaes (1986), os sistemas de transporte têm por objetivo o deslocamento de bens de um ponto para outro da rede logística, respeitando as restrições de integridade de carga e de confiabilidade.

Essas estratégias, segundo Ballou (2004), são operacionalizadas considerando o transporte como uma função de aproximar mercados com menor custo ou tempo de viagem, o que torna complexa a tarefa de escolher a melhor rota de escoamento dos produtos. Para Mesquita (1980), a integração de um sistema de transporte é condição fundamental para a redução dos custos operacionais e entender a conjugação global, tanto de vias, veículos e terminais é requisito para coordenação operacional ou a intermodalidade do sistema.

4. A CADEIA DA CARNE BOVINA

A cadeia agroindustrial da carne bovina é complexa, envolvendo diversas alternativas para uso de cada um dos produtos gerados pelo abate do animal, como é possível observar na Figura 1.

O estudo de Miranda et al. (2001) descreve os principais tipos de carne exportados, e é de extrema relevância o fato de que poucos frigoríficos brasileiros possuem como foco a

exportação de carnes industrializadas, apesar de algumas unidades possuírem uma grande produção voltada a este tipo de produto, que é exportado principalmente para os EUA. Alguns países possuem também exigências com relação às operações na unidade abatedora. Enquanto o mercado árabe só compra animais abatidos segundo as exigências conhecidas como “abate halau”, o mercado judeu só adquire carne proveniente do “abate kosher”, no qual é exigida a presença de um rabino durante o abate.

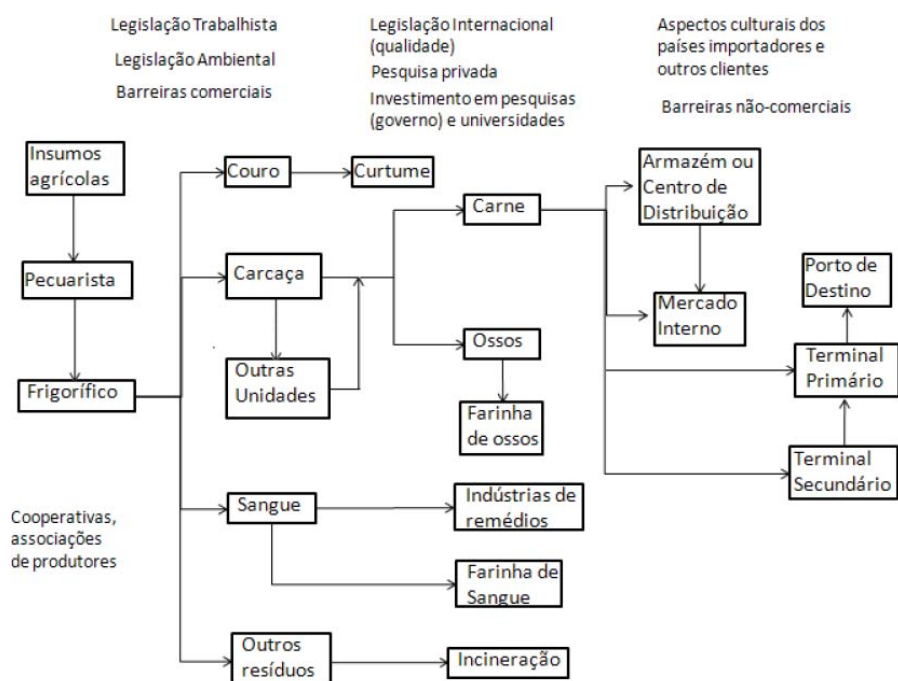


Figura 1. Cadeia de suprimentos da carne bovina visando exportação.
Fonte: os autores, 2011.

O controle de temperatura é o método mais utilizado para conservar a carne, e dois tipos diferentes de controle são utilizados: o uso de *resfriamento* e o uso de *congelamento*. A carne resfriada possui uma durabilidade de 120 dias, enquanto que a congelada, de 2 anos. A primeira correspondeu, em 2010, a 8% do total exportado pelo Brasil, enquanto que a segunda, a 92% do produto escoado (MDIC/SECEX, 2011). É importante frisar que tanto o transporte quanto o armazenamento de carne bovina congelada e refrigerada se diferenciam (SILVA, 2009).

O transporte de carne bovina é feito de duas formas: por meio de *carretas frigoríficas*, no caso de produtos em caixas, destinados principalmente ao mercado interno, como no caso de embarques do tipo *break-bulk*, caracterizados por carga embarcada nos navios utilizando caixas ou *pallets*; ou por *contêineres refrigerados* (também conhecidos por *reefers*) de 40 pés (SILVA, 2009). Os principais portos pelos quais a carne é escoada são destacados na Figura 2, em conjunto com a oferta de carne bovina nos diferentes estados. Pode-se observar que o principal ponto de escoamento de carne do país para os mercados internacionais é o porto de Santos, com 68,67% da carne escoada em 2010 (MDIC/SECEX, 2011). O porto de Paranaguá, segundo maior ponto de exportação do produto, correspondeu a 14,35% do total exportado (MDIC/SECEX, 2011).

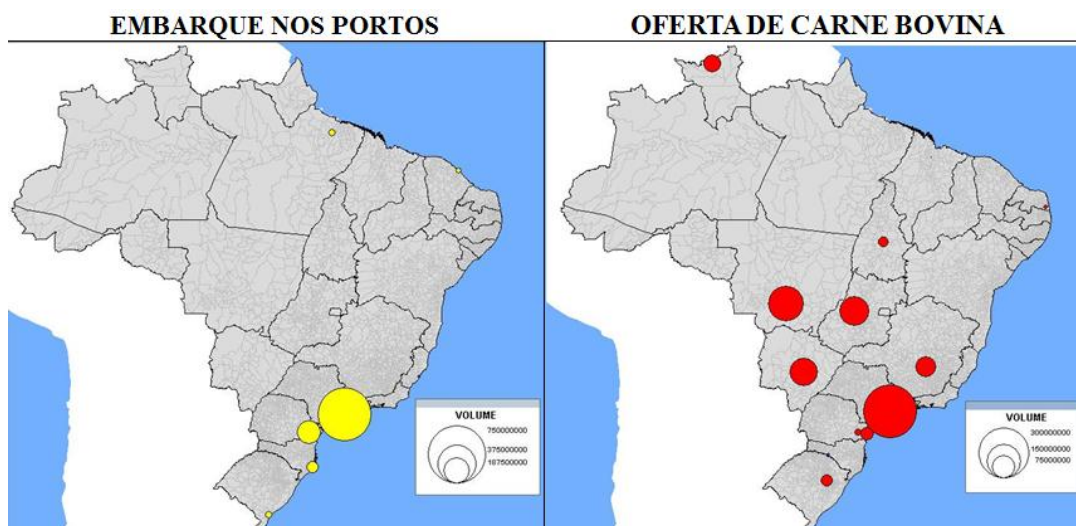


Figura 2. Demanda nos portos e oferta de carne bovina em kg nos diferentes estados brasileiros.

Fonte: elaborado pelos autores com base em dados do MDIC/SECEX, 2011.

5. MODELOS DE TRANSPORTE APLICADOS A PRODUTOS AGRÍCOLAS

Uma série de trabalhos já foi elaborada, até o presente momento, utilizando modelos de otimização, tanto de transporte quanto de localização, para otimização de cadeias agrícolas. A cadeia de carne bovina, porém, possui poucos trabalhos significativos nesta área, apesar de sua grande importância para o país, como pode ser observado nesta seção.

Petersen e Taylor (2001) utilizaram modelagem matemática para planejar o melhor momento de se investir em uma nova estrada de ferro que ligue as regiões Centro-Oeste e Norte, considerando possíveis conexões e a rede já existente de rodovias, ferrovias e hidrovias. As variáveis consideradas são: custos de inventário, custos operacionais, custos de oportunidade e vida útil. O modelo visa maximizar o retorno do investimento.

Lucas e Chhajer (2004) apresentam uma revisão abrangente das aplicações de modelos matemáticos voltados à localização na agricultura. Dos 38 artigos analisados, apenas sete são aplicações voltadas à cadeia de carne bovina, sendo que somente dois abordam a questão dos transportes. Esses autores citam que grande parte dos problemas relacionados à agricultura gera modelos complexos e de difícil aplicação, que é o caso da definição e otimização de corredores de exportação.

Lima et al. (2005) desenvolveram um modelo matemático para escoamento de soja para exportação, utilizando-o em uma série de rotas com origem em MT (Campo Novo do Parecis, Primavera do Leste, Nova Xavantina, Sorriso e Rondonópolis) e destino Rotterdam. Os portos nacionais considerados foram Santos (SP), Paranaguá (PR), Itaquí (MA), Itacoatiara (AM) e Vitória (ES). As variáveis consideradas foram: custos de armazenamento, frete rodoviário e ferroviário ao terminal portuário, custos portuários e frete marítimo a Rotterdam. Devido à disponibilidade de dados, o grau de detalhamento das origens foi no nível de mesoregiões.

Gribkovskaia et al. (2006) propõem um sistema de suporte a decisões do transporte de animais aos abatedouros baseado em programação inteira mista focando na redução de custos de transporte e manutenção de altos níveis de bem-estar animal e qualidade da carne.

Estudos de Carvalho et al. (2007) e Branco e Caixeta Filho (2008) visaram estimar a demanda de carga captável de soja em grãos, óleo e farelo de soja pela Estrada de Ferro Norte-Sul. O modelo indica uma carga de 1,1 milhão de toneladas de produtos desta cadeia agroindustrial com possível utilização da mesma. Foi utilizado um modelo de fluxo de custo mínimo multiproduto, caracterizado por minimização de custos de frete envolvendo diversas rotas e produtos, considerando movimentações ferroviárias e rodoviárias em diferentes cenários. Estes foram constituídos basicamente de diferentes etapas da construção da ferrovia.

Silva Neto e Caixeta Filho (2009) elaboraram um modelo de programação linear para definir quais eram as melhores rotas e tipos de veículo (carreta baú refrigerada ou carreta porta-contêiner) para escoamento da produção de carne bovina de um frigorífico em Campo Grande (MS) a Santos (SP) e Guarujá (SP). As restrições utilizadas dizem respeito à capacidade de estufagem de contêineres do frigorífico e sua produção mínima determinada por contratos por unidade de tempo. Os autores concluíram que, na situação estudada, a minimização de custos do frigorífico seria atingido com o ganho de escala advindo de aumento de sua oferta de produtos, e que o porto de Santos (SP) levaria a uma diminuição nos custos.

Branco et al. (2010) propõem um modelo matemático de otimização para o transporte multimodal de safras agrícolas no corredor Centro-Oeste (origem nas microregiões dos estados do Centro-Oeste e destino em São Paulo e Paraná) focando em diferentes produtos: açúcar, álcool, milho, soja em grãos, óleo de soja, farelo de soja e trigo. O software GAMS foi utilizado para resolver o modelo matemático. Foram estudadas a situação atual e o cenário esperado de crescimento e consumo destas *commodities* em 2015.

Wang e Yan (2010) desenvolveram um modelo matemático para integração da cadeia de suprimentos de produtos agrícolas perecíveis visando mercado interno, desde a produção da matéria-prima até a distribuição ao usuário final. Os principais parâmetros considerados foram os custos de pedido, estoque e armazenagem e transportes. O principal objetivo do modelo é fornecer informações ao tomador de decisões.

Zucchi (2010) elaborou um modelo de localização dinâmica (com incorporação de efeito do tempo no modelo) para a cadeia de suprimentos de carne bovina brasileira visando exportação, considerando os custos de instalação de novos abatedouros e os custos de transporte de produtos. Foram analisados quatro cenários: localização ótima de abatedouros; localizações ótimas de abatedouros, excluindo produção de carne na Amazônia Legal; cenário atual; e cenário atual com aumento de demanda. Os cenários resultaram em uma quantidade de unidades bem diferentes, sendo que o custo de transporte possuiu grande impacto na localização das mesmas.

6. METODOLOGIA

As técnicas de modelagem utilizadas para a simulação de fluxos de transporte partem da divisão espacial da área que será analisada em zonas de carga e a escolha de centróides de origem e destino das cargas. Para cada um dos centróides, são atribuídos valores de oferta e demanda, que representam a quantidade de carga que deve sair ou chegar a cada zona. No caso do presente artigo, toda a demanda dos portos deve ser atendida. A etapa seguinte é analisar os fluxos de cargas resultantes entre os centróides. Os dados de demanda e oferta utilizados são provenientes do sistema AliceWeb, do Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC/SECEX, 2011).

Devido à ausência de dados mais detalhados, foi utilizada a exportação de cada estado em 2010 como oferta de produtos, e a quantidade escoada em cada porto como demanda. No caso dos destinos, foram considerados os estados como destino, e não os portos. Isto foi feito para diminuir a complexidade do problema, sendo que se acredita que o resultado não foi significativamente afetado após a adoção desta premissa.

Para o cálculo dos fretes e fluxos, foi utilizado o seguinte método: primeiramente, foi feito um levantamento da localização de todos os frigoríficos habilitados a exportação no país; em seguida, foi feita a estimativa das distâncias rodoviárias entre todos os frigoríficos e os terminais portuários para os quais os estados escoaram produto, utilizando o software Guia 4 Rodas 2007 PRO (GUIA 4 RODAS 2007 PRO, 2008), e calculou-se uma distância média de cada estado aos portos utilizados pelo mesmo em 2010, considerando todos os frigoríficos do mesmo como origens; calculou-se o frete unitário (frete em R\$/t.km) das rotas de transporte de carne bovina visando exportação coletadas pelo Grupo ESALQ-LOG (ESALQ-LOG, 2011); separou-se os fretes por faixas de distância: 0 a 500 km, 501 a 1.000 km, 1.001 a 1.500 km, 1.501 a 2.000 km, 2.001 a 2.500 km, 2.501 a 3.000 km e mais de 3.000 km; utilizando-se então a distância média de cada estado e o frete unitário em cada faixa de distância, calculou-se o frete rodoviário dos fluxos.

No caso de rotas não utilizadas atualmente, as distâncias foram estimadas a partir da média simples das distâncias entre os frigoríficos presentes no estado de origem e os terminais portuários de destino. Para o cálculo do frete, foram aplicados os mesmos momentos por faixa de distância citados anteriormente.

A alocação ótima dos fluxos de produtos entre as regiões geradoras de carga e as regiões de atração de carga, por meio da rede viária, foi calculada utilizando-se um modelo linear de otimização, que teve como objetivo a minimização do custo total de transporte de cargas. O modelo de programação linear utilizado foi o modelo de transporte sem custo fixo proposto por Daskin (1995) e definido como:

Parâmetros:

$i = \text{Frigorífico}$

$j = \text{Porto}$

C_{ij} = Custo de Transporte de i para j

D_{ij} = Distância de i para j

X_{ij} = Volume transportado de i para j

Cap_i = Capacidade da Instalação i

S_j = Demanda no ponto j

A Função Objetivo é representada pela seguinte equação:

$$\text{MIN } \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} C_{ij} D_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

Restrição 1: Atendimento da demanda: o volume transferido da instalação i deve ser igual à demanda no porto i , ou seja

$$\sum_{j \in J} X_{ij} = S_j \quad \forall i \in I \quad (2)$$

Restrição 2: Capacidade das instalações: o volume transferido da instalação i não deve ultrapassar a capacidade da instalação i , ou seja

$$\sum_{j \in J} X_{ij} \leq Cap_i \quad \forall i \in I \quad (3)$$

Restrição 3: Restrição de não negatividade

$$X_{ij} \geq 0 \quad (4)$$

Foram simulados nove cenários utilizando o modelo proposto. O primeiro é uma otimização da situação atual (C1). O segundo, por sua vez, retira as restrições de capacidade dos portos (C2). Os outros sete cenários dizem respeito à diminuições de 5% (C3), 10% (C4), 20% (C5), 25% (C6), 50% (C7), 75% (C8) e 100% (C9) na quantidade de produto escoada pelo porto de Santos.

Para a elaboração e utilização deste modelo, foi utilizado o software de otimização LINGO, da Lindo Systems (LINDO, 2011). Os dados foram posteriormente analisados utilizando o software Microsoft Excel, e mapas foram gerados utilizando o software TransCAD (CALIPER, 2011). Os cenários foram analisados com base no custo total de transporte de cada um e na modificação dos fluxos.

7. RESULTADOS

O cenário otimizado evidenciou diversas diferenças com relação ao cenário atual, concentrando o fluxo de cada estado em um número menor de destinos, visando diminuir a distância total percorrida. Porém, o modelo considera não só a distância na minimização dos custos, mas também os diferentes fretes unitários rodoviários. Cálculos baseados em fretes reais praticados no ano de 2010, provenientes do Anuário ESALQ-LOG 2010 (ESALQ-LOG, 2011), destacam os diversos valores rodoviários, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Frete rodoviário em R\$/t.km para diferentes faixas de distância no transporte de carne bovina

Distância (km)	Frete rodoviário (R\$/t.km)
Menor que 500	R\$ 0,15153
501 a 1000	R\$ 0,11708
1001 a 1500	R\$ 0,13986
1501 a 2000	R\$ 0,15594
2001 a 2500	R\$ 0,15550
2501 a 3000	R\$ 0,12257
Maior que 3001	R\$ 0,12549

Fonte: elaborado pelos autores, com base em dados de ESALQ-LOG (2011).

A Figura 3 apresenta os fluxos de produto nos cenários atual, C1 e C2. É possível observar a dinâmica de concentração de rotas para determinados destinos, explicada anteriormente. No caso do cenário sem restrições, existe uma concentração marcante no porto de Barcarena (PA), devido à sua maior proximidade do Centro-Oeste. A produção do Sudeste é escoada por Santos (SP) e Vitória (ES).

Figura 3. Fluxo de produtos no cenário atual e otimizado.



Fonte: os autores, 2011.

As principais rotas utilizadas atualmente, que foram abandonadas em todos os cenários propostos pelo modelo, são: AM a PR; ES a SP; GO a PR; MA a SP; MG a PR; MS a RJ e SP; MT a PR e; PA a CE, RJ e SP; PR a SC e SP; RS a PR e SP; SC a SP; SP a CE, PA, RS e SC; TO a PR e SP. Estas rotas não deveriam ser utilizadas, pois só oneram a cadeia. Duas rotas foram incluídas em todos os cenários, demonstrando sua viabilidade em todas as situações propostas: MA a CE e MT a PA. Algumas rotas sofreram aumentos em todos os cenários: PA a PA, PR a PR, TO a CE e TO a PA. Estas também são rotas de curta distância, e, considerado apenas o custo do frete, fariam mais sentido do que as atuais PA a SP, PR a SP e TO a SP.

A Tabela 2 apresenta um resumo dos resultados do modelo. Pode-se observar uma significativa diminuição na quantidade enviada da região Centro-Oeste para o porto de Santos, sendo esta carga redirecionada para os portos do Rio de Janeiro, Paranaguá e Antonina e Rio Grande, tanto no caso da otimização quanto nos cenários C3, C4, C5, C6, C7, C8 e C9. No cenário C2, como citado anteriormente, existe uma concentração no porto de Barcarena (PA).

No caso da região Norte, houve uma diminuição do fluxo para Santos, redirecionando a carga para Paranaguá e Antonina nos cenários C3 a C9. A região Nordeste observou uma melhor distribuição dos seus fluxos para portos da região Nordeste. Já a região Sul observou um grande aumento nos fluxos para Paranaguá e Antonina e os portos de Santa Catarina (Imbituba, Itajaí e São Francisco do Sul). A região Sudeste, por sua vez, observou uma concentração de seus fluxos no porto de Santos, diminuindo as distâncias totais percorridas e, como consequência, o custo total do frete.

A Tabela 3 apresenta o frete total nos diferentes cenários propostos. Pode-se observar que no cenário C1, que considera apenas a realocação das rotas, sem nenhuma mudança nas capacidades de oferta nos estados e embarque nos portos, é possível obter uma economia de R\$ 8,5 milhões, ou 6% em comparação à situação atual. Já em C2, um cenário no qual desconsidera-se a capacidade de embarque dos portos, é possível diminuir em 48% o gasto atual com fretes, gerando uma economia de R\$66 milhões. Entre os cenários C3 e C7, observa-se um gradativo aumento da economia gerada pela diminuição do uso do porto de Santos. Porém, nos cenários C8 e C9 (diminuição de 75% e 100% no embarque no porto de Santos, respectivamente), observa-se um aumento no custo do frete. Isto ocorre devido à necessidade de realocação das cargas do estado de São Paulo para portos mais longínquos, como o do Rio de Janeiro.

Tabela 2. Quantidade movimentada de carne bovina em toneladas nos diferentes cenários

Origem	Destino	Atual	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
CO	N	-	-	391.783	20.552	53.215	118.539	151.001	284.739	391.783	391.783
CO	NE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO	S	71.833	130.177	-	130.177	130.177	130.177	119.385	107.044	-	-
CO	SE	319.950	261.606	-	241.053	208.391	143.066	121.396	-	-	-
N	N	21.931	21.956	50.111	34.066	34.066	34.066	34.266	34.316	34.316	34.316
N	NE	16.232	15.995	-	15.995	15.995	15.995	15.795	15.795	15.795	15.795
N	S	23.761	33.753	-	33.753	33.753	33.753	33.753	47.896	47.896	47.896
N	SE	36.083	26.303	47.896	14.193	14.193	14.193	14.193	-	-	-
NE	N	-	-	836	-	-	-	-	-	-	-
NE	NE	200	836	200	836	836	836	1.036	836	1.036	1.036
NE	SE	836	200	-	200	200	200	-	200	-	-
S	S	30.378	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880
S	SE	8.502	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SE	N	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SE	NE	400	-	-	-	-	-	-	200	-	-
SE	S	101.751	24.913	-	24.913	24.913	24.913	35.704	34.990	159.330	322.641
SE	SE	296.929	374.191	399.104	374.191	374.191	374.191	363.400	363.915	239.775	76.464

Fonte: resultados da pesquisa, 2011.

A diminuição das distâncias percorridas também possui um impacto significativo na diminuição do tempo em trânsito da mercadoria, fator de grande importância para produtos perecíveis, como é o caso da carne bovina. Acredita-se que uma melhor configuração da rede poderia levar a ganhos significativos de competitividade no mercado mundial.

Tabela 3. Frete total em R\$ nos diferentes cenários, e comparação com o cenário atual

Cenário	Frete Total (R\$)	Cenário/Atual
Atual	R\$ 137.126.127	-
C1	R\$ 128.602.739	-6%
C2	R\$ 70.834.261	-48%
C3	R\$ 121.118.816	-12%
C4	R\$ 114.020.314	-17%
C5	R\$ 99.823.310	-27%
C6	R\$ 93.785.370	-32%
C7	R\$ 76.435.034	-44%
C8	R\$ 76.604.362	-44%
C9	R\$ 80.428.455	-41%

Fonte: resultados da pesquisa, 2011.

O modelo proposto destaca um conceito muito importante de cadeias de suprimentos: a

otimização de agentes em separado (no caso, a otimização de cada estado em separado ou de cada empresa em separado) leva a ineficiências que não permitem a otimização da cadeia toda. Uma série de problemas operacionais existem caso haja a possibilidade de otimizar a cadeia como um todo, porém os dois principais são: como será feita a coordenação da cadeia, e como serão distribuídos os custos e benefícios da otimização.

Deve-se ressaltar que o modelo proposto não considera uma série de custos e fatores que serão inseridos em versões posteriores, como a diferença na tributação entre os estados, responsável por grande parte da movimentação do porto de Santos; custos de armazenagem; possibilidade de uso de modais alternativos como o ferroviário; localizações de centros de distribuição, armazéns frigoríficos nas áreas retroportuárias e presença de portos secos nas diferentes regiões; e interação com a cadeia de suprimentos de carne bovina para o mercado interno. Um fator a ser incorporado no modelo em trabalhos futuros é o tempo em trânsito do produto, fator este ligado diretamente à qualidade do mesmo.

8. CONCLUSÃO

A logística é um fator de grande importância para a competitividade dos produtos agrícolas brasileiros. No caso da carne bovina, este estudo demonstrou que é possível diminuir custos envolvidos com movimentação caso a cadeia possa ser orquestrada de maneira a otimizá-la como um todo, e não somente em partes.

O modelo proposto evidencia que é possível uma redução significativa dos custos de transporte de carne bovina para exportação nos diferentes cenários. Destes, o mais facilmente aplicável, que diz respeito à otimização das atuais rotas, gera uma economia de cerca 6%. Acredita-se que, incorporando outros fatores citados anteriormente, a otimização da cadeia irá promover ainda mais benefícios. Uma série de rotas foi concentrada, diminuindo a distância percorrida pelo produto. Além da redução dos gastos com frete, isto proporciona maior agilidade do produto.

Diversos aspectos não foram considerados neste modelo inicial, dada a complexidade do problema de otimização de uma cadeia de produto perecível como um todo. Trabalhos futuros irão incorporar fatores como o tempo em trânsito do produto, o uso de modais alternativos e a divisão de benefícios entre os agentes da cadeia, bem como o transporte marítimo e a manipulação da carga no país de destino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ballou, R. H. (2004) *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial*. 5 ed., Bookman, São Paulo, SP.
- Barat, J. (1978) *A evolução dos transportes*, IBGE/IPEA, Rio de Janeiro, RJ.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., Helferich, O. K. (1986) *Logistical Management: A Systems Integration of Physical Distribution, Manufacturing, Support and Materials Procurement*. 3º Ed. Macmillan, New York.
- Branco, J. E. H., Caixeta Filho, J. V. (2008), Estimating Freight Demand for North-South Railway: a Brazilian Case Study. *10th International Conference on Application of Advanced Technologies in Transportation*, p. 1-14.
- Branco, J. E. H., Caixeta Filho, J. V., Xavier, C. E. O., Lopes, R. L., Gameiro, A. H. (2010), Desenvolvimento de modelo matemático de otimização logística para o transporte multimodal de safras agrícolas pelo corredor Centro-Oeste. *Informe Gepec*, Toledo, v. 14, n. 1, p. 84-100.
- Caixeta Filho, J. V., Silva, N. D. V., Gameiro, A. H., Lopes, R. L., Galvani, P. R. C., Martignon, L. M., Marques, R. W. C. (1998) *Competitividade no Agribusiness: A Questão do Transporte em um Contexto Logístico*. Piracicaba, SP.
- CALIPER – Caliper Corporation (2011) *TransCAD – Transportation Planning Software*. Disponível em:

<<http://www.caliper.com/>>

- Carvalho, L. B., Branco, J. E. H., Caixeta Filho, J. V. (2007), Estimativa da demanda ferroviária apresentada pelo complexo soja: um estudo para Estrada de Ferro Norte-Sul (EFNS). *Anais do XLV Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural*. Disponível em Compact disc.
- CEL – COPPEAD – Centro de Estudos em Logística (2008) *Relatório da Pesquisa de Panorama Logístico: Custos Logísticos no Brasil 2008/2006*, Rio de Janeiro, RJ.
- CENTRAN - Centro de Excelência em Engenharia de Transportes (2007) *PNLT - Plano Nacional de Logística e Transportes*. Brasília, DF.
- Daskin, M. S. (1995) *Network and Discrete Location: Models, Algorithms and Applications*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- ESALQ-LOG - Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial (2011) *Anuário 2010 do Sifreca - Sistema de Informações de Fretes*. Piracicaba, SP.
- Gribkovskaia, I., Gullberg, B. O., Hovden, K. J., Wallace, S. W. (2006), Optimization model for a livestock collection problem. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 36, n. 2, p. 136-152.
- Gualda, N. D. F. (1995) *Terminais de transporte: contribuição ao planejamento e ao dimensionamento operacional*, Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, SP.
- Guasch, J. L., Gonzalez, J. A., Serebrisky, T. (2008) *Improving logistics costs for transportation and trade facilitation*. Policy Research Working Paper 4558. The World Bank - Latin America and Caribbean Region Sustainable Development Department, Washington D.C., USA.
- Guia 4 Rodas 2007 PRO (2008) – Editora Abril, São Paulo, SP.
- IPEA – Ministério do Planejamento e Coordenação Geral (1972) *Corredores de Transportes*, Rio de Janeiro, RJ.
- Lima, L. M., Branco, J. E. H., Caixeta Filho, J. V. (2005), Um modelo dinâmico para otimização do escoamento de soja em grão. *Anais do XLIII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural*. Disponível em Compact disc.
- LINDO – Lindo Systems (2011) *LINGO 13.0 – Optimization modeling software for linear, nonlinear and integer programming*. Disponível em : < <http://www.lindo.com/>>.
- Lucas, M. T., Chhajer, D. (2004), Applications of location analysis in agriculture: a survey. *Journal of the Operational Research Society*, v. 55, p. 561-578.
- MDIC/SECEX – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (2011) *Sistema AliceWeb*. Consultado em 10/06/2011.
- Mesquita, A. H. M. (1980) *Estudo Intermodal de Transporte de Cargas em um Corredor: Aplicação no macro eixo Rio – São Paulo*. Tese de Mestrado em Engenharia de Transporte, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Miranda, S. H. G., Motta, M. A. S. B. (2001), Exportação de carne bovina brasileira: evolução por tipo e destino. *Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural*. Disponível em Compact disc.
- Novaes, A. G. N. (1986) *Sistemas de Transporte: Terceiro volume*, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, SP.
- Petersen, E. R., Taylor, A. J. (2001), An investment planning model for a new North-Central railway in Brazil. *Transportation Research Part A*, v. 35, p. 847-862.
- Rummler, G. A., Branche, A. P. (1994) *Melhores Desempenhos das Empresas*. Makron Books, São Paulo, SP.
- Silva Neto, W. A., Caixeta Filho, J. V. (2009), Logística da exportação de carne bovina: uma aplicação em programação linear. *Revista de Economia Mackenzie*, v. 7, n. 3, p. 59-77.
- Silva, R. F. (2009), *Caracterização logística dos corredores de exportação de carne bovina brasileira*. Trabalho de Conclusão de Estágio (Estágio Profissionalizante em Engenharia Agrônoma) – Universidade de São Paulo (Esalq), Piracicaba, SP.
- Simon, C. P., Blume, L. (2004) *Matemática para economistas*. Bookman, Porto Alegre.
- Wang, D., Yan, Y. (2010), Optimization model on close supply chain of green agricultural products in China. *ICLEM 2010: Logistics for Sustained Economic Development, Proceedings of the, Volume VI – Supply Chain Management*, p. 4152-4157.
- Wanke, P. (2009) *Introdução ao Planejamento de Redes Logísticas*. Atlas, São Paulo, SP.
- Zucchi, J. D. (2010) *Modelo locacional dinâmico para a cadeia agroindustrial da carne bovina brasileira*. Tese de Doutorado em Ciências, com área de concentração em Economia Aplicada na ESALQ/USP, Piracicaba, SP.