

Alessandra Fraga Dubke

**Modelo de localização de terminais
especializados: um estudo de caso em
corredores de exportação da soja**

TESE DE DOUTORADO

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
INDUSTRIAL**

Programa de Pós-graduação em
Engenharia de Produção

Rio de Janeiro
Setembro de 2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



Alessandra Fraga Dubke

**Modelo de localização de terminais especializados: um estudo
de caso em corredores de exportação da soja**

Tese de Doutorado

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio como parte dos requisitos parciais para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

Orientador: Nélio Domingues Pizzolato

**Rio de Janeiro
Setembro de 2006**



Alessandra Fraga Dubke

**Modelo de localização de terminais especializados: um estudo
de caso em corredores de exportação da soja**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio como parte dos requisitos parciais para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção. Aprovada pela comissão examinadora abaixo assinada.

Prof. Nélio Domingues Pizzolato

Orientador
Departamento de Engenharia Industrial

Prof. Jose Eugenio Leal

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Leonardo Junqueira Lustosa

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Edson José Dalto

IBMEC-RJ

Prof^a Denise Portella Rosa

LVA Logística de valor agregado Ltda.

Prof. Fabiano Mezadre Pompermayer

Companhia Vale do Rio Doce - CVRD

Prof. Jose Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 01 de setembro de 2006.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

Alessandra Fraga Dubke

Graduou-se em Direito (1992) e Ciências Econômicas (1993) na UVV e UFES. cursou Mestrado em Engenharia de Produção na PUC-Rio entre 1994 a 1996. No ano de 1998 fez o curso de Especialização em Comércio Exterior na UFES. Foi Professora substituta do Departamento de Engenharia de Produção da UFES de 1997 a 1998. Atuou como Professora Assistente e Coordenadora no Centro Universitário Vila Velha – ES de 2000 a 2005. Foi Pesquisadora visitante do Departamento de Geografia e do *Fisher College of Business* da Ohio State University – USA no período de março a setembro de 2006. Atualmente é professora titular da Coordenadoria de Transportes do Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo (CEFET – ES) e analista de negócios da Companhia Vale do Rio Doce – CVRD.

Ficha Catalográfica

Dubke, Alessandra Fraga

Modelo de localização de terminais especializados: um estudo de caso em corredores de exportação da soja / Alessandra Fraga Dubke ; orientador: Nélio Domingues Pizzolato. – 2006.

177 f. : il. ; 30 cm

Tese (Doutorado em Engenharia Industrial) –Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Logística. 3. Localização de instalações. 4. Terminais especializados. 5. Plataformas logísticas. 6. Exportação de soja em grãos. 7. Farelo e óleo de soja. I. Pizzolato, Nélio Domingues. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

Para minha família, que tanto me incentivou e contribuiu
para que este momento se tornasse realidade.

Agradecimentos

Ao Professor Nélio Domingues Pizzolato, orientador que me acompanhou e incentivou durante todos esses anos.

Ao Professor Morton O'Kelly, orientador do Departamento de Geografia da *Ohio State University*, por sua grande contribuição a esta tese.

À professora Keely Croxton, orientadora do *Fisher College of Business* da *Ohio State University*, pela receptividade e contribuição a esta tese.

Ao Professor Walter Zinn, pela grande incentivo e oportunidade de estudar no Departamento de Logística da *Ohio State University*.

Aos Professores Maria Inês Faé, Jose Eugenio Leal, Denise Simões e Ângela Monjardim pelo incentivo ao início deste doutoramento e pelas inúmeras contribuições ao longo dele.

Aos professores do DEI e aos membros desta banca de doutorado.

A todos os funcionários do DEI, pelo carinho, paciência e amizade durante o curso.

A CAPES e a PUC-Rio, pelo apoio financeiro.

À Direção do CEFET-ES e em especial aos meus amigos de Coordenadoria de Transportes, pelo apoio, incentivo a que esse momento se tornasse realidade.

À Direção da UVV e em especial aos meus amigos das diversas coordenações em que trabalhei, pelo incentivo para que esse momento se tornasse realidade.

Ao Engenheiro Renato Saleme (CVRD) e Professor Glaydston Mattos (UFES), pelas importantes informações e contribuições a esta tese.

Ao Sr. Alexandre Demartini, pelas inúmeras contribuições, informações e incentivos a esta tese.

A CVRD, em especial aos colegas da Gerência de Planejamento Estratégico, pelo incentivo ao encerramento desta tese.

À Graciela, Larissa, Marcelo, Regner e Cristina Castello, que me acompanham e incentivam por tantos anos nesta jornada acadêmica, meu muito obrigado. Tenho certeza que já faço parte desta família também.

As Professoras Dilú Salviatto, Káthia e Nádia Fraiha, pelas contribuições nas traduções, correções, preparação para o *toefl* e normas acadêmicas.

Aos queridos amigos Fábio Romero, Graça Leite, Natália, Letícia Motta, Ana Paula Faria, Giovanna Burns, Paulo Storch, Isabel Girão, Maria Elysa Souza, Gesiane Pereira, Juliana Marques, Ângela Markoski e Adriana Lopes pelo carinho, amizade e as muitas injeções de ânimo, através de seus e-mails carinhosos e papos via *web*, sejam nos EUA ou por aqui mesmo. Vocês foram e são muito importantes para mim.

Aos meus colegas de doutorado, especialmente a Betty, Fabrício, Adriana, Cristina e tantos outros na qual tive contato na “favelinha”.

Aos Professores Patrícia Alcântara Cardoso e Hélio Zanqueto Filho, pelo incentivo, amizade e pelos inúmeros conselhos de quem já havia passado por este desafio.

As Professoras Ângela Becalli e Lúcia Casate, pelo carinho, amizade e pelas inúmeras contribuições “administrativas” para que o doutorado sanduíche se tornasse realidade.

Aos amigos que me apoiaram em Columbus - Ohio, em especial Teresa Hutchinson e Suzanna Klaf e todos os colegas da *The Geography house*, pelo carinho e compreensão ao meu inglês totalmente “brasileiro”.

Por fim, a toda minha família, pelos inúmeros gestos de carinho, apoio, afeto e compreensão as minhas difíceis escolhas.

Resumo

Dubke, Alessandra Fraga; Pizzolato, Nélio Domingues. **Modelo de localização de terminais especializados: um estudo de caso em corredores de exportação da soja.** Rio de Janeiro: 2006. 177 p. Tese de Doutorado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho tem por objetivo desenvolver um modelo de localização para terminais especializados no Brasil. Partiu-se de um conceito de localização de plataformas logísticas, como macro unidades de negócios que operam agregando algum valor ao produto, estando localizadas no entorno de portos públicos ou terminais privados no Brasil, para se chegar à localização de terminais especializados, que operam como micro unidades de negócios, especializadas na prestação de serviços para algumas cadeias logísticas. Foi utilizado como base teórica o modelo de transbordo (*transshipment model*), combinado com os modelos quantitativos de localização de plantas capacitadas para múltiplos produtos (*multi-commodity, multi-facility and capacitated location model*), a fim de se definir qual a melhor alternativa para uma escolha estratégica locacional. Tem-se como objetivo específico aplicar esse modelo a uma cadeia de suprimentos do agronegócio no Brasil que utilize um terminal especializado como área de transbordo, escoamento e agregação de valor de cargas com destino ao exterior. O universo do estudo abrangeu o volume exportado de soja em grãos, farelo de soja e óleo de soja pelo Brasil no ano de 2004, compreendendo dados pertinentes a seis (6) pontos de origem, seis (6) portos de escoamento/ beneficiamento/ transbordo e três (3) portos de destino no exterior.

Foram apresentados os resultados do modelo para $Z \leq 6$ terminais até $Z = 1$ terminal especializado e uma análise de sensibilidade à ampliação da capacidade, ao investimento, aos custos de transporte e preços. Foram descritos também alguns fatores qualitativos relevantes que podem ser causadores de entraves à localização de terminais especializados e plataformas logísticas no Brasil. Ao final, foram apresentadas algumas conclusões, limitações e recomendações para a continuidade do estudo.

Palavras-chaves:

Terminais especializados, plataformas logísticas, modelos de localização, *transshipment*, exportação de soja em grãos, farelo e óleo de soja.

Abstract

Dubke, Alessandra Fraga; Pizzolato, Nélio Domingues (Advisor). **Specialized terminals location model: A case study as applied to exportation corridors of soya.** Rio de Janeiro: 2006. 177 p. DSc.Thesis - Departamento de Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The objective of this dissertation is to develop a facility location model as applied to specialized terminals in Brazilian seaports. The dissertation starts with the logistics platform concept, a macro business-oriented logistics units next to seaports that operate adding value service to products to reach specialized terminals, which are in turn a micro business-orientated logistics unit specialized in specific supply chains.

The model was based on some combination of transshipment model and multi-commodity, multi-facility and capacitated location model. Specifically, the objective is to apply the proposed model to a supply chain in the Brazilian agribusiness which uses seaport logistics platforms or specialized terminals as a transshipment area, allowing the application of added value services. The research universe includes the volume of exported soy beans, soy meal and oil from Brazil in 2004. The data include six points of origins in Brazil, six transshipment ports, and three world destination seaports.

Results extending from $Z \leq 6$ to $Z = 1$ specialized terminals are presented. Some results, allocation flow and sensibility analysis by price, investments, cost and capacity are also presented. Some relevant factors which might pose difficulties to the location of the platforms are also discussed. Finally, some conclusions, limitations and recommendations for further work are also presented.

Key-words:

Specialized terminals, logistics platforms, facility location models, transshipment model, exportation of soya beans, soya meal and oil.

Sumário

1	Introdução	17
1.1	Histórico da pesquisa	18
1.2	Plataformas Logísticas e terminais especializados	20
1.4	Objetivos e hipóteses	23
1.5	Contribuições da tese	24
1.6	Organização do trabalho	25
2.	O comércio internacional e a soja no Brasil	27
2.1	A competitividade das exportações brasileiras	27
2.2	Cadeia produtiva da soja no Brasil	31
2.3	Oferta e demanda mundial de soja	34
2.4	A cultura da soja no Brasil	41
2.5	Infra-estrutura logística para exportação brasileira	44
3	Plataformas Logísticas	49
3.1	Conceituação e contextualização	49
3.2	Valor agregado e as plataformas logísticas	54
3.3	Intermodalidade e plataformas logísticas	60
3.4	Alguns exemplos de plataformas logísticas	62
4.	Fundamentos para a localização de instalações	74
4.1	Planejamento estratégico, tático e operacional	74

4.2	Caracterização dos modelos de localização de instalações (<i>Facility location</i>)	76
4.3	Problema de localização de plantas capacitadas (<i>The capacitated plant location problem</i>)	82
4.4	Problema de localização de plantas capacitadas para múltiplos produtos (<i>multi-commodity facility location problem</i>)	87
4.5	O problema do transbordo - <i>The transshipment problem</i>	92
5.	Metodologia	96
5.1	Caracterização da pesquisa	96
5.2	A formulação	98
5.3	Universo e amostra	104
5.4	Coleta de dados	105
5.5	Tratamento dos Dados	106
5.6	Limitações do estudo	107
6	Estudo de caso	108
6.1	Dados de entrada do modelo	108
6.2	Resultados	113
6.3	Análise de sensibilidade	128
6.4	Possíveis entraves à localização de plataformas logísticas	133
7.	Conclusões	137
7.1	Propostas para a continuidade deste estudo	139
8.	Referências	141

Lista de Figuras

Figura 1 – Estrutura da tese	25
Figura 2 – Cadeia produtiva da soja	32
Figura 3 – Destino da produção brasileira de soja – safra 2005/2006	38
Figura 4 – Distripark de Roterdã	66
Figura 5 - Potencial de localização das CLI	70
Figura 6 – Plataforma Logística Multimodal de Goiás	72
Figura 7 - Rede representando o problema de transbordo (<i>The transshipment problem</i>)	93
Figura 8 – Estrutura da Metodologia	96

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Pauta de exportações brasileiras	29
Tabela 2 – Capacidade instalada de processamento da soja no Brasil	34
Tabela 3 – Evolução da Produção e consumo mundial de soja	36
Tabela 4 – Concentração de Exportadores 2005	39
Tabela 5 – Ranking dos Maiores produtores de soja no Brasil	44
Tabela 6 – Exportação brasileira: meios de transporte utilizados	45
Tabela 7 – Tipologia dos terminais de transporte pelo valor agregado	56
Tabela 8 – Ampliação da tipologia dos terminais de transporte pelo valor agregado	58
Tabela 9 – Dados de Oferta da Soja no Brasil (2004)	109
Tabela 10 – Capacidade instalada dos portos e terminais marítimos (t)	109
Tabela 11 – Custo de transporte marítimo – 2004	111
Tabela 12 – Custo fixo por serviço (g_{js}^{serv}) – 2004	112
Tabela 13 – Resultados do modelo para $Z \leq 6$ terminais especializados	114
Tabela 14 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)	114
Tabela 15 – Alocação de Fluxo de Soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos (t)	115
Tabela 16 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)	116
Tabela 17 – Alocação de Fluxo de Soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)	116
Tabela 18 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)	117

Tabela 19 – Alocação de Fluxo de Farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos (t)	117
Tabela 20 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)	118
Tabela 21 – Alocação de Fluxo de Soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)	118
Tabela 22 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)	119
Tabela 23 – Alocação de fluxo de farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)	119
Tabela 24 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)	120
Tabela 25 – Alocação de fluxo de soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)	120
Tabela 26 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)	121
Tabela 27 – Alocação de fluxo de farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)	121
Tabela 28 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)	122
Tabela 29 – Alocação de fluxo de soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)	122
Tabela 30 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)	123
Tabela 31 – Alocação de fluxo de farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)	123

Tabela 32 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)	124
Tabela 33 – Alocação de fluxo de soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)	124
Tabela 34 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)	125
Tabela 35 – Alocação de fluxo de farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)	125
Tabela 36 – Alocação de fluxo de soja em grãos para produção nos terminais especializados (t)	126
Tabela 37 – Alocação de fluxo de óleo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)	126
Tabela 38 – Análise de sensibilidade – variação da capacidade total	128
Tabela 39 – Análise de sensibilidade à variação da capacidade total e custo fixo	130

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Balança Comercial Brasileira (1950 a 2005)	28
Gráfico 2 – Produção mundial de soja por continente	35
Gráfico 3 – Evolução das Exportações de soja e derivados	37
Gráfico 4 – Evolução das Exportações de soja e derivados para os principais destinos	38
Gráfico 5 – Brasil: Evolução do preço das exportações de soja e derivados	40
Gráfico 6 - Evolução do deslocamento da área plantada no Brasil	43
Gráfico 7 – Análise de Sensibilidade ao custo de transporte	130
Gráfico 8 – Análise de Sensibilidade ao preço dos produtos	132
Gráfico 9 - Análise de Sensibilidade ao investimento	133

Lista de Mapas

Mapa 1 - Principais microrregiões na produção de soja em 2002	42
Mapa 2 – Pontos de origem e portos/terminais de transbordo	105
Mapa 3 - Rotas de escoamento da soja em grãos	127

1.

Introdução

No início dos anos 80 surgiu na literatura o conceito de cadeia logística ou *Supply Chain Management (SCM)*, que rapidamente ganhou ampla notoriedade (Lambert, 1998). Sua importância provém de um conjunto de fatores cujo foco principal é a crescente fragmentação dos processos logísticos, impulsionada pelas atividades terceirizadas, em contraposição à estrutura tradicional de empresas verticalizadas. Tem-se consolidado, desde então, a proliferação de múltiplos agentes e empresas especializadas em partes específicas do processo.

O gerenciamento da cadeia de suprimentos vem ganhando cada vez maior relevância na gestão das empresas, decorrente da terceirização de serviços para operadores logísticos (*third party logistics providers*) e da utilização progressiva de tecnologias de informação aplicadas à logística. Estes operadores logísticos são impulsionados a reduzir o tempo de ciclo na operação e distribuição dos produtos de modo a manter o nível de serviço desejado pelo cliente. Conseqüentemente, o transporte e as operações logísticas têm-se tornado atividades críticas para se alcançar esse novo paradigma.

A utilização de plataformas logísticas, como macro unidades de negócio e terminais especializados, como micro unidades de negócio, surgem como uma opção de resposta à economia moderna, que exige maior velocidade de reação e desempenho, diante da diversidade de exigências da demanda. O estudo desses terminais especializados, a definição de um modelo de localização e aplicação a uma cadeia de suprimentos específica são os objetos de investigação desta tese.

1.1

Histórico da pesquisa

Desde o projeto inicial de doutoramento, o objetivo era analisar a localização de plataformas logísticas no Brasil. No primeiro momento, entretanto, tinha-se como foco desenvolver este estudo baseado no modelo de *hub and spoke network*.

As *hubs networks* são redes com tráfego concentrado em um ou mais pontos *hubs* (concentradores), que funcionam como centros de transbordo, consolidando e distribuindo fluxos de cargas e/ou passageiros entre múltiplas origens e destinos. Estes problemas de localização de pontos concentradores têm muitas aplicabilidades, tendo como ponto comum o envio de um determinado produto de múltiplas origens a múltiplos destinos na rede de transportes através de um nó especial ou um conjunto de nós especiais, denominado nós *hub*.

O problema de localização de *hubs* surgiu com o trabalho de O’Kelly (1986). Objetivava-se minimizar o custo total das viagens da rede entre várias origens a vários destinos, através de nós *hubs*. Na década de 1990, várias contribuições ao tema foram feitas por O’Kelly (1992), Campbell (1993), O’Kelly e Bryan (1998), dentre outros. Estes problemas foram inicialmente aplicados ao transporte aéreo nos EUA e, posteriormente, à área de telecomunicações. A intenção, portanto, seria tomar como base o modelo *p-hub location problem* (O’Kelly, 1986) e aplicá-lo à localização de plataformas logísticas portuárias no Brasil.

Para isto, seria necessário o aprofundamento dos estudos nesta área. Assim, a autora desta tese estabeleceu contato com o Professor Dr. Morton O’Kelly, Chefe do Departamento de Geografia da *Ohio State University – EUA*, verificando a possibilidade de se realizar um estudo junto aquele departamento. Paralelamente, estabeleceu-se outro contato com a Professora Dr^a. Keely Croxton, do *Fisher College of Business*

(*Logistics Department*) da *Ohio State University*, na tentativa de realizar um trabalho conjunto entre os departamentos, possibilitar a integração da pesquisa e facilitar a aplicação à área de logística. Esses centros de pesquisa foram escolhidos por serem referência em suas áreas de pesquisa com modelos *hub and spoke networks* e sistemas de informação geográfica, além de serem renomados centros de pesquisa em *Supply Chain Management*. Após definições preliminares com o Professor Dr. Nélio Domingues Pizzolato, e em parceria com Departamento de Geografia e do *Fisher College of Business* da *Ohio State University*, a pesquisa foi viabilizada pela CAPES, utilizando-se recursos do Programa de Doutorado no País com Estágio de Doutorado no Exterior – PDEE.

Entretanto, com o início dos estudos com o Dr. O’Kelly e a Dr^a Croxton, bem como o contato com outros pesquisadores, verificou-se que o modelo *hub* (elemento de uma estrutura de transporte e transbordo) não se aplicaria ao caso das plataformas logísticas (conceito mais amplo que *hub*, com função processadora e agregadora de valor ao produto) por ser um modelo de alocação de fluxo a partir de nós concentradores. O modelo *hub and spoke network* tem por objetivo resolver problemas que envolvam a localização dos nós concentradores e a designações dos fluxos entre múltiplas origens e múltiplos destinos.

Portanto, o que se necessitaria para esta tese seria uma combinação de modelos de localização e alocação (*location-allocation*), que contemplasse uma oferta de serviços que seriam realizados nestas instalações, a fim de maximizar a lucratividade do sistema. Assim, foi corrigido o curso da investigação e passou-se a estudar os modelos de *transshipment* (transbordo), combinados com o modelo de localização de plantas capacitadas para múltiplos produtos (*multi-commodity, multi-facility and capacitated location problems*).

Havia ainda uma definição a ser realizada. Qual setor ou cadeia de suprimento seria pesquisada? Como seria a aplicação e validação do modelo? O caso se aplicaria a um único produto ou a múltiplos produtos?

Em discussões realizadas com o Dr. Nélio Pizzolato, e com a anuência dos Dr. O'Kelly e Dr^a. Croxton, decidiu-se realizar esta pesquisa no Brasil, com dados de uma cadeia logística do agronegócio brasileiro. Os parâmetros, variáveis e premissas da pesquisa de campo foram definidos ainda nos EUA, bem como início da coleta de dados com empresas e entidades que representam as diversas categorias que atuam na área do agronegócio e do transporte no Brasil.

1.2

Plataformas logísticas e terminais especializados

Plataforma logística é um nome dado a centros logísticos que operam agregando valor ao produto, por meio de uma grande variedade de serviços. Segundo Boudouin (1996), uma plataforma logística é o local de reunião de tudo o que diz respeito à eficiência logística. Acolhe zonas logísticas de empreendimentos e infra-estruturas de transporte, importantes para sua dinamização na economia, melhorando a competitividade das empresas, criando empregos e viabilizando as atividades logísticas, pois há uma crescente necessidade das instalações se organizarem para atender os usuários clientes (industriais e distribuidores). A armazenagem e outras instalações utilizadas nas atividades de transportes marcam o espaço. Assim, torna-se útil efetuar o agrupamento dos usuários clientes.

A utilização de plataformas logísticas tem sido freqüente na logística mundial. Segundo Andrade (1995), *apud* Duarte (1999), com a crescente globalização, as fronteiras nacionais estão sendo abolidas, e as empresas estão tornando-se dependentes de uma logística de suporte para se tornarem mais competitivas diante da internacionalização da produção e do consumo. Para isso, há necessidade de se formar uma rede integrada

de fornecedores, indústrias, distribuidores e empresas de transporte, a fim de melhorar a qualidade dos serviços, na tentativa de manter o fluxo global de mercadorias de maneira eficaz e eficiente. Dessa forma, surgem as plataformas logísticas como macro unidades logísticas que reúnem uma variedade de serviços de valor adicionado, a um menor custo, localizadas em pontos estratégicos, sendo, portanto, parceiros na continuidade dessa internacionalização.

Como o conceito de plataformas logísticas é relativamente novo no Brasil e ainda inexplorado quanto aos modelos de localização incluindo parâmetros de agregação de serviços, este tema tornou-se um dos grandes motivadores desta pesquisa.

Paralelamente, os terminais especializados são unidades logísticas capazes de realizar serviços de agregação de valor em maior ou menor grau, localizados no entorno de centros urbanos, centros industriais, portos ou aeroportos. O que distingue um terminal especializado de uma plataforma logística é o grau com que estes serviços são oferecidos. Há que se destacar, entretanto, os centros logísticos integrados ou *load centers*, como um caso particular de unidades logísticas ou terminais especializados, que realizam serviços de centralização e distribuição de cargas utilizando uma ou mais modalidades de transporte.

Considerando a amplitude de possibilidades de localização de plataformas logísticas e terminais especializados no Brasil, que podem ocorrer tanto em áreas públicas como privadas, no entorno de centros urbanos, ou ainda dentro do escopo da zona primária do território aduaneiro brasileiro (em áreas onde já estão localizados portos, aeroportos ou pontos de fronteira alfandegados), ou em zonas secundárias (em áreas que cobrem todo o restante do território aduaneiro, com exceção dos portos, aeroportos ou pontos de fronteira alfandegados), viu-se uma ampla possibilidade de estudo e aplicação deste novo conceito no país. Optou-se, portanto, por delimitar o estudo para localização de terminais logísticos portuários, que atuam no

processamento, operação e transbordo dada a ampla capacidade de aplicação no tocante à infra-estrutura (quantidade de portos/terminais já existentes) e pelas cadeias logísticas que poderiam ser analisadas como potenciais usuários dessa plataforma/terminal. O fato de inexistirem instalações deste tipo no Brasil, que operam sob o mesmo conceito das plataformas logísticas empregadas na Europa, foi outro motivo que justificou e delineou a escolha por esta pesquisa.

Há que se esclarecer, entretanto, que embora o objetivo principal tenha sido o de analisar a localização de plataformas logísticas portuárias no Brasil, foi no momento de aplicação e análise do modelo utilizando a cadeia de suprimentos da soja no Brasil e por aconselhamento da banca examinadora, é que se verificou a necessidade de corrigir novamente o foco dessa tese, em função da especificidade da cadeia de suprimentos escolhida para aplicação do modelo e dos serviços realizados nos terminais especializados. Passou-se, então, a intitular esta tese como “Modelo de localização de terminais especializados: um estudo de caso em corredores de exportação da soja no Brasil”.

Atualmente, a cadeia do agronegócio da soja no Brasil é formada pelos produtos soja em grãos, farelo e óleo de soja (e seus derivados) que se limitam à realização de alguns serviços de agregação de valor, embora com grandes movimentações anuais. Pelo fato desse ser um dos principais produtos da pauta exportadora brasileira e necessitar de serviços específicos de movimentação, armazenagem, transbordo e processamento nos portos brasileiros, fez com que se corrigisse novamente o curso dessa tese, focando o estudo para a localização de terminais especializados no entorno de portos públicos ou terminais privativos no Brasil.

1.4

Objetivos e Hipóteses

As análises de localização de instalações envolvem decisões de âmbito estratégico, tais como decisões sobre onde, como, quando e o que localizar, além das decisões sobre transporte para simples e múltiplas plantas, simples e múltiplos produtos, modais de transporte a serem utilizados e decisões sobre suprimento, produção e distribuição, quando aplicáveis. Sob o escopo do planejamento estratégico, este estudo tem como objetivo geral desenvolver um modelo de localização de terminais especializados no Brasil utilizando, para isto, o modelo de transbordo (*transshipment model*), combinado com os modelos quantitativos de localização de plantas capacitadas para múltiplos produtos (*multi-commodity, multi-facility and capacitated location model*), a fim de se definir qual a melhor alternativa para a escolha estratégica locacional.

Tem-se como objetivo específico aplicar esse modelo a uma cadeia de suprimentos do agronegócio no Brasil que utilize um terminal especializado no escoamento de seus produtos. Outro objetivo específico é permitir a agregação de valor a cargas com destino ao exterior ou o recebimento de mercadorias importadas que necessitem de processamento ou qualquer serviço de valor agregado. Para se atingir estes objetivos serão investigadas as seguintes hipóteses:

Hipóteses

1. A localização de um(a) plataforma logística/terminal especializado nos portos brasileiros, funcionando como unidades logísticas especializados na agregação de valor, operação e transbordo, tende a aumentar a lucratividade do sistema (produtor/exportador).

2. A existência de um(a) plataforma logística/terminal especializado, funcionando como unidade logística especializada no entorno dos portos ou terminais privativos brasileiros, contribui na agregação de valor a produtos da cadeia de suprimentos do agronegócio brasileiro e no aumento da competitividade dos produtos exportados pelo Brasil.

Para alcançar estes objetivos e validar as hipóteses, realizou-se uma ampla revisão de literatura sobre o tema modelos quantitativos de localização de instalações e modelos de transbordo, para servir de fundamento ao modelo proposto nessa tese.

Para a análise empírica da metodologia proposta foi analisado o caso da cadeia de soja em grãos, farelo de soja e óleo de soja no Brasil, uma vez que se coletou uma razoável base de informações sobre esta *commodity* no país. A escolha de um produto específico se fez necessária para validar a metodologia proposta.

1.5

Contribuições da Tese

Esta tese pretende contribuir na expansão do conhecimento sob duas formas. A primeira está relacionada à pesquisa empírica, na qual se busca, por meio da formulação de um modelo quantitativo, propor e aplicar um método otimizador, utilizando uma base de dados reais de um segmento do agronegócio no Brasil. A segunda forma está relacionada à pesquisa teórica, na qual se busca uma revisão e aprimoramento dos fundamentos teóricos e práticos relacionados à localização de

instalações. (Demo, 2000 *apud* Zanqueto Filho, 2003; Vergara, 2005; Gameiro, 2003; Yin, 1989 *apud* Rosa,2005).

1.6

Organização do trabalho

A organização desta pesquisa está apresentada esquematicamente na Figura1.

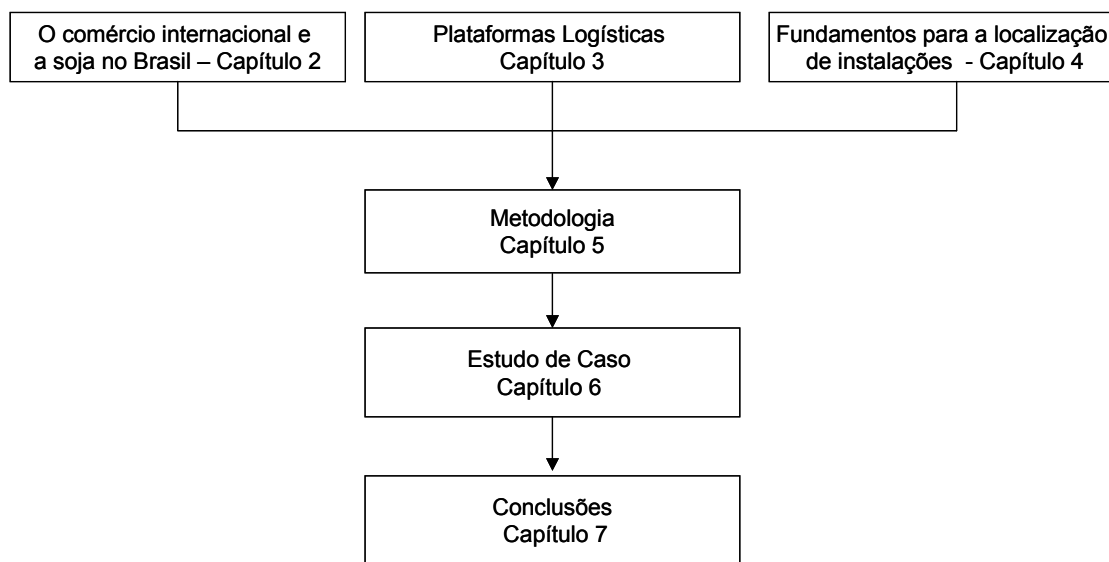


Figura 1 – Estrutura da tese

Os capítulos 2, 3 e 4 suportam o desenvolvimento da pesquisa empírica e a formulação do modelo teórico proposto. Com base na revisão bibliográfica realizada e apresentada nos capítulos acima, elaborou-se a metodologia (capítulo 5), propôs-se o modelo de localização de terminais

especializados e foi descrito como os dados foram coletados e tratados. O Capítulo 6 apresenta a análise de resultados e os entraves que possam impedir a realização do investimento. No Capítulo 7 são apresentadas as conclusões, ressaltadas as limitações dessa pesquisa e descritas propostas para continuidade do estudo.

2.

O Comércio Internacional e a soja no Brasil

A logística tem um papel fundamental na avaliação do desempenho das exportações brasileiras. Goebel (2002) afirma que torná-las mais eficientes é essencial para reduzir os ciclos de fabricação, acelerar a entrega dos produtos ao consumidor final, diminuir os custos de distribuição e transporte e, logo, contribuir para o incremento das exportações brasileiras. Isso requer a consideração de toda a cadeia logística a partir do produtor/exportador, passando pelos distribuidores/atacadistas, varejistas, até o consumidor final.

A presente seção pretende contribuir para a análise de alguns aspectos da questão logística no comércio exterior brasileiro. Pretende-se descrever os fatores de competitividade das exportações brasileiras, em especial da cadeia produtiva da soja no Brasil e como estes fatores têm afetado a exportação do produto pelo Brasil.

2.1

A competitividade das exportações brasileiras

O Brasil tem passado nos últimos anos por uma situação altamente favorável no tocante a sua balança comercial (Gráfico 1). Segundo dados da Secretaria de Comercio Exterior - SECEX, a balança comercial brasileira apresentou um superávit que ultrapassou a soma dos US\$ 30 bilhões de dólares em 2004 e US\$ 44,7 bilhões de dólares em 2005. Esses saldos positivos ao longo das últimas décadas são reflexos do acelerado crescimento das exportações brasileiras, principalmente dos produtos primários (granéis). Entretanto, isto não necessariamente quer dizer que o Brasil seja um país altamente competitivo em suas exportações.

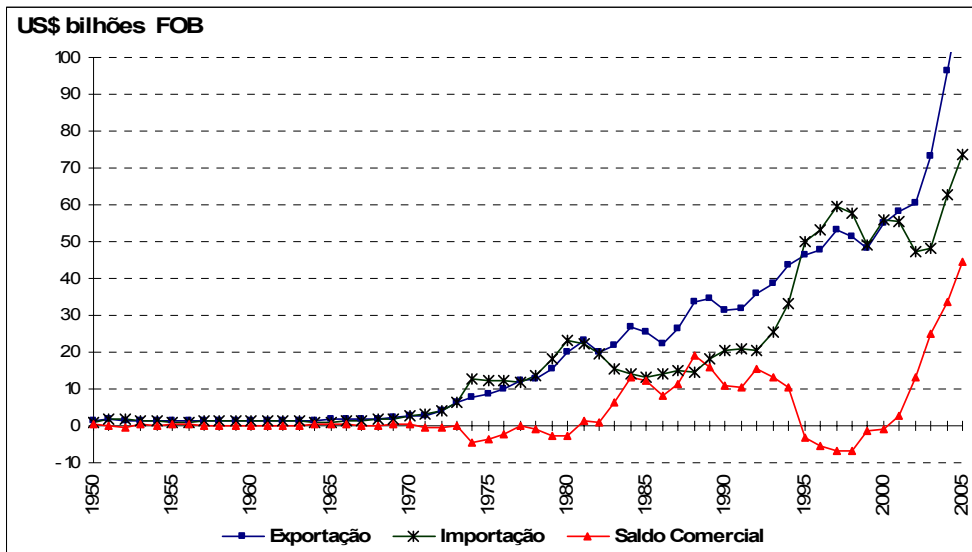


Gráfico 1 - Balança Comercial Brasileira - 1950 a 2005 (US\$ bilhões FOB)

Fonte: SECEX (2005)

A Tabela 1 apresenta os produtos mais expressivos da pauta exportadora brasileira. Muito embora as exportações de produtos manufaturados e semi-manufaturados nos últimos anos esteja crescendo, o Brasil ainda é dependente das exportações de produtos básicos, principalmente do complexo da soja, dos minérios e dos produtos metalúrgicos, entre outros. Historicamente, embora tenham existido políticas industriais no País nas últimas décadas, estas não foram suficientes para tornar o país industrializado para gerar produtos de valor agregado, capazes de competir com produtos altamente industrializados produzidos por outros continentes. Por conta disto, os produtos que mais têm se destacado na produção e exportação brasileira são produtos básicos (primários), com baixa agregação de valor.

Tabela 1 – Pauta de exportações brasileiras.

Produto	2005	2004	Δ%
Material de transporte	19.119	15.486	19
Produtos metalúrgicos	12.623	9.770	23
Complexo da soja	9.477	8.908	6
Petróleo e combustíveis	9.079	3.777	58
Minérios	8.024	3.755	53
Carnes	7.990	5.609	30
Químicos	7.454	5.665	24
Máq. E equipamentos	6.924	5.297	24
Equip. elétricos	4.963	2.035	59
Açúcar	4.684	2.375	49
Calçados e couros	3.536	3.324	6
Papel e celulose	3.404	2.825	17

Fonte: SECEX (2005)

Segundo Hijjar (2005), o cenário aparentemente promissor nos saldos da balança comercial pode estar ocultando uma perda de competitividade internacional, pois embora os números absolutos estejam crescendo, o Brasil tem perdido posições no ranking dos maiores exportadores do mundo. As exportações brasileiras, que em 1984 chegaram a representar 1,5% de todas as exportações mundiais, em 2003 passaram a representar 1,0%. Ao contrário do que vem acontecendo com a curva de exportação, o percentual de participação do Brasil no mercado global vem diminuindo, e atualmente o país é apenas o 25º exportador mundial. Ainda segundo essa autora, argumenta-se também que as principais restrições para o aumento do volume exportado estão relacionadas aos custos e às incertezas inerentes ao processo de escoamento da produção no Brasil, principalmente dos produtos com baixo valor agregado e com elevados volumes negociados, como é o caso das *commodities* agrícolas, em especial a soja.

Scatolin *et. al.* (2000) definem competitividade como sendo a habilidade de um país manter ou aumentar a fatia de mercado de uma determinada indústria de forma sustentável durante um período de tempo. Neste contexto, a competitividade dos setores é resultado de fatores relacionados à produtividade, custos e à escala de produção. Dalto (2003) argumenta, porém, que a competitividade do mercado de *commodities* é resultado da influência de muitos fatores, como a disponibilidade de

recursos naturais e condições climáticas, o impacto de políticas macroeconômicas (que afetam a taxa de câmbio, mercado de trabalho, investimentos, disponibilidade e custos de energia), políticas específicas do setor (tais como subsídios, taxas de importação e exportação para insumos e produtos acabados), infra-estrutura (para armazenagem e transporte) e instituições de suporte (tais como créditos, regulamentação e informações) que ajudam os mercados a operar eficientemente. A conquista de mercados e o crescimento também dependem de demanda interna e da remuneração relativa a outras culturas e condições.

Como a competitividade pode ser medida pela capacidade de colocar o produto no ponto de venda ao mais baixo custo possível, desde a produção até a comercialização, a logística e os transportes podem ser vistos como fatores de vantagem comparativa capazes de alavancar os volumes exportados ou ser fator de desvantagem e causador de perda de competitividade.

Segundo estudo USP/PENSA *apud* Lazzarini e Nunes (2000), o baixo custo de produção das commodities agrícolas aliado à disponibilidade de novas áreas no Brasil garantem competitividade perante seus maiores concorrentes. Esse estudo destaca ainda, numa comparação entre Brasil, EUA e Argentina, que o país apresenta grandes vantagens comparativas em termos de possibilidade de expansão da área, potencial de crescimento, independência de subsídios agrícolas, solo, clima e tecnologia. Por conta disto, o Brasil tem buscado aumentar seus ganhos de produtividade através de investimentos em tecnologia, com adoção de novas técnicas de plantio direto, no melhoramento de variedades adaptadas a diferentes condições das regiões produtoras, na pesquisa e controle de pragas e doenças e na expansão e modernização do parque processador de matérias-primas.

Baseado nisto, far-se-á uma análise do setor de soja no Brasil e dos fatores relacionados à logística que podem ser um obstáculo ao aumento da competitividade desta exportação.

2.2

Cadeia produtiva da soja no Brasil

A soja foi introduzida no Brasil na década de 1930. Originária da Ásia, a soja se desenvolveu com maior importância na agricultura chinesa, onde era considerada um grão sagrado. No Ocidente, sua cultura só passou a ser mais conhecida quando os EUA começaram a exploração comercial da soja forrageira no início do século 20. (Siqueira, 2004 e Embrapa, 2002)

Até o início da década de 1970, a soja praticamente não tinha importância econômica no Brasil. Mas seguindo o modelo de desenvolvimento baseado nas vantagens comparativas de qualidade do solo, clima, domínio de tecnologia, capacidade empresarial e logística favorável às exportações, a produção da soja ganhou importância e relevância mundial.

Atualmente, a soja é utilizada nas indústrias de produtos alimentícios, cosméticos, farmacêuticos e na pecuária, como importante fonte de nutriente na composição da ração animal. Todavia, embora a produção tenha apresentado expressivo crescimento nas últimas décadas, seu consumo no mundo ainda é baixo, existindo muito espaço para aumentos da produção. No Brasil, a soja é quase exclusivamente consumida na forma de óleo e de farelo de soja. Indiretamente, a soja é consumida por meio de vários produtos da indústria alimentícia que a utilizam como um de seus ingredientes.

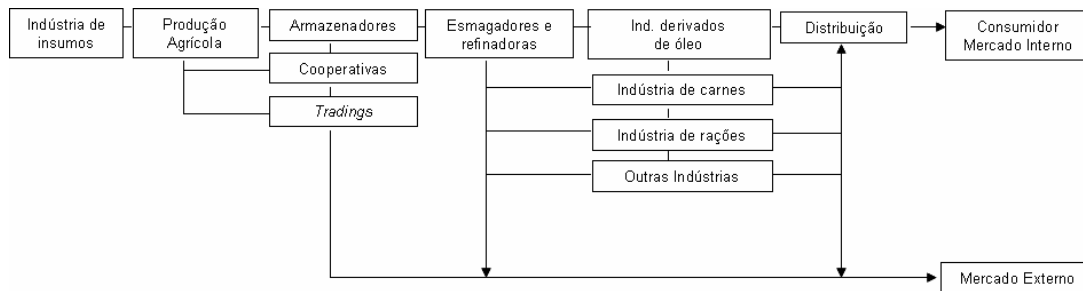


Figura 2 – Cadeia produtiva da soja

Fonte: Baseado em Lazzarini e Nunes (2000)

A Figura 2 mostra a estrutura da cadeia produtiva da soja e seus principais atores. A indústria de insumos é representada pela indústria de fertilizantes, defensivos e máquinas agrícolas capazes de suprir a demanda dos produtores agrícolas com insumos necessários à produção. Após a produção agrícola, a soja é enviada às cooperativas, armazéns ou às *tradings*, que realizam e acompanham o processo de comercialização no mercado doméstico ou internacional. Segundo Lazzarini e Nunes (2000), as *tradings* assumem função peculiar neste grupo, pois atuam coordenando a venda e a transferência física de produtos do mercado interno para o exterior.

O ciclo produtivo da soja começa no Brasil em outubro, com colheita a partir de fevereiro. O pico da safra começa na 2ª quinzena de março e termina até o mês de abril. Sob o ponto de vista do transporte, a primeira etapa consiste no transporte entre o produtor e a indústria de esmagamento, ou armazenamento do produto. Essa etapa tem um custo mais elevado, em decorrência de algumas estradas não serem pavimentadas, ocasionando deslocamento lento. A segunda etapa caracteriza-se pelo transporte do grão armazenado para a indústria de processamento ou dos armazéns e indústrias aos portos, com destino ao exterior. Ao contrário do que acontece com o milho, existe maior capacidade de armazenagem de soja graças às instalações de cooperativas e outras empresas. (Dalto, 2003)

Segundo Dalto(2003), *apud* Paula e Faveret(2000), o processo de industrialização da soja inicia-se com a secagem e limpeza do grão, quebra e prensagem. Desse processamento resulta o óleo e uma massa que é lavada com solvente. Lazarini e Nunes (2000) analisam que 1 t de soja produz aproximadamente 0,78 t de farelo de soja e 0,19t de óleo. Parte do farelo é exportado pelas indústrias, por meio das *tradings* ou diretamente, através de seus departamentos comerciais. O farelo remanescente alimenta as indústrias de rações, que por sua vez vende às indústrias de carnes. No caso específico do óleo, seu processo segue as etapas de esmagamento, degomagem (retirada da goma) e refino(envolvendo estágios de neutralização, branqueamento e desodorização), sendo que o óleo parcialmente refinado pode ser transformado em vários sub-produtos, dos quais a margarina se coloca em maior destaque. Após esta etapa, o produto é distribuído para atacadistas e varejistas ou segue diretamente para o mercado internacional, através do modal marítimo.

As indústrias esmagadoras têm uma importância central no complexo da soja, pois representam a agregação de valor a este produto na cadeia. Apesar do processo de inovação tecnológica estar largamente disseminado entre as firmas, essa indústria está fortemente concentrada, sendo as firmas integrantes oriundas do capital multinacional, ditadas sempre pela dinâmica da redução de custos e economias de escala. A grande maioria das empresas está concentrada na Região Sul do Brasil (40%) e no Centro-Oeste (24%), com tendências de crescimento para a Região Centro-Oeste, conforme Tabela 2. Existe também a presença de algumas empresas no porto de Paranaguá e Santos. Entretanto, pelo fato destas empresas poderem se integrar verticalmente à cadeia de grãos, rações e carnes, há enorme facilidade delas criarem sinergias com outras, podendo, nos períodos de baixa safra, ofertarem outros serviços de agregação de valor a outros segmentos - indústria de fertilizantes (Bulhões; Caixeta-Filho, 2000; Scatolin *et al.*, 2000; Dalto, 2003).

Tabela 2 – Capacidade instalada de processamento da soja no Brasil.

ESTADO	UF	Capacidade de Processamento					
		2001 (ton/dia)	2002 (ton/dia)	2003 (ton/dia)	2004 (ton/dia)	2005 (ton/dia)	%
Paraná	PR	31.500	28.650	28.950	31.765	32.115	23,4
Mato Grosso	MT	10.820	14.500	14.500	20.600	21.000	15,3
Rio Grande do Sul	RS	19.000	20.150	20.100	19.700	21.200	15,5
Goiás	GO	8.660	9.060	10.320	16.920	18.500	13,2
São Paulo	SP	14.700	12.950	14.450	14.950	15.600	11,4
Mato Grosso do Sul	MS	7.330	6.630	6.980	7.295	8.295	6,1
Minas Gerais	MG	5.750	6.450	6.350	6.400	6.600	4,8
Bahia	BA	5.200	5.460	5.460	5.344	5.344	3,9
Santa Catarina	SC	4.130	4.050	4.000	4.034	4.034	2,9
Piauí	PI	260	260	1.760	2.360	2.360	1,7
Amazonas	AM	-	2.000	2.000	2.000	2.000	1,5
Pernambuco	PE	400	400	400	400	400	0,3
Ceará	CE	200	-	-	-	-	-
TOTAL		107.950	110.560	115.270	131.768	137.098	

Fonte: ABIOVE (2006)

Avalia-se que o deslocamento destas indústrias esmagadoras para mais próximo dos portos ou dentro dos terminais especializados poderia ser um diferencial competitivo importante para as exportações e um facilitador na agregação de valor aos produtos.

Sob o aspecto da competitividade da produção da soja, o Brasil está na vanguarda mundial da tecnologia de produção nas regiões tropicais, estimando-se que o país possua ainda entre 90 e 100 milhões de hectares de cerrado para exploração agrícola, o que permitiria aumentar em até dez vezes sua produção atual. (Warnken, 2003 *apud* Dalto, 2000)

2.3

Oferta e demanda mundial de soja

A produção de soja no Brasil tem apresentado crescimento médio de 5,28% ao ano desde 1963, segundo dados do BNDES (2004). As

Américas do Norte e do Sul, que concentram 85% da produção mundial, apresentam ritmo de expansão semelhante. Na América do Norte, a produção está concentrada nos EUA e na América do Sul, embora a produção esteja concentrada no Brasil e na Argentina, verifica-se a expansão por outros países, como Paraguai, Bolívia e Equador, que estão entre os 20 maiores produtores mundiais.

Segundo Siqueira (2004), entre 1961 e 1970, a produção de soja da América do Sul saltou de 297 mil t para 1,73 milhões de t. Na década de 1980, a produção teve rápida expansão e colocou o continente na terceira posição no ranking mundial, alcançando 19,4 milhões de t em 1980. Nas décadas seguintes a produção manteve-se em expansão acelerada, com o quantum saltando de 19,784 milhões de t em 1981 para 33,806 milhões de t em 1990 e 92,657 milhões de t em 2003, quando superou a produção norte-americana e alcançou a liderança mundial. Conforme Gráfico 2, os maiores produtores do continente em 2003 foram EUA (68,14 milhões de t), Brasil (51,53 milhões de t), Argentina (34,82 milhões de t), Paraguai (4,4 milhões de t), Bolívia (1,55 milhão de t) e Equador (183 mil t).

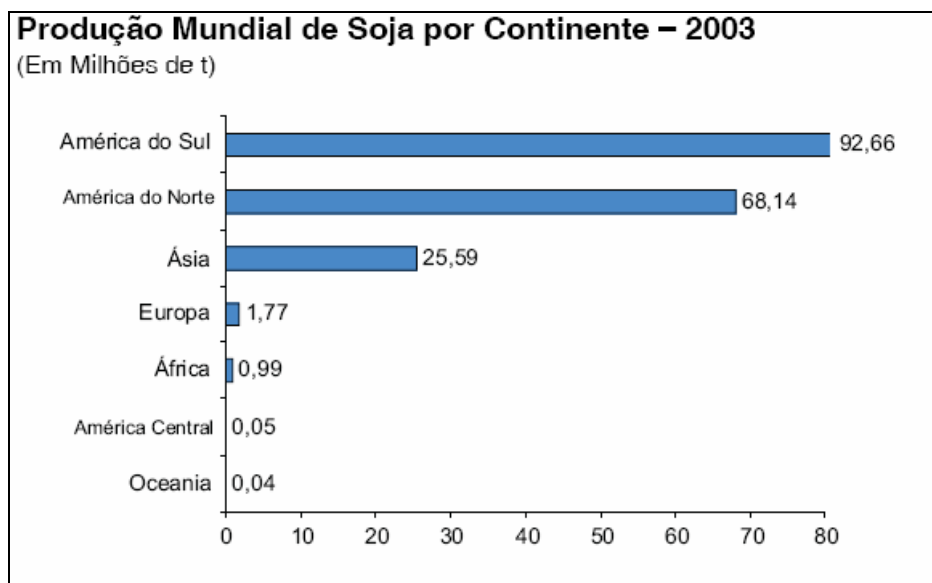


Gráfico 2 – Produção mundial de soja por continente

Fonte: BNDES (2004)

Há que se destacar que a produção mundial tem apresentado alto grau de concentração em poucos países desde a década de 60. Embora o percentual de concentração esteja caindo, os quatro principais países produtores detêm ainda 90% de participação no mercado mundial, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Evolução da produção e consumo mundial de soja

	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2004/05
Estoque Inicial	26,9	28,3	33,26	40,75	37,41	
Produção	173,4	182,5	197,1	188,8	215,2	Part.
EUA	75,1	79,6	75,0	66,8	85,5	40%
Brasil	38,4	41,5	51,4	49,9	52,0	24%
Argentina	26,7	28,0	35,2	32,5	38,0	18%
China	13,2	15,3	16,5	15,4	18,0	8%
Consumo	146,2	158,3	165,1	164,3	175,7	Part.
EUA	44,6	46,3	44,0	41,6	44,9	26%
China	18,9	20,3	26,5	25,4	29,0	17%
União Européia	17,9	19,2	17,9	15,7	16,8	10%
Brasil	22,7	24,7	27,2	29,3	29,6	17%
Argentina	17,3	20,9	23,5	25,0	25,3	14%
Japão	3,8	3,9	4,0	3,7	3,7	2%
Estoque Final	31,9	33,3	40,8	37,4	52,6	

Fonte: CONAB (2004); CVRD (2005)

Em relação aos três maiores produtores e exportadores mundiais, as estimativas mostram que o Brasil deverá atingir produção acima de 140 milhões de t até 2020, caso sejam mantidos o ritmo de crescimento médio da área colhida (6,52%), da produtividade dos últimos anos (4,59%) e do patamar dos preços médios internacionais dos últimos anos (US\$ 192/t), que é considerado baixo, segundo BNDES (2004). A Argentina e EUA deverão alcançar produções de 100 milhões de t e 110 milhões de t, respectivamente. Considerando que os concorrentes brasileiros estão com a produção estabilizada há bastante tempo e apresentam problemas com limites de subsídios agrícolas perante a Organização Mundial do Comércio – OMC, observa-se que o Brasil tem todas as condições de

atender a aumentos de demanda mundial, necessitando resolver os principais problemas que afetam sua competitividade. (BNDES, 2004 e EMBRAPA, 2002)

Em relação ao consumo, EUA, China e União Européia detêm 53% de participação nos mercados de soja e derivados no mundo. O Brasil apresenta consumo de 25 milhões de toneladas/ano, o que tem permitido um crescimento do volume exportado para estes mercados consumidores, chegando a 30,42 milhões de toneladas em 2002. (Gráficos 3 e 4)

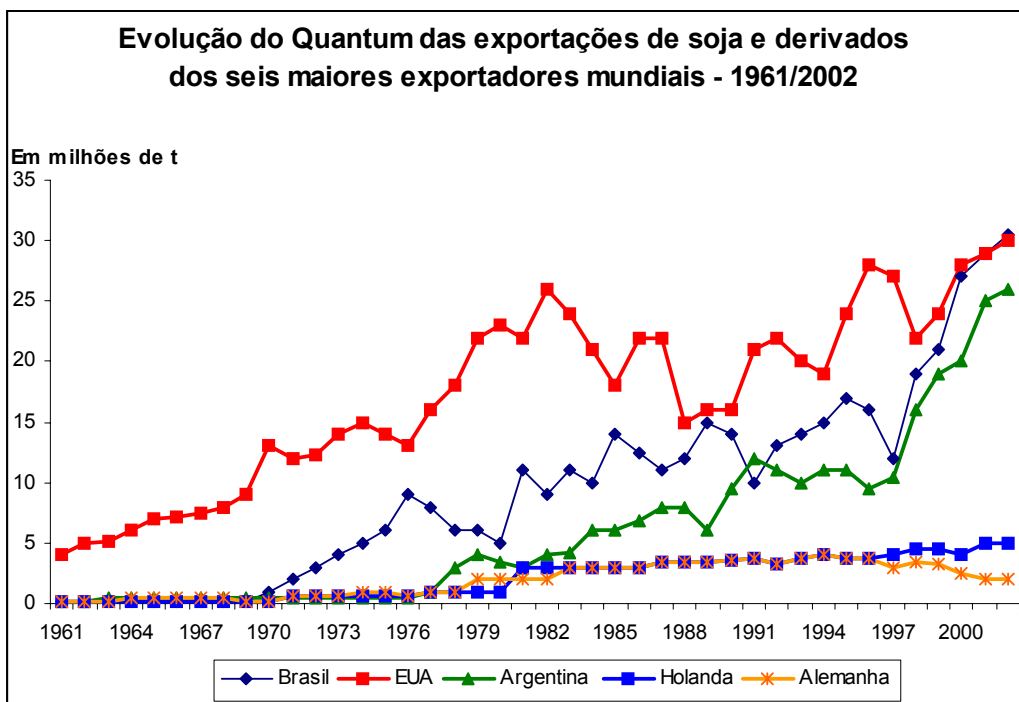


Gráfico 3 – Evolução das Exportações de soja e derivados (em milhões de t).

Fonte: BNDES (2004)

No tocante às exportações, EUA, Brasil e Argentina se caracterizam como os maiores exportadores mundiais de soja e farelo de soja, representando 90% de participação no mercado. Os principais destinos das exportações brasileiras são os países da Europa (especialmente Holanda, Alemanha, Espanha, Portugal, Bélgica, Reino Unido e França) e da Ásia (China, Japão) e países do Oriente Médio (Gráfico 4). Segundo dados da CONAB (2004), para a safra de 2004/2005, as exportações de soja e farelo de soja alcançaram um total de 35,0 milhões de toneladas, ultrapassando os

EUA em volume e participação no mercado mundial, e para a safra 2005/2006, espera-se que da produção de 57,6 Mt, 65,2% seja exportada na forma de grãos (24,6 Mt) e farelo (13,0 Mt), conforme figura 3.

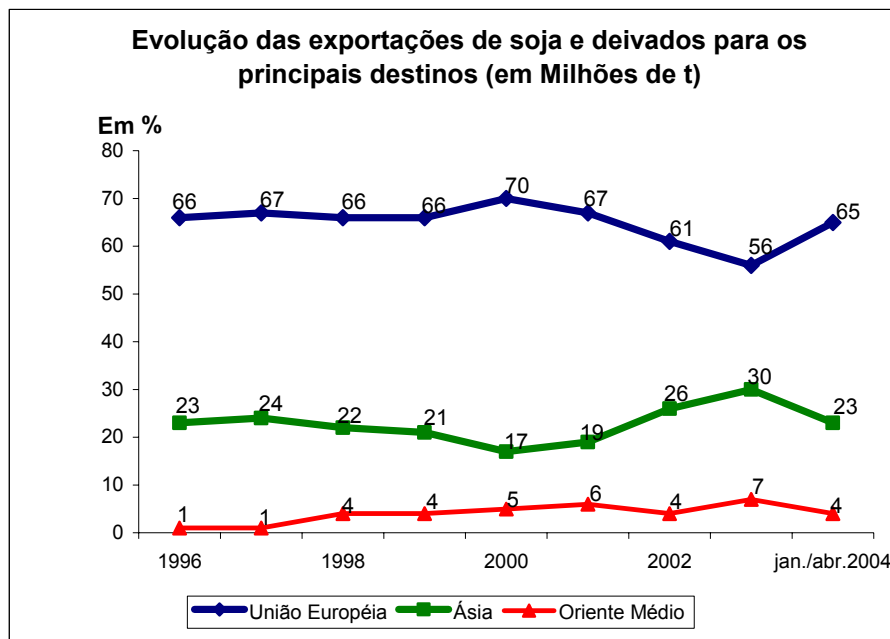


Gráfico 4 – Evolução das exportações brasileiras de soja e derivados para os principais destinos (em milhões de t)

Fonte: BNDES (2004)

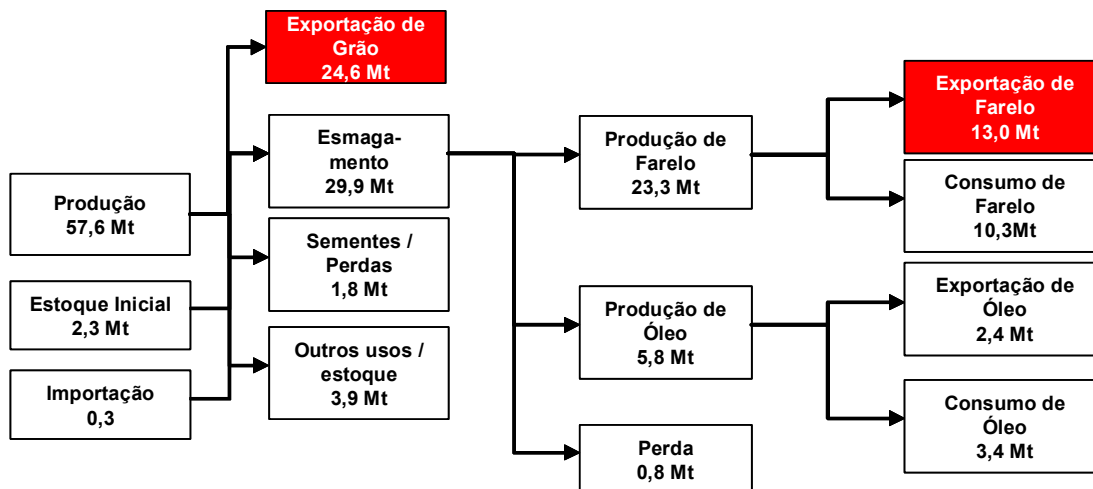


Figura 3 – Destino da produção brasileira de soja – safra 2005/2006

Fonte: CVRD (2005)

Avaliando ainda a questão de competitividade é importante considerar que, embora o mercado se apresente pulverizado de produtores agrícolas (com aproximadamente 240 mil produtores), este é altamente concentrado nas mãos de sete grandes empresas processadoras/exportadoras, conforme dados da Tabela 4.

Tabela 4 – Concentração de Exportadores (2005)

Cliente	Volume (milhões de t)			Valor (R\$ milhões)			Market-Share	
	Soja	Farelo	Total	Soja	Farelo	Total	Part.	Acum.
Bunge	3,5	5,0	8,5	2.959	3.653	6.613	22%	22%
Cargill	4,5	1,8	6,3	3.805	1.315	5.120	17%	39%
ADM	3,0	1,8	4,8	2.537	1.315	3.852	13%	52%
Dreyfus	1,3	1,7	3,0	1.099	1.242	2.341	8%	60%
Maggi	1,1	0,8	1,9	930	585	1.515	5%	65%
Caramuru	0,7	0,7	1,4	592	511	1.103	4%	69%
Multigrain	0,9	0,0	0,9	761	0	761	3%	71%
Outras	6,0	4,7	10,7	5.073	3.434	8.507	29%	100%
Total	21,0	16,5	37,5	17.756	12.056	29.812	100%	

Fonte: CVRD (2005)

Do volume exportado em 2005, 71% estava concentrada nas mãos de sete empresas. Os demais estavam pulverizados entre pequenos produtores que forneceram ao mercado interno ou de forma cooperativada, venderam ao mercado externo.

Enquanto o Brasil se destaca na exportação de grãos, a Argentina concentra os esforços em produtos de maior valor agregado, como farelo e óleo de soja, *commodities* nas quais já é líder mundial, à frente do Brasil e dos Estados Unidos.

No tocante aos preços praticados, a soja como *commodity* tem seu preço determinado pelo mercado internacional. Conforme dados da SECEX e MIDC *apud* BNDES (2004), os produtores ofertaram seus produtos a preços em média de US\$ 190/t em 2000, US\$ 174/t em 2001 e US\$ 190/t em 2002. Este desempenho comprometeu a remuneração dos produtores, tendo em vista que o preço de equilíbrio para viabilizar um

projeto de plantação de soja, segundo dados da Embrapa (2002), girou em torno de US\$ 190/t. Apesar dos vários períodos de queda de preços, o mercado vem apresentando recuperações desde 2002 no mercado internacional chegando ao patamar de US\$ 290/t para a soja em grãos, US\$ 220/t para o farelo de soja e US\$ 600/t para óleo de soja em 2004. Mesmo passando por alguns períodos de queda, os preços da soja vêm compensando os custos operacionais e viabilizando sua expansão em várias áreas do país, especialmente no cerrado brasileiro pelo fato dos custos de produção terem sido menores ou os ganhos de produtividade terem resultado numa melhor margem para o produtor. (Gráfico 5)

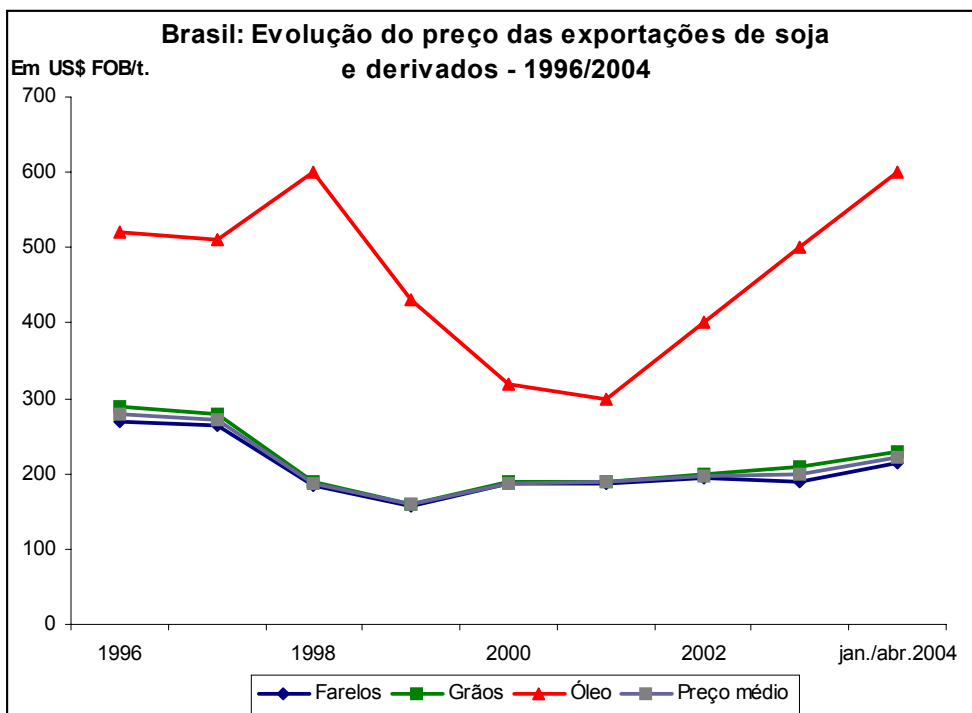


Gráfico 5 – Brasil: Evolução do preço das exportações de soja e derivados – 1996/2004.

Fonte: BNDES(2004)

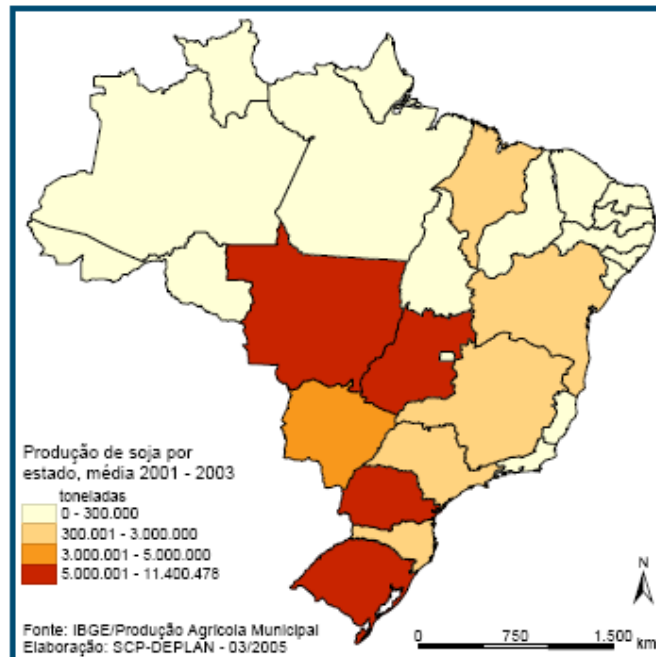
Sob uma visão comercial, além de todos os fatores já citados como impactantes na competitividade internacional, nenhuma outra tem maior reflexo do que a taxa de câmbio praticada pelo país. Segundo Warnken (2000), *apud* Dalto (2003), a taxa de câmbio é um dos preços mais importantes no Brasil e, no caso do setor de soja, é vital para alcançar,

manter e perder a posição competitiva no mercado internacional. Como consequência, a rentabilidade dos produtores e investidores se reduz, acarretando problemas para quitação de seus créditos e impedindo financiamentos para produção das safras seguintes.

2.4

A cultura da soja no Brasil

Os primeiros registros de soja no Brasil são de 1930, quando foram realizadas as primeiras distribuições de sementes em São Paulo e os primeiros cultivos no Rio Grande do Sul. Na década de 1950, a cultura ganhou incentivos à plantação e na década de 1970, as fronteiras agrícolas se expandiram em direção ao Centro-Oeste através de incentivos governamentais. Essa expansão foi estimulada pelos baixos preços da terra e pela política agrícola, que compensaram os custos de produção, além do melhoramento da terra e da logística necessária ao escoamento do produto. Outro fator que contribuiu para o deslocamento da produção para o cerrado foi a garantia de preços mínimos pelo governo federal, em uma fase de tendência decrescente dos preços internacionais, além dos créditos agrícolas subsidiados.



Mapa 1 - Principais regiões brasileiras na produção de soja em 2002

Fonte: BNDES (2004)

Atualmente, a cultura da soja está disseminada em muitos estados, com a maior parte concentrada nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste. O Mapa 1 apresenta as principais regiões com área plantada de soja no Brasil, mostrando a região do Mato Grosso como uma das principais áreas de plantio da soja no Brasil, com 3,8 milhões de toneladas produzidas em 2002. O Gráfico 6 apresenta a evolução do deslocamento espacial da produção da soja para o cerrado brasileiro.

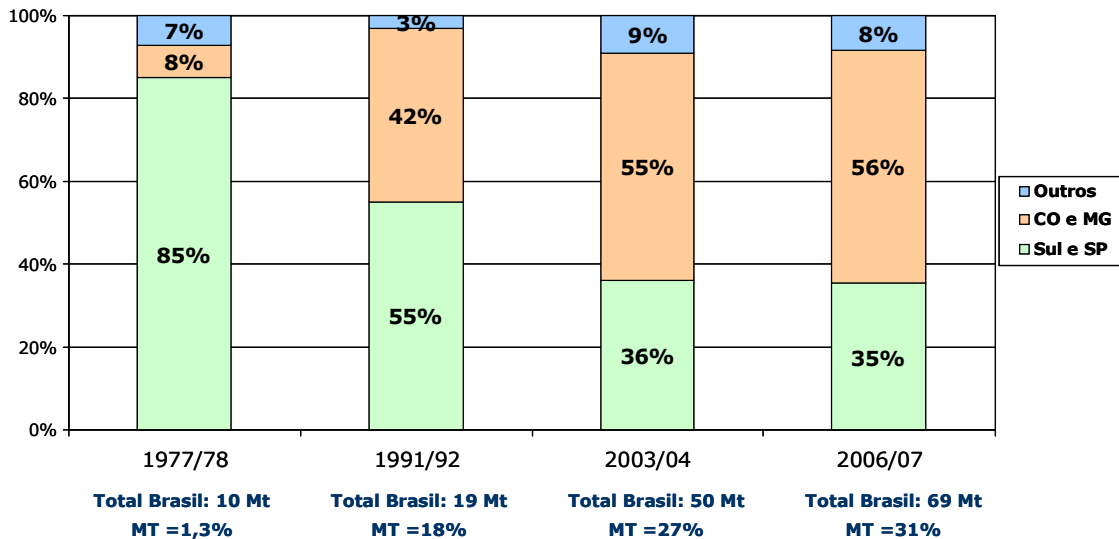


Gráfico 6 - Evolução do deslocamento da área plantada no Brasil

Fonte: CVRD (2005)

Sabe-se que, em 1977/1978, 85% da área plantada no Brasil estava no eixo São Paulo e Região Sul, tendo o Mato Grosso somente 1,3% da participação na produção. Ao longo dos anos, houve um grande deslocamento da produção para a região do cerrado, sendo que, para a safra 2006/2007, espera-se uma ocupação da área plantada nas regiões Centro-Oeste para 56%, sendo 31% somente no Estado do Mato Grosso, e um decréscimo na Região Sul para 35% da área plantada.

Segundo Siqueira (2004), atualmente, os 10 maiores estados na produção da soja no Brasil são: Mato Grosso (11,7 milhões t.), Paraná (9,5 milhões de t.), Rio Grande do Sul (5,6 milhões de t.), Goiás (5,4 milhões de t.), Mato Grosso do Sul (3,3 milhões de t.), Minas Gerais (1,9 milhões de t.), São Paulo (1,5 milhões de t.), Bahia (1,4 milhões de t.), Maranhão (0,5 milhões t) e Santa Catarina (0,5 milhões de t.). Estes estados representam 90% da produção nacional e têm uma produtividade média de 3 toneladas/ha. Dos maiores estados produtores, a Tabela 5 apresenta os 20 maiores pontos de origem de escoamento de soja no Brasil, que representam 56,62% de toda a soja exportada pelo Brasil.

Tabela 5 – Ranking dos maiores produtores de soja no Brasil

Ranking	Microregião geográfica	Estado	Qte produzida (Mt)	Participação total país (%)
1	Alto teles pires	MT	3,854	9,15
2	Parecis	MT	2,912	6,91
3	Sudoeste de Goiás	GO	2,622	6,22
4	Dourados	MS	1,791	4,25
5	Toledo	PR	1,349	3,20
6	Barreiras	BA	1,28	3,04
7	Primavera do leste	MT	1,055	2,50
8	Meia ponte	GO	0,913	2,17
9	Rondonópolis	MT	0,908	2,16
10	Canarana	MT	0,848	2,01
11	Campo Mourão	PR	0,848	2,01
12	Cruz Alta	RS	0,839	1,99
13	Cascavel	PR	0,763	1,81
14	Goioré	PR	0,712	1,69
15	Passo Fundo	RS	0,599	1,42
16	Alto Taquaral	MS	0,581	1,38
17	Ijuí	RS	0,521	1,24
18	Ponta Grossa	PR	0,491	1,17
19	Tesouro	MT	0,486	1,15
20	Alto Araguaia	MT	0,472	1,12
Total			23,844	56,60
Brasil			42,124	100

Fonte: BNDES (2004)

2.5 Infra - estrutura logística para exportação brasileira

A infra-estrutura logística (estrutura de portos, armazéns, terminais especializados) para a exportação de produtos brasileiros está focada na utilização da via marítima, sendo o modal utilizado em 95% da movimentação das exportações. Segundo Goebel (2002), as vias rodoviárias e ferroviárias são utilizadas preponderantemente nas ligações com os países do Mercosul, enquanto a via fluvial é empregada com maior intensidade na exportação de granéis sólidos. A via aérea ainda tem sua utilização relativamente reduzida em função do elevado valor do frete, inviável para a grande maioria das cargas.

Ainda segundo o autor, como a concentração de elevados volumes de carga em portos tem levado a uma mudança de suas funções tradicionais – carga e descarga de mercadorias - eles passam a assumir uma função estratégica em toda a cadeia logística do comércio exterior como facilitadores dos canais de comercialização.

Tabela 6 – Exportação brasileira: meios de transporte utilizados – 1997/2001 (em milhões de t)

Via de transportes utilizada	1997	1998	1999	2000	2001
Marítima	194.877.363	216.233.095	214.839.621	231.114.621	260.210.670
Fluvial	8.287.298	8.554.371	7.648.141	7.326.381	6.203.822
Aérea	390.604	362.759	482.245	475.278	482.748
Ferroviária	238.992	200.451	265.959	378.008	302.576
Rodoviária	3.361.728	3.332.368	3.464.309	3.739.718	3.770.493
Outros	1.710.958	1.569.067	1.943.541	1.592.486	1.628.128
Total	208.866.943	230.252.111	228.643.816	244.626.492	272.598.437

Fonte: Goebel (2002)

A infra-estrutura logística para o escoamento da soja tem sido considerada um dos pontos de maior gargalo neste setor, afetando a sua competitividade. Caixeta-Filho e Martins (2001) avaliam que os custos de transporte e a infra-estrutura de transportes são um dos principais fatores que tem afetado a competitividade de *commodities* agrícolas no país. Já Paula e Faveret (2000), *apud* Dalto (2003), resumem alguns dos principais fatores associados a esta perda de competitividade:

- Quase 60% do transporte de cargas no Brasil é feito por rodovia;
- Falta de investimentos em melhorias viárias;
- A interiorização da produção gerou aumento da dependência da malha viária;
- Envelhecimento da frota, gerando custos aos seus operadores, que repassam ao preço do frete rodoviário;

- Setor rodoviário altamente pulverizado, com predominância de trabalhadores autônomos, que exigem contratação direta e pagamento de forma antecipada.
- Os outros modais não oferecem versatilidade, confiabilidade e oferta suficiente para se tornarem alternativas reais ao transporte rodoviário.

Outro fator de reflexo é a concentração do escoamento da soja no Brasil, hoje descrito como sendo feitos 60% pelo modal rodoviário, 33% pelo modal ferroviário e 7% pelo modal hidroviário. Mesmo tendo apresentado ganhos de importância na carga transportada pelo país nos últimos anos, este ainda é feito de forma muito ineficiente. Ao contrário do Brasil, a safra nos EUA é escoada principalmente por hidrovias (61%), ferrovias (23%) e rodovias (16%). Na Argentina, a concentração do escoamento é ainda maior, com as rodovias concentrando 82% da soja transportada e as ferrovias e hidrovias respondendo por apenas 16% e 2%, respectivamente. Argumenta-se que essa predominância do modo rodoviário no Brasil pode ser explicada pelas dificuldades que outras categorias de transporte enfrentam para atender eficientemente aos aumentos de demanda em áreas mais afastadas do país, as quais não são servidas por ferrovias ou hidrovias. No caso da Argentina, o fato do país ter dimensões menores, propicia o escoamento pelo modal rodoviário, dado as menores distâncias entre os pontos de origem e o porto de Rosário, maior porto de escoamento da soja e derivados naquele país. (Dalto, 2003; Siqueira, 2004; Ojima, 2004 *apud* Caixeta-filho, 1996).

É importante ressaltar que existem esforços na implantação de projetos logísticos para atender às principais áreas de produção do país. Um desses projetos é a hidrovia que liga o norte de Mato Grosso aos rios Madeira e Amazonas. O sistema foi criado por iniciativa do Grupo Maggi para viabilizar o processo de comercialização da soja da Chapada dos Parecis (em Sapezal), percorrendo 900 Km de rodovia até Rondônia, fazendo o transbordo para balsas que descem o rio Madeira e o Amazonas até a cidade de Itacoatiara (AM), com volume movimentado da ordem de 1,12 milhões de tonelada/ano, proporcionando uma diminuição

de percurso em 650Km e custo por tonelada em 30%. Outra iniciativa foi o projeto da Ferronorte, que permitiu a redução do frete para escoamento da safra das áreas de produção das partes sul dos Estados do Mato Grosso, de Goiás e do Mato Grosso do Sul, a custos mais competitivos, para grandes centros de consumo e portos do sudeste. (Siqueira, 2004; Dalto, 2003; Silva, 2005)

No tocante à questão portuária, o escoamento da soja tem sido feito principalmente pelos Portos de Paranaguá, Santos, Rio Grande, Vitória, São Francisco do Sul, Manaus, dentre outros. Destaca-se o Porto de Paranaguá, que é, desde a década de 90, a porta de escoamento internacional das exportações de grãos e farelo de soja, tendo uma participação 50% maior do que os demais portos e terminais privativos nacionais.

Dentro da questão portuária, os pontos que mais afetam a competitividade das exportações brasileiras são:

- Custos de tarifas portuárias;
- Atendimento à demanda, comprometido em função da limitação de capacidade instalada dos terminais e armazéns;
- Fila de caminhões e navios no período de safra, comprometendo seu escoamento;
- Falta de investimentos em ampliação de instalações portuárias;
- Limitações de profundidade, que impedem a atracação de navios de maior porte em alguns portos;

Diante dos inúmeros problemas logísticos citados como causadores de perda de competitividade na exportação de commodities, alguns deles podem ser minorados com esforços conjuntos para sua diminuição.

A instalação de plataformas logísticas (em nível macro), ou terminais especializados (nível micro) no entorno de portos organizados ou terminais privativos, como áreas dotadas de infra-estrutura logística que prestam serviços de valor adicionado à cadeia exportadora poderia ser um ponto de partida para atendimento às demandas específicas destas

cadeias exportadoras, em especial a da soja, podendo dar maior celeridade ao processo, concentrando esforços, infra-estrutura e serviços de apoio necessários à exportação do produto, bem como trazendo para estas áreas indústrias que poderiam fazer a transformação do produto, a fim de tornar a cadeia mais competitiva frente aos concorrentes internacionais.

Especificamente, não se tem na literatura atual nenhuma referência à pesquisa quantitativa já realizada sobre o estudo de localização de plataformas logísticas ou terminais especializados situadas no entorno, ou dentro de portos organizados ou terminais privativos brasileiros, tampouco de nenhuma plataforma já construída ou estabelecida com esse conceito no Brasil, como já é comum nos arredores dos Portos de Roterdã - Bélgica e Le Havre - França. Estas plataformas logísticas ou terminais especializados funcionariam como unidade logística de agregação de valor, com áreas dotadas de infra-estrutura de serviços logísticos, ou como instalação de *transshipment* – transbordo para outros modais.

Portanto, partindo-se da análise do ponto de vista estratégico, o estudo da localização de terminais logísticos especializados, aplicada à cadeia exportadora da soja, torna-se uma oportunidade, justificando assim a escolha deste trabalho. Esse fato pode ser mais uma contribuição para o aumento das exportações de produtos manufaturados e semimanufaturados pelo País, diminuindo assim a dependência brasileira das exportações de produtos primários.

3

Plataformas Logísticas

Essa seção discute a conceituação, caracterização e dá exemplos de plataformas logísticas já estabelecidas.

3.1

Conceituação e contextualização

Plataforma logística é um conceito dado a centros logísticos que operam agregando algum valor ao produto. Segundo Izquierdo (1994, *apud* Rosa, 2005), o centro logístico é definido como

“um conjunto de instalações e equipamentos – infra-estrutura de transporte – onde se desenvolvem diferentes atividades relacionadas diretamente com o transporte, nacional e internacional, que pode ser utilizado conjuntamente por indústrias e por distribuidores, e que dispõe de uma série de serviços complementares colocados à disposição dos diferentes usuários – empresas de transporte, indústrias, armazenadores, distribuidores e agentes. No centro logístico se desenvolve o transbordo, a consolidação e o intercâmbio modal de mercadorias e nele as mercadorias podem ser armazenadas ou submeter-se a processos de transformação e acabamento”. (pág, 15)

Embora o autor não faça uma classificação rigorosa dos centros logísticos, descreve os critérios para o desenho destes centros logísticos que, segundo ele, devem levar em consideração, de forma geral, os seguintes condicionantes: superfície, localização, oferta imobiliária do solo urbano, o mercado potencial, o impacto ambiental e a organização

funcional da planta. Dentro desses condicionantes, destaca-se o posicionamento do centro logístico frente às estratégias das empresas transportadoras e distribuidoras que o utilizam para a distribuição nacional e internacional. Nestes casos, a centralidade é estimulada em relação às distâncias dos principais mercados. (Izquierdo, 1994 e Rosa, 2005).

Segundo Andrade (1995) *apud* Duarte (1999), com a crescente globalização, as fronteiras nacionais estão sendo abolidas, e as empresas estão tornando-se dependentes de uma logística de suporte para se tornarem mais competitivas diante da internacionalização da produção e do consumo. Para isso, há necessidade de se formar uma rede integrada de fornecedores, indústrias, distribuidores e empresas de transporte, a fim de melhorar a qualidade dos serviços, na tentativa de manter o fluxo global de mercadorias. Dessa forma, surgem as plataformas logísticas como macro unidades logísticas que reúnem uma variedade de serviços de valor adicionado, a um menor custo, localizadas em pontos estratégicos, sendo, portanto, parceiros na continuidade dessa internacionalização.

Sob a visão da TELECOTRANS (1999), plataformas logísticas são pontos ou áreas de rupturas das cadeias de transporte e logística, nos quais se concentram atividades e funções técnicas e de valor adicionado. Ampliando a análise para o conceito dado pela *Europlataforms – European Association of Freight Village* (1996), descreve-se uma plataforma logística como uma zona delimitada, no interior da qual se exercem, por diferentes operadores, todas as atividades relativas ao transporte, à logística e à distribuição de mercadorias, tanto para o trânsito nacional, como para o internacional. Esses operadores podem ser proprietários, arrendatários dos edifícios, equipamentos, instalações (armazéns, áreas de estocagem, oficinas) que estão construídos. Uma plataforma deve ter um regime de livre concorrência para todas as empresas interessadas nas atividades acima descritas e compreender

serviços comuns para as pessoas e para os veículos dos usuários. É, obrigatoriamente, gerida por uma entidade única, pública ou privada.

No estudo de Tanigushi (1999), apresenta-se um modelo de localização e de determinação do tamanho de terminais logísticos públicos para a cidade de Osaka, no Japão. Enfatiza-se o conceito de terminais logísticos públicos como instalações complexas e com múltiplas funções, incluindo *transshipment*, armazenagem, serviços de venda em atacado, centros de informação e exibição de mercadorias. Menciona-se, também, que esta denominação advém do conceito de terminais logísticos que estão sendo implantados na Holanda e na Alemanha, e que o assunto merece ampla investigação, principalmente no tocante ao tamanho, às funções, à localização e ao gerenciamento no setor público. Portanto, a aplicação pode dar-se tanto em áreas portuárias (públicas ou privadas), como em áreas urbanas, principalmente no entorno de centros consumidores, como é o caso da plataforma de Sogaris-Rugis, no entorno da cidade de Paris - França. (Dalmau; Robusté, 2002 e Rosa, 2004a).

Rosa (2004a, 2004b, 2005) propôs um conceito novo de plataforma logístico-cooperativa, que aborda diversas definições em uso nos contextos da logística e do transporte de cargas, como plataforma logística, logística cooperativa e centros logísticos em terminais de transporte. A autora considera como centros logísticos ou plataforma logística, as áreas de serviços logísticos delimitadas em território ou não, localizadas em um ponto nodal das cadeias logísticas e das redes de transporte, as quais trazem contribuições importantes na cadeia de valor, por meio da prestação de serviços de valor agregado, quer através da rede de transporte ou da rede de telecomunicações, quer apenas através de serviços pontuais à mercadoria, às pessoas (clientes, usuários e trabalhadores), aos veículos e aos equipamentos. Os centros logísticos são preferencialmente desenvolvidos próximos a terminais de transporte intermodais, por disporem de acessibilidade, vantagens de localização e alternativas de modos de transporte. Já a logística cooperativa define-se

como a prática de gestão logística em que os parceiros buscam compartilhar soluções, aproximar interesses e introduzir vantagens para ambas as partes. Essa cooperação pode dar-se tanto entre os parceiros de uma mesma cadeia de abastecimento, ao formarem uma logística integrada vertical, quanto entre parceiros de diferentes cadeias.

Diante da proposição da referida autora, assume-se que a plataforma logística deva funcionar como um centro integrador dentro dessa cadeia logística, fornecendo serviços de valor agregado aos produtos a partir destes terminais. Para isso ser realizado, há a necessidade de que os operadores logísticos (*Third-party logistic providers – 3PL*) estejam inseridos nesse contexto, trabalhando como articuladores, processadores, operadores intermodais/multimodais e/ou integradores dentro dessas plataformas.

Na Europa, as plataformas logísticas têm diferentes denominações e são áreas destinadas ao transporte, à logística e à distribuição de mercadorias, nacionais e importadas, as quais são consolidadas e desconsolidadas por vários operadores logísticos. A *Europlataforms* é uma associação de plataformas logísticas existente em diferentes países pertencentes à União Européia – UE, que congrega mais de sessenta sócio-fundadores desde 1991 e mais de 1.200 transportadores e operadores logísticos. Esses operadores podem ter ativos próprios, como armazéns, frota, centros de distribuição, áreas abertas de armazenagem, escritórios, ou arrendar espaço a terceiros. Essas plataformas devem estar dotadas de todas as facilidades de serviços públicos próximos, para serem realizadas as operações. Ao longo do continente europeu, as plataformas logísticas multiplicam-se, iniciando a concentração continental dessas infra-estruturas nos países constituintes do BENELUX, reforçando a função e a posição do porto de Roterdã como o principal porto *hub* (porto concentrador) da Europa. Segundo De Langen (2005), observa-se a tendência de que os portos já estabelecidos atraiam plataformas logísticas como unidades que tendam a minimizar custo dentro da cadeia

e ofereçam um serviço logístico de qualidade superior. Estabelece-se também que, como grande número de clientes deve ser atraído para esses centros, o acesso às plataformas e ao porto torna-se um fator locacional dos mais importantes.

Segundo Duarte (1999), *apud* Boudouin (1996), uma plataforma logística é composta de três subzonas com funções especiais:

- Sub-Zona de serviços gerais: áreas que englobam recepção, informação, acomodação e alimentação, bancos, agências de viagem, áreas de estacionamento, abastecimento e reparos, serviços de alfândega, administração e comunicação.
- Sub-Zona de transportes: que agrupa infra-estrutura de grandes eixos de transportes. É muito importante que a plataforma seja multimodal e possua terminais multimodais, integrando transportes rodoviário, ferroviário, marítimos e o/ou aéreo.
- Sub-Zona destinada aos operadores logísticos: que dá condições de prestação de serviços de fretamento, corretagem, assessoria comercial e aduaneira, aluguel de equipamentos, armazenagem, transporte e distribuição.

Duarte (1999) define, também, como placas logísticas o conjunto de plataformas próximas regionalmente, situadas no entorno de portos e aeroportos internacionais, com função de *hub*, e atuando como respectivos centros de transbordo de cargas.

Reynaud (1994), *apud* Rosa (2005), aponta que as várias denominações para plataformas logísticas estão relacionadas a diferentes características e realidades, de acordo com suas regiões. Mas todas as denominações citadas anteriormente trazem como base a visão da plataforma como uma área de serviços logísticos dotada de terminais, funcionando como centro de transbordo de cargas *inbound* e *outbound*, além de outros prestadores de serviços de valor adicionado.

Dentre as inúmeras denominações e exemplos de plataformas logísticas já estabelecidas ao redor de mundo (seção 3.4), há que se destacar a inclusão das *maquiladoras mexicanas* dentre as áreas denominadas plataformas. As maquiladoras são indústrias subcontratadas (muitas vezes subsidiárias da matriz), prestadoras de serviços de valor adicionado aos produtos. Estão situadas em áreas de livre comércio, no entorno de portos mexicanos, funcionando como agregadores de serviços para sua matriz, normalmente nos EUA ou no Canadá. Essas *maquiladoras* podem importar temporariamente material, bens de capital, partes de submontagens e, posteriormente, exportá-los com valor agregado. Similarmente, esse conceito é conhecido no Brasil como porto-indústria e aeroporto-indústria, ambos baseados no regime aduaneiro especial denominado *Drawback* (Maclachlan; Aguilar, 1998; e Brasil, 2002).

3.2

Valor agregado e as plataformas logísticas

Num ambiente competitivo, **valor** é o montante que os compradores estão dispostos a pagar por aquilo que uma empresa, ou indivíduo, lhes fornece, sendo seu valor medido pela receita total, resultante do preço que a empresa estabelece para o produto, em função do mercado e do número de unidades que ela pode vender. A empresa será rentável quando a soma dos custos envolvidos na geração do produto for menor do que o valor que ela consegue estabelecer para ele. A meta de uma empresa moderna, competitiva, é de aumentar ao máximo o valor agregado de seus produtos, ao mesmo tempo em que busca minimizar os custos globais na cadeia de suprimentos. Estas atividades que agregam valor tendem a fortalecer os acordos entre empresas. (Novaes,2004; Porter,1989 e Bowersox; Closs, 2001)

O valor agregado no terminal de transporte corresponde ao valor percebido pelo cliente frente aos serviços e atividades nele realizados, tanto em termos de qualidade (eficiência e eficácia), quanto da diversificação de serviços (diferenciação). A integração também é um indicador importante do sistema gerador de valor, porém, uma das principais vantagens dos terminais é em relação às possibilidades de ganhos de escala proporcionadas pelo intenso fluxo de mercadorias. (Rosa, 2005)

Em relação aos usuários, uma plataforma logística tem como clientes os proprietários da carga, os produtores, os transportadores, os consignatários de carga, os exportadores, os importadores, representados ou não por seus *traders*, os operadores logísticos, bem como todos os prestadores de serviços logísticos que necessitem dos serviços oferecidos dentro da plataforma.

Considerando ainda a discussão sobre agregação de valor, Rosa (2005) cria uma tipologia que propõe distinguir as funções exercidas na plataforma logística e estabelece categorias que possam apresentar, em seqüência, possibilidades de agregação de valor. Estabelece para cada tipo de terminal um agrupamento de valor agregado possível de ser realizado em maior ou menor grau, possibilitando assim a transformação dos terminais em plataformas logísticas. As categorias estão definidas a seguir e apresentadas na tabela 7:

- **Terminal de recebimento/despacho da mercadoria** – a mercadoria é despachada e retirada diretamente no terminal quer por carregadores quer pelo cliente final.
- **Terminal de transbordo de carga** – mudança de veículo, porém pertencente ao mesmo modo de transporte.
- **Terminal intermodal** – com mudança de modo, mas sem ruptura da carga;

- **Terminal intermodal com serviços de nível I** – utilização de serviços de transporte + movimentação e manutenção no terminal;
- **Terminal intermodal com serviços de nível II** – utilização de serviços de transporte + movimentação no terminal + serviços de gestão;
- **Terminal intermodal com serviços de nível III** – utilização de serviços de transporte + movimentação e manutenção no terminal + serviços de gestão + acabamento de produção;
- **Terminal intermodal com serviços de nível IV** – utilização de serviços de transporte + movimentação e manutenção no terminal + serviços de gestão + acabamento de produção + serviços de informação.

Tabela 7 – Tipologia dos terminais de transporte pelo valor agregado

Tipos	Grupos de serviços	Atividades
Terminal de recebimento despacho de mercadoria	Transporte	Média distância
		Curta distância
		Distribuição
Terminal de transbordo de cargas	Transporte	Longa, média e curta distância
		Distribuição
Terminal Intermodal	Transporte	Longa, média e curta distância
		Distribuição
Terminal Intermodal de Serviços de Nível I	- Transporte - Movimentação e manutenção no terminal	Longa, média e curta distância
		Distribuição
		Despacho de mercadorias
		Armazenagem
		Carregamento e descarregamento
		Reagrupamento (<i>Packing</i>)
Ruptura da carga (<i>Picking</i>)		
Terminal Intermodal de Serviços de Nível II	- Transporte - Movimentação e manutenção no terminal - Serviços de gestão	Longa, média e curta distância
		Distribuição
		Despacho de mercadorias
		Armazenagem
		Carregamento e descarregamento
		Reagrupamento (<i>Packing</i>)
		Ruptura da carga (<i>Picking</i>)
		Documentos de transporte
		Acompanhamento da carga
Serviços de pós-venda		

		Controle da qualidade
		Gestão dos pedidos e estoques
		Serviços Aduaneiros
Terminal Intermodal de Serviços de Nível III	<ul style="list-style-type: none"> - Transporte - Movimentação e manutenção no terminal - Serviços de gestão - Acabamento de produção 	Longa, média e curta distância
		Distribuição
		Despacho de mercadorias
		Armazenagem
		Carregamento e descarregamento
		Reagrupamento (<i>Packing</i>)
		Ruptura da carga (<i>Picking</i>)
		Documentos de transporte
		Acompanhamento da carga
		Serviços de pós-venda
		Controle da qualidade
		Gestão dos pedidos e estoques
		Serviços Aduaneiros
		Etiquetagem
		Embalagem e empacotamento
		Acondicionamento
		Co-produção
Serviços de acabamento		
Outros serviços		
Terminal Intermodal de Serviços de Nível IV	<ul style="list-style-type: none"> - Transporte - Movimentação e manutenção no terminal - Serviços de gestão - Acabamento de produção - Serviços de informação 	Longa, media e curta distância
		Distribuição
		Despacho de mercadorias
		Armazenagem
		Carregamento e descarregamento
		Reagrupamento (<i>Packing</i>)
		Ruptura da carga (<i>Picking</i>)
		Documentos de transporte
		Acompanhamento da carga
		Serviços de pós-venda
		Controle da qualidade
		Gestão dos pedidos e estoques
		Serviços Aduaneiros
		Etiquetagem
		Embalagem e empacotamento
		Acondicionamento
		Co-produção
Serviços de acabamento		
Controle de inventário		
Bolsa de frete		
Venda informatizada		
Informações ao embarcador (<i>EDI</i>)		
Informação de apoio		

Fonte: Rosa (2005)

Sob o ponto de vista de Rosa (2005), pressupõe-se a existência da plataforma logística como unidade logística de agregação de algum serviço para produtos já produzidos.

Entretanto, uma plataforma logística também pode ser o local onde ocorra o beneficiamento ou processamento de matéria-prima em produto. Portanto, propõe-se que uma nova categoria dentro desta tipologia, denominada de Terminal Intermodal/Multimodal de Serviços de Nível V, possa ser criada para substituir a função de co-produção para produção, co-produção e montagem, a fim de adequar a plataforma àqueles clientes que necessitem instalar uma unidade logística para produção e beneficiamento de matéria-prima em produto acabado, ou que necessitem de realizar qualquer serviço de montagem de produto.

Assim, a nova categoria poderá se apresentar da seguinte forma:

Tabela 8 – Ampliação da tipologia dos terminais de transporte pelo valor agregado

Terminal Intermodal/Multimodal de Serviços de Nível V	- Transporte	Longa, media e curta distância (<i>inbound e outbound</i>)
	- Movimentação e manutenção no terminal	Transbordo para outros modais
	- Serviços de gestão	Distribuição
	- Produção, montagem, Acabamento	Despacho de mercadorias
	- Serviços de informação	Armazenagem
		Carregamento e descarregamento
		Movimentação da carga
		Reagrupamento (<i>Packing</i>)
		Ruptura da carga (<i>Picking</i>)
		Documentos de transporte
		Acompanhamento da carga
		serviços de pós-venda
		Controle da qualidade
		Gestão dos pedidos e estoques
	Serviços Aduaneiros	

		Etiquetagem
		Embalagem e empacotamento
		Acondicionamento
		Produção, co-produção e montagem
		Serviços de acabamento
		Outros serviços
		Controle de inventário
		Bolsa de frete
		Venda informatizada
		Informações ao embarcador (EDI)
		Informação de apoio

Fonte: Baseado em Rosa (2005)

Dentro desta nova classe, propõe-se também que o terminal possa prestar serviços de transporte multimodal, pois já existe no Brasil uma legislação que norteia a utilização deste tipo de transporte (assunto que será discutido na seção a seguir). Esta ampliação pode permitir que a plataforma funcione como elo para o transporte *inbound* e *outbound* entre pequenas, médias e longas distâncias, realizada no mercado doméstico ou internacional.

Segundo resultado da pesquisa de Rosa (2005), que realizou uma análise de cinco portos europeus e brasileiros, classificou-se a plataforma logística portuária de Antuérpia – Bélgica como um terminal intermodal de nível IV, pois satisfaz na tipologia da autora todos os quesitos de atendimento aos maiores setores produtivos, com capacidade e áreas de armazenagem e escoamento, mão-de-obra qualificada, além de se revelar como o terminal de maior potencial para agregação de valor, abrangendo todas as funções logísticas.

3.3

Intermodalidade e plataformas logísticas

Uma das características fundamentais das plataformas logísticas europeias é a intermodalidade de transportes. A operação de transporte intermodal é aquela que ocorre por meio de dois ou mais modais, desde a origem até o destino do produto, usando-se um ou vários contratos de transporte com seu respectivo e específico documento para cada trecho percorrido. No Brasil, o transporte multimodal é definido pela operação de dois ou mais modos de transporte, desde a origem até o destino do produto, regido por um único contrato de transporte e operado por um Operador de Transporte Multimodal - OTM (Brasil, 1998 e Southworth; Peterson, 2000).

Existe hoje na Europa uma mobilização maior para se integrar o transporte rodoferroviário. Segundo Boudouin (1996), esse interesse advém das várias vantagens que a integração proporciona, dentre elas o descongestionamento dos principais eixos de comércio decorrente do tráfego de caminhões pesados, questões ambientais como poluição do ar e sonora, e riscos de acidentes, entre outros. Além disso, o dilema entre a rodovia e a ferrovia não é mais a tônica entre os usuários. Numerosos são os clientes, tanto empresas agroindustriais e industriais, quanto transportadoras que vêem na intermodalidade uma possibilidade de aumentar a eficiência global de seus produtos e do sistema global de circulação de mercadorias.

Segundo Willian e Hoel (1998), *apud* Trip; Bontekoning, (2002), o transporte intermodal rodoferroviário não pode competir com o transporte rodoviário em distâncias menores do que 400 km. Outras pesquisas indicam que a competitividade do transporte intermodal pode ser melhorada, se os transbordos forem mais rápidos e tiverem menores custos. Trip e Bontekoning (2002) afirmam ainda que o transporte

intermodal deve ser capaz de servir a maiores fluxos de transporte, com distâncias relativamente curtas e pequenos fluxos de carga, implicando em uma intensificação do tempo, a frequência e a expansão do espaço de transferência, para servir maiores pontos de destino. Isso, portanto, reforça a necessidade da existência de terminais (plataformas logísticas) que possam dar rapidez ao processo.

Entretanto, a intermodalidade dos transportes não é a solução em si para todos os problemas de circulação de mercadorias, pois é ainda preciso satisfazer a demanda no tempo e no espaço, realizando investimentos em infra-estrutura. Boudouin (1996) menciona que, na Europa, vários países estão realizando investimentos, pois há a necessidade de adaptação da infra-estrutura e dos gabaritos ferroviários para transporte dos *contêineres* fora do padrão, além da construção de terminais rodoferroviários chamados em francês de *chantier* (canteiro), e instalação de outras infra-estruturas operacionais intermodais. O objetivo a se atingir é dobrar a capacidade de transporte integrado rodoferroviário em pouco tempo, garantindo assim melhor movimentação de/para as plataformas logísticas já estabelecidas.

No Brasil, a operação de transporte intermodal tem sido largamente praticada, e a operação multimodal encontra-se na fase de regulamentação perante a Associação Nacional de Transportes Terrestres – ANTT. Como ainda são poucas as empresas credenciadas no Brasil como Operadoras de Transporte Multimodal (OTM), há um mercado potencial para parcerias entre operadores logísticos nacionais e internacionais com empresas ferroviárias e marítimas, na busca de conquistar maiores clientes importadores e exportadores. Para isso, as plataformas logísticas podem funcionar, viabilizando a movimentação, a armazenagem e o transbordo de cargas nacionais e internacionais.

3.4

Alguns exemplos de plataformas logísticas

Dentre as plataformas logísticas públicas e privadas existentes na Europa e América do Norte, destacam-se algumas denominações equivalentes ao conceito de plataformas logísticas e seus países de origem: Zonas de Atividades Logísticas (ZAL), *Centrales Integradas de Mercancias (CIM)*, na Espanha; *Plateformes Logistiques Publiques* e *Distriport*, na França, Bélgica e Holanda; *Distripark*, em Singapura e na Bélgica; *Freight Village*, na Inglaterra e *Interporti*, na Itália; *Güterverkehrszentren (GVZ)*, na Alemanha; Centros de Logística Integrada – Terminais intermodais + plataformas logísticas, em São Paulo, Brasil; *Maquiladoras*, no México; *Load Centers*, nos USA; os Centros integrados para transbordo, armazenagem, e distribuição de mercadorias – *Integrated Centres for the Transshipment, Storage, Collection and Distribution of Goods (TSCD)*, na Holanda, além dos tradicionais centros de distribuição - CD, os terminais de carga seca (*break-bulk terminal*), terminais de transbordo (*transshipment terminal*) e as Áreas de Atividades Logísticas (*Logistic Activity Areas*). (Hayut, 1981; Koning, 1996; Fageda,[s.n], Duarte, 1999 e Rosa, 2004). Alguns exemplos serão apresentados a seguir:

a) Zona de Atividades Logísticas (ZAL) – Barcelona e Valência - Espanha

A Zona de Atividades Logísticas - ZAL é um centro multimodal de distribuição e logística situado no Porto de Barcelona – Espanha, um dos principais portos para o tráfego de contêineres no Mar Mediterrâneo. Nessas áreas podem ser feitas várias operações que agregam valor, tais como desconsolidação e consolidação, armazenamento e classificação, operação de acabamento, controle de qualidade, reembalagem e etiquetagem. Oferecem-se também facilidades para operações intermodais/multimodais rodoviária, aérea e ferroviária para diversos

pontos dentro da Europa. Outro exemplo ainda na Espanha é a ZAL de Valência, especializada somente na função de centro de distribuição, cuja área total está dimensionada em 310.000 m², distribuída em nove subáreas oferecendo os mais diversos serviços auxiliares. (dados disponíveis em: www.zal.es < capturado em 01/09/2003>)

A Espanha estruturou sua rede de plataformas logísticas com as figuras das ZAL, dos portos secos e dos centros de transporte de mercadorias. Sua localização tem como preferência:

- Locais com alto valor estratégico nas redes de rodovias (nós);
- Locais estratégicos em áreas adjacentes ou internas aos terminais de carga;
- Áreas das periferias das grandes aglomerações urbanas.

Descreve-se também que a abrangência do atendimento é de nível internacional. As principais cadeias produtivas atendidas são as do setor automotivo, eletrônicos de consumo, eletrodomésticos e materiais esportivos. Os serviços oferecidos na ZAL, além de armazenagem, manuseio da carga, consolidação e desconsolidação são: divisão das mercadorias em lotes para distribuição (*picking*), empacotamento e formação de novos lotes de distribuição (*packing*), armazenagem de peças de reposição, distribuição, sistema de informação avançado e integrado com o cliente (*EDI*), serviços expressos porta a porta, desenho e produção de coleções exclusivas (jóias, têxtil, artigos para casa, papelaria e cerâmica). (Alemany, 1997; Manzella, 2002 *apud* Rosa, 2005)

b) Eurocentre Plataforma Logística Multimodal - França

A Eurocentre é uma plataforma multimodal situada ao norte da cidade de Toulouse, no sul da França. Trata-se de um estabelecimento público, desenvolvido em conjunto com várias parcerias não-governamentais e financiado pelo Estado Francês e pela União Européia. A plataforma é

dividida nas seguintes áreas: conexão ferroviária, centro intermodal e centro industrial, atividades de negócio e serviços e centros de recepção e serviços (*Eurocentre Multimodal Logistics Platform*, 2000). Dutra (1999) afirma que o centro intermodal é aberto para todas as firmas especializadas em modos combinados de transporte, bem como para provedores ou usuários, oferecendo um recurso operacional definitivo para negócios instalados na *Eurocentre*. Diferentemente da ZAL, essa plataforma oferece espaço para instalação de indústria dentro de seu espaço, a fim de promover a integração da indústria com os serviços logísticos em um único espaço.

c) *Freight Village* – Inglaterra e Itália

Freight Village é uma plataforma integradora de vários modos de transporte, capaz de promover o transporte intermodal entre múltiplas origens e destinos. É constituída por vários nós nos quais as mercadorias são transbordadas de um modal de transporte para outro. (Tsamboulas,2003)

O conceito de *Freight Village* foi desenvolvido para oferecer um espaço de serviço comum a vários transportadores e empresas de logística localizados dentro do *site* (condomínio ou plataforma). As empresas de logística e de transporte podem oferecer a vantagem de uma estrutura comum, equipamentos e serviços, sem investir ou correr riscos na escolha da localização errada. Portanto, elas podem ser apenas usuárias do espaço. Ainda segundo Tsamboulas (2003), uma *Freight Village* pode oferecer serviços de manuseio, operação, armazenamento, *transshipment* e administração para empresas de menor porte que não queiram arcar com tais operações e custos.

Outro exemplo de *freight village*, denominado *Bologna Freight Village Interporti* – Itália, consiste em um sistema logístico mais amplo do que o da Inglaterra, com infra-estrutura rodoferroviária desenhada para o

transporte de carga, diretamente conectado à rede nacional de ferrovias, denominada de *motorway system*. Abrange uma área de 2.000.000 m², sendo 650.000 m² de área para facilidades de transbordo ferroviário. Essa plataforma acomoda mais de 75 empresas de transporte internacional e nacional, escritórios comerciais de importação e exportação, armazéns públicos e armazéns alfandegados dotados de facilidades para cargas secas e refrigeradas.

d) Distriport - França

Distriport é uma plataforma logística localizada num distrito industrial e portuário chamado *Marseille - FOS*, dotada de acessos rodoviários, ferroviário, além de área de armazenagem para contêineres, e proximidade ao aeroporto. Dispõe de uma infra-estrutura marítima para navios Panamax e Pós-panamax (comprimento médio de 965 pés - 294 m, largura de 106 pés - 32,3 m e calado de 39,5 pés - 12,04 m). Essa plataforma difere das citadas anteriormente por ser estritamente portuária (FOS-Distriport, 2003).

e) Distriparks – Roterdã

Distriparks são parques logísticos providos de facilidades em áreas próximas a portos de grande movimentação. Segundo Zhu (1989), os *distriparks* constituem uma nova geração de serviços de distribuição, entrega e armazenamento que tem alcançado grande desenvolvimento nas cidades providas por portos. Os *distriparks* oferecem espaço para armazenamento temporário de cargas, localização de indústrias, além das operações de consolidação, desconsolidação, redistribuição, coleta de amostragem, transporte porta a porta, gerenciamento de inventário e customização de produtos. O operador do *distripark* pode prover serviços de valor adicionado ao transporte intermodal, desembaraçamento

alfandegário, serviços de *postponement*, paletização e unitização/desunitização de cargas.



Figura 4 – Distripark de Roterdã

Fonte: www.portofroteram.com <acesso em 14/12/2003>

Na literatura são encontradas referências ao *Distripark* de Singapura e a outros, em Roterdã, na Bélgica (Figura 4), denominados de *Distripark Botlek* (especializado em operações com cargas químicas), *Eemhaven* (para carga geral e produtos de alta qualidade) e *Maasvlakte Distriparks* (áreas destinadas aqueles que desejem localizar seu próprio centro de distribuição na Europa).(dados disponíveis em: <www.portoofroteram.com < acesso em 09/08/2005)

f) Load Centers e Integrated Logistics Center– EUA e China

Nos EUA, o conceito de centros logísticos integrados é recente e não apresenta as mesmas características já estabelecidas pelas plataformas europeias. Neste país, os conceitos de plataforma têm origem nos *Load Centers* e nos *Integrated Logistic Centers*.

Load Centers são terminais de transporte que trabalham na centralização e distribuição de cargas, podendo utilizar qualquer modalidade de transporte, embora não trabalhem na agregação de valor ao produto.

Entretando, pela dimensão destes centros e pelos serviços oferecidos, esses centros são considerados como um caso particular de terminais logísticos com potencial de ascensão à categoria de plataformas logísticas.

Nos EUA, esses *loads centers* estão localizados no interior (*Inland Load Center*) e em muito poucos casos, no entorno dos portos americanos. Paralelamente, os *load center* também são citados na literatura como terminais portuários que concentram grandes volumes de contêineres em portos com grande movimentação (Hong Kong, por exemplo), a fim de gerar economias de escala no embarque, na operação e no transporte marítimo (Hayut, 1981; Slack, 1990; Wang, 1998).

Já os *Integrated Load Center* podem ser definidos como o *hub* (concentrador) de uma específica área, onde todas as atividades relacionadas ao transporte, logística e a distribuição de mercadorias são feitas por vários operadores. O objetivo é gerenciar numa mesma área o fluxo de transporte e operações logísticas para reduzir o custo e aumentar a produtividade. Os principais *Integrated Load Center* estão localizados nos Estados do Texas, Illinois, Ohio e atualmente estão desenvolvendo o projeto para o primeiro *Integrated Load Center* em Winter Haven, Florida. (CSX INC, 2006).

g) Outros exemplos de plataformas logísticas européias

Existem outros exemplos de plataformas logísticas estabelecidas na Europa, todas construídas a partir de Planos Nacionais de Transporte, que são diretrizes políticas que orientam a organização territorial destas plataformas. A construção destes planos nacionais é uma das características que difere a experiência européia, mais adiantada no processo de desenvolvimento da infra-estrutura de apoio logístico, da experiência brasileira, ainda em estágio embrionário.

Segundo Rosa (2005), as experiências européias têm em comum a participação efetiva do Estado na elaboração de políticas específicas e de diretrizes para o desenvolvimento e investimento de suas plataformas logísticas. Algumas destas experiências tiveram suas origens em empreendimentos privados pioneiros (caso de *Garanor* e *Sogaris*, em torno de Paris). Apesar disto, todas se desenvolveram e se estruturaram sob a orientação de um Plano Nacional de Transporte.

Dentre outras experiências de plataformas logísticas na Europa, destacam-se os *interporti* ou interportos, que são complexos orgânicos de estruturas e serviços integrados e destinados ao intercâmbio de mercadorias entre as diferentes modalidades de transporte, compreendendo pelo menos uma instalação ferroviária para formar ou receber trens completos e inter-relacionados com portos, aeroportos e vias principais de comunicação. Eles tiram proveito da localização dos lugares de ruptura de carga como lugares de valorização e de tratamento da mercadoria. Sobre os elos de comunicação intermodal se permite a escolha do modo de transporte mais apropriado e se incentiva o transporte ferroviário para percursos de longa distância. Um exemplo é o Interporto em Verona - Itália, onde estão localizadas mais de 40 empresas destinadas a desenvolver a economia e a indústria da região (Rosa, 2005).

Rosa (2005) ainda descreve que a estratégia da Holanda é semelhante à da Bélgica quanto ao desenvolvimento de uma política de atração e implantação de centros de distribuição de empresas norte-americanas e asiáticas, cujo maior percentual está na Holanda. Descreve-se que uma ampla gama de serviços de valor agregado pode ser realizada nestes centros de distribuição. A personalização dos produtos para os diferentes submercados europeus é uma das atividades mais desenvolvidas. Em mais de 80% dos casos, os produtos são processados e modificados rapidamente para se adequarem às especificidades e desejos dos clientes. Estas atividades vão desde simples reembalagem e controle de

qualidade até trabalhos de montagem, de reparos e de testes dos produtos. São descritas como atividades de valor agregado na cadeia logística, realizadas dentro destas plataformas logísticas.

h) CLI – Centros de Logística Integrada – Brasil

Um Centro de Logística Integrada - CLI é uma área que reúne uma série de funções de transporte, de logística, de suporte operacional, de processamento industrial e outras funções correlatas. Foi idealizado pela Secretaria Estadual de Transportes do Estado de São Paulo, dentro do Plano Diretor de Desenvolvimento de Transportes (PDDT), para o período de 2000/2020.

Os CLIs estão dimensionados para abrigar um terminal intermodal rodoferroviário e uma plataforma logística capazes de realizar operações de estocagem, de distribuição, de consolidação e desconsolidação de contêineres, serviços de apoio e áreas alfandegadas.

Em 2000 identificou-se um mercado potencial de carga intermodal dentro do Estado de São Paulo estimado em 56 milhões de toneladas, tendo como pólo de origem e destino a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Demonstrou-se que o desenvolvimento da ferrovia e a exploração desse mercado dependem, entre outros fatores, da implantação de um conjunto de instalações que foram denominadas Centros de Logística Integrada ou CLIs.

O PDDT situa o CLI como elemento vital do complexo de transportes, que atende a vários objetivos públicos, como facilitar as transferências rodoferroviárias, impulsionando a intermodalidade.

Pretendem-se realizar nesse centro operações de consolidação e desconsolidação de contêineres, a racionalização da coleta e distribuição de cargas na RMSP, mediante o uso de caminhões menores, trafegando a distâncias também menores; prover serviços logísticos, especialmente espaços de estocagem rápida que otimizem as funções de

concentração/distribuição para empresas industriais, inclusive de transporte de encomendas.

As regiões com potencial de localização de CLIs estão descritas na Figura 5. Para que tal projeto se torne realidade, prevê-se a necessidade de finalização do Rodoanel, construção de trechos do Ferroanel e das conexões entre o CLI e o Ferroanel e Rodoanel, além da resolução de problemas de transbordo, dada a diferença de bitola das ferrovias já existentes.

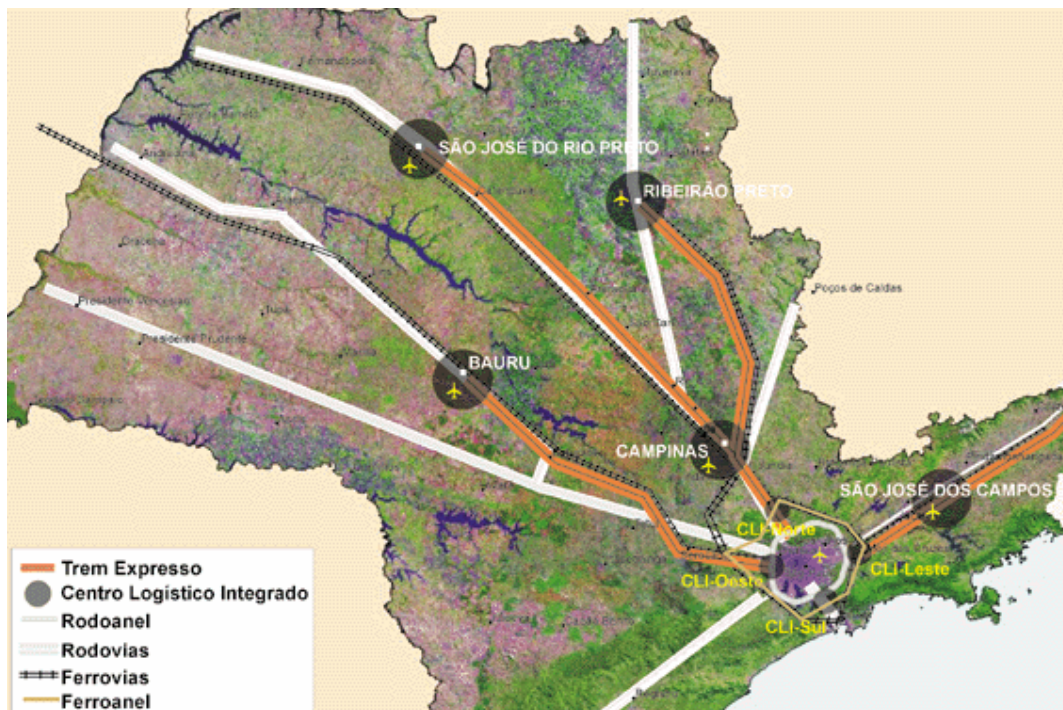


Figura 5 - Potencial de localização das CLI

Fonte: DERSA, SP, 2003.

Inicialmente, segundo informações da DERSA, o CLI com maior potencial de implantação é o da Região Sul da RMSP, localizado fora da trama urbana, capaz de viabilizar cargas potenciais destinadas a RMSP e também de exportar pelos portos de Santos e de São Sebastião.

i) Plataforma Logística Multimodal de Goiás

A Plataforma Logística Multimodal de Goiás foi idealizada para funcionar como um eixo integrador dentro da região Centro-Oeste brasileira e seu projeto encontra-se ainda em fase de implantação. Ela se localizará no Distrito Agroindustrial de Goiás, numa área que cobre 6.967.790 m², entre importantes eixos de integração logística para o transporte aéreo, ferroviário e rodoviário (Figura 6). Segundo informações da Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Goiás, a plataforma permitirá realizar:

- Armazenagem e distribuição multi-temperatura;
- Despachos aduaneiros e contratação de cargas;
- Beneficiamento, processamento e embalagem de bens;
- Concentração e desconcentração de cargas;
- Serviços financeiros e de telecomunicações;
- Montagem industrial de produtos;
- Presença de autoridade aduaneira;
- Proximidade ao aeroporto civil de Anápolis;
- Ramal ferroviário e rodoviário;
- Proximidade ao Ramal hidroviário Tietê-paraná.

Espera-se que esta plataforma atenda a mercados da região de Goiás, Distrito Federal e do Triângulo Mineiro, fornecendo serviços para produtos acabados (eletroeletrônicos, produtos alimentícios e bebidas, componentes, máquinas, automóveis e peças em geral), além dos produtos da agroindústria, principalmente soja, milho, algodão, dentre outros.(dados disponíveis em:<www.plataformalogistica.go.gov.br>acesso em 28/11/2005)



Figura 6 – Plataforma Logística Multimodal de Goiás

Fonte: Secretaria de Planejamento do Estado de Goiás (2005)

j) Portos Secos - Brasil

Porto Seco - *Dry port* é um terminal alfandegado de uso público, situado em zona secundária do território aduaneiro, destinado à prestação, por terceiros, dos serviços públicos de movimentação, armazenagem e despacho aduaneiro de mercadorias e de bagagem procedentes do exterior ou a ele destinadas, sob controle aduaneiro brasileiro. Porto seco é o nome que se dá atualmente às antigas Estações Aduaneiras Interiores (EADIs), criadas a partir da permissão legal contida no Decreto-Lei no.1455/76, regido pelo Decreto 4.543/2002 de 26 de dezembro de 2002 e alterado pelo Decreto n.º 4.765, de 24 de junho de 2003 (Brasil, 2003).

Os serviços desenvolvidos nos portos secos podem ser delegados a pessoas jurídicas de direito privado, que tenham como principal objeto social, cumulativamente ou não, a armazenagem, a guarda ou o transporte de mercadorias. A delegação é efetivada mediante concessão ou permissão de serviço público, após a realização de concorrência. São instalados, preferencialmente, adjacentes às regiões produtoras ou consumidoras.

Nos Portos Secos são também executados todos os serviços aduaneiros, a cargo da Secretaria da Receita Federal, inclusive os de processamento de despacho aduaneiro de importação e exportação (conferência e desembaraço aduaneiros), permitindo, assim, a sua interiorização a outras cidades do território aduaneiro brasileiro, com ou sem suspensão de tributos. Atualmente, existem 80 portos secos, aproximadamente, em funcionamento no Brasil.

As empresas concessionárias e permissionárias destes portos secos estão estruturadas como complexos logísticos para realizarem atividades de valor agregado. Adjacentes a esses terminais alfandegados são construídos centros de distribuição para que possam integrar toda a cadeia logística de seus clientes, oferecendo facilidades de transporte, remoção das cargas da zona primária (porto, aeroporto ou pontos de fronteira) para os portos secos (zona secundária), que depois as desembarçam para serem nacionalizadas, além dos serviços de distribuição. Apesar desses portos secos já existirem como alternativa à cadeia logística, ainda há a necessidade de se ter uma infra-estrutura maior, para que sejam considerados como plataforma logística. Portanto, dentro de uma plataforma pode haver uma área alfandegada prestando o mesmo serviço já realizado pelo porto seco.

4.

Fundamentos para a localização de instalações

Nesta seção serão analisadas as características e formulações acerca da localização de instalações e do problema de *transshipment* (transbordo), que darão base para a construção do modelo de localização e transbordo para plataformas logísticas e terminais especializados aplicado a múltiplos produtos.

4.1

Planejamento estratégico, tático e operacional

De acordo com Schmidt e Wilhelm (2000), o rápido desenvolvimento dos mercados mundiais vem gerando a dispersão da produção, da montagem, do fornecimento e da operação de distribuição das empresas multinacionais em diversos países que lhes apresentem vantagens competitivas na redução de custos, no aumento do nível de serviço e na sua lucratividade. Para que isto se torne realidade, vários estudos sobre decisão de localização têm sido elaborados ao longo dos anos, com vistas a auxiliar na tomada de decisão empresarial.

Crainic e Laporte (1997) têm utilizado o escopo de planejamento estratégico, tático e operacional com o fim de planejar modelos para o transporte de cargas. Schmidt e Wilhelm (2000), por sua vez, têm-se baseado no planejamento estratégico para tomada de decisões de localização de plantas em redes logísticas internacionais. Os quatro últimos autores citados concordam que os três níveis de planejamento apresentam-se da seguinte forma:

- Nível estratégico (longo prazo): Envolve o mais alto nível de gerenciamento e requer alto investimento em capital no horizonte de longo prazo. As decisões de nível estratégico determinam geralmente o desenvolvimento de políticas e estruturas para o sistema funcionar. Exemplos de decisões de nível estratégico são o desenho da rede (*network*), a localização de facilidades ou instalações e a aquisição de recursos. Essas decisões podem ter âmbito internacional, nacional ou regional.
- Nível tático (médio prazo): Envolve o planejamento eficiente e racional da alocação de recursos para aumentar a *performance* do sistema. As decisões de nível tático incluem escolha de rotas, tipos de serviços oferecidos e alocação de mão-de-obra nos terminais. No âmbito das firmas, as decisões de nível tático incluem decisões de produção das plantas industriais, políticas de produção e montagem, nível de inventário e tamanho de lotes.
- Nível operacional (curto prazo): Envolve o planejamento e decisões de curto prazo, em que a coordenação da rede para atender à demanda do consumidor é a meta principal. Nesse contexto, decisões de *scheduling* de serviços, manutenção de atividades, roteirização de veículos e alocação de recursos são decisões operacionais importantes.

Dentro desses níveis de planejamento, pretende-se neste estudo analisar a localização de terminais especializados no Brasil, sob o ponto de vista estratégico, de forma a contribuir na melhoria do sistema de transporte e propiciar ganhos de competitividade às exportações brasileiras.

4.2

Caracterização dos modelos de localização de instalações (*Facility location*)

O termo “análise de localização” refere-se à modelagem, formulação e solução de uma classe de problemas que pode ser mais bem descrita como localização de facilidades num dado espaço (ReVelle; Eiselt, 2005). O estudo de localização de instalações é um dos aspectos mais importantes dentro do planejamento estratégico aplicado a áreas tanto públicas como privadas, sejam elas localizadas no âmbito doméstico ou no âmbito internacional. Antes de uma instalação ser construída, um estudo de localização deve ser feito, objetivando determinar a apropriada localização e capacidade, bem como o capital necessário para sua alocação.

Segundo Pizzolato (2000), o problema de localizar uma instalação ou posto de serviço consiste em escolher uma posição geográfica para sua operação tal, que seja maximizada uma medida de utilidade, satisfazendo diversas restrições, em particular restrições de demanda.

Historicamente, o estudo da teoria da localização sob a ótica econômica iniciou-se formalmente em 1909, quando Alfred Weber [*Über den Standort der Industrien, traduzido como Alfred Weber's theory of location industries, 1929*] analisou o problema de como posicionar um único armazém e de como minimizar a distância entre este e seus vários clientes (Owen; Daskin, 1998; Brandeau e Chiu, 1989). ReVelle e Laporte (1996) afirmam que, após o trabalho publicado por Weber em 1929, foram estudadas várias outras aplicações baseadas em algoritmos, principalmente a partir de meados de 1960, com o auxílio dos programas computacionais.

A teoria de localização ganhou redobrado interesse em 1964, com a publicação de Hakimi, que objetivava determinar a localização de postos

de serviços em redes e postos policiais em *highways*. Hakimi (1964), estabeleceu dois teoremas: o primeiro, determinando que existe um ponto em uma rede que minimiza a soma ponderada das distâncias mais curtas de todos os vértices a este ponto, o qual vem a ser um dos vértices da rede; e o segundo teorema, determinando que, para o caso de se escolher p pontos centrais (problema conhecido como p -mediana), existirá um conjunto de p pontos (vértices da rede) que minimizará a soma das distâncias ponderadas de todos os vértices aos mais próximos de p pontos da rede. ReVelle e Laporte (1986, *apud* Owen; Daskin, 1998), mais recentemente, modificou a versão do problema da p -mediana para exemplificar como essa versão poderia ser aplicada em contextos de tomada de decisão estratégica. Desde então, a teoria da localização tem-se desenvolvido ao longo dos anos e inspirado muitos pesquisadores em várias áreas de aplicação.

Os principais modelos de localização estão assim classificados (Crainic; Laporte, 1997):

- Modelos de cobertura: O objetivo é minimizar o custo de localização de uma facilidade pelo qual um máximo nível de cobertura é obtido. Os problemas de cobertura estão divididos em *location set covering problem* (conjunto de problemas de cobertura) e *maximal covering problem* (problemas de máxima cobertura). O primeiro modelo de cobertura foi atribuído a Toregas *et al.* (1971) *apud* Drezner; Hamacher (2002), e posteriormente ampliado por Church e ReVelle (1974) *apud* Drezner; Hamacher, (2002). Alguns desdobramentos desse modelo estão presentes nos estudos de Crainic e Laporte (1997), Daskin (1995) e, Owen e Daskin (1998).
- Modelos centrais: O objetivo é localizar p instalações em uma rede, minimizando a máxima distância entre os vértices e a instalação, ou entre um nó de origem e a instalação mais próxima. Esse problema é conhecido como p -center problem, ou problema de *minimax* (Daskin, 1995).

- Modelos medianos: São chamados de *median models*. O objetivo é localizar p facilidades nos vértices de uma rede e alocar demandas dessas facilidades de forma a minimizar o total do produto peso vezes a distância entre as facilidades (instalações) e os pontos de demanda do consumidor (Hakimi, 1964). Segundo Crainic e Laporte (1997), se a instalação é não-capacitada e o número de instalações é fixo, tem-se um problema de p -mediana. Se o número de instalações é variável e as instalações não têm restrição de capacidade, tem-se um problema denominado *Uncapacitated Plant Location Model (UPLM)* ou modelo de localização de plantas não-capacitadas [modelo de Balinski (1965) in Zhu e Reville, 1989]. Se o número de localizações é variável e sua instalação é capacitada, tem-se então um problema denominado *Capacitated Plant Location Problem (CPLP)* ou problema de localização de plantas capacitadas.

Inúmeros autores têm feito revisões de literatura sobre o estudo da localização. Entretanto, Brandeau e Chiu (1989), Current e Schilling (1990), Daskin (1995), Hall (1999), Klose e Drexler (2005), entre outros, descreveram uma taxonomia que amplia os problemas de localização de instalações em:

- Modelos planos (*planar*) e modelos de rede (*network model*): Nos modelos planos, a demanda ocorre em qualquer lugar no plano (com coordenadas x e y). Nesses modelos, supõe-se a inexistência de restrições de percurso, de modo que se pode usar a distância mais curta. Os mais utilizados são os métodos da métrica euclidiana, da métrica metropolitana e o modelo de Weber (1929). Nos modelos de rede, assume-se que as instalações e os pontos de demanda estão localizados nos nós da rede. Dentro desta caracterização, há que se destacar também a importante contribuição de Hakimi para os problemas de p -mediana.
- Modelos contínuos e discretos: Quando o modelo permite que as facilidades sejam localizadas em qualquer lugar dentro de um

particular espaço de soluções (no plano), dá-se a denominação de modelo contínuo (Klose e Drexl,2005). Um exemplo desse modelo está presente no problema de Weber (1929). Daskin e Owen, citados por Hall (1999), afirmam que os modelos de localização contínua apresentam dificuldades de ordem computacional e prática, por vezes resultando em formulações não-lineares difíceis de serem solucionadas para mais de uma localização ou por apresentar soluções inviáveis na prática.

Em contraste aos modelos contínuos, os modelos de localização em rede são classificados como modelos discretos, pois assume-se que a demanda e as instalações estão localizadas nos nós de uma rede, em um conjunto finito de localizações (Mirchandani; Francis, 1990 e Daskin; Owen, *apud* Hall,1999).

- Modelos estáticos e dinâmicos: A maioria dos modelos de localização conhecidos são estáticos, ou seja, independente do tempo. Entretanto, a maioria dos problemas de localização tem a determinação do tempo como um condicionante. Portanto, nos modelos dinâmicos, considera-se a questão de onde e quando localizar. A condição tempo passa a ser utilizada.
- Modelos probabilísticos (estocásticos) e determinísticos: Como os modelos podem ser estáticos e dinâmicos, estes também podem ser probabilísticos (sujeitos a incertezas) ou determinísticos (não-sujeitos a incertezas).
- Modelos para um único produto (*single product*) ou modelos que levam em consideração múltiplos produtos (*multi-products* ou *multi-commodities*).
- Modelos com um único objetivo (determinação de mínimo custo ou localização) ou com múltiplos objetivos (determinação de mínimo custo e maximização da demanda coberta).

- Modelos de localização capacitados ou não-capacitados: Os modelos de localização (cobertura, medianos e centrais) tratam a localização como um problema não-capacitado ou com capacidade ilimitada (*uncapacitated location model*). Entretanto, existem modelos que já impõem esse limite ou tamanho da capacidade nas restrições ao modelo (*capacitated facility location model*).

Existem, entretanto, inúmeros fatores que têm interferido na decisão locacional, além de fatores referentes unicamente à minimização de distância e custo. Wu e Wu (1983), Badri e Davis (1995), Canel e Khumawala (1996), Heizer (1999), Hoffman e Schniederjans(1994), Alberto (2000) e Lirn, et al. (2003) atribuem os principais fatores qualitativos que interferem na decisão locacional:

- Localização dos mercados fornecedores e consumidores;
- Disponibilidade e custos de mão-de-obra, serviços de comunicação, saúde, energia e segurança;
- Taxa de câmbio e barreiras comerciais;
- Regulamentação de impacto ambiental;
- Grau de organização sindical;
- Disponibilidade e custos de serviços públicos;
- Facilidades para o sistema de transporte;
- Custos de instalação, operação e transporte;
- Localização dos concorrentes;
- Clima e temperatura da região;
- Incentivos governamentais;

Dentro destes fatores, destaquem-se os incentivos governamentais dados pelos governos a empresas que desejem investir nas localidades,

objetivando um melhor desenvolvimento econômico da região, geração de empregos e o aumento da potencialidade da arrecadação tributária no longo prazo. Alberto (2000), baseado no *Conway Data Global Survey of Development Organization*, cita que os incentivos fiscais são hoje um dos cinco principais fatores de decisão locacional perante os executivos. Ratificando este fato, o trabalho de Nicolay (2003) *apud* Nazário (2001), reforça a idéia de que os incentivos governamentais são um dos principais fatores de decisão locacional e têm gerado disputas (Guerra Fiscal) entre estados e municípios no Brasil, objetivando inicialmente a instalação da empresa e no longo prazo a possibilidade de aquisição de maior fatia de impostos.

O modelo a ser discutido nesta tese baseia-se no modelo de *transshipment* (transbordo), combinado com o modelo de localização de plantas capacitadas, aplicado à localização de plataformas logísticas portuárias ou terminais especializados que utilizam uma cadeia de suprimentos rumo à exportação. Esse problema, segundo a taxonomia e a literatura anteriormente apresentadas, caracteriza-se como um modelo de rede, discreto, determinístico, aplicado a múltiplos produtos e com restrições de capacidade. Apesar de se saber que as variáveis qualitativas interferem nas decisões de localização, principalmente no tocante aos incentivos fiscais dados à implantação do investimento em localização de instalações no Brasil, esta tese se baseará única e exclusivamente no modelo quantitativo, em virtude das limitações de informações e da dificuldade de mensuração e adição destas variáveis qualitativas ao modelo.

4.3

Problema de localização de plantas capacitadas (*The capacitated plant location problem*)

Segundo Sridharan(1995), a localização de unidades logísticas, como armazéns e fábricas, é inevitavelmente, uma decisão estratégica para a maioria das organizações. Esses problemas de localização têm sido amplamente estudados na literatura com o nome de problemas de localização de plantas, armazéns, instalações ou facilidades. Quando uma potencial planta tem uma capacidade, isto é, um limite superior de capacidade de atendimento, o problema passa a ser denominado problema de localização de plantas capacitadas (*Capacitated Plant Location Problem – CPLP*). Quando a restrição de capacidade não é assumida, tem-se então um problema de localização de plantas sem restrição de capacidade (*Simple Plant Location Problem – SPLP*). Brandeau e Chiu (1989) dizem que *The simple plant location problem* (problema de localização de plantas) é uma versão particular do problema de localização de armazéns pelo qual se busca selecionar um número de localizações não determinado, proveniente de um número finito de potenciais localizações pré-selecionadas, que minimize o custo fixo de instalar o serviço, acrescido do custo variável da operação.

A esse conjunto de problemas de localização de plantas capacitadas e não-capacitadas dá-se a denominação de problemas de localização de instalações com custos fixos (*Fixed charge facility location problems*).

A primeira formulação do problema de localização de plantas sem restrição de capacidade foi atribuída a Balinski (1965) *apud* (Harkeness; ReVelle, 2003). Posteriormente, o estudo foi re-analisado por ReVelle *et.al.* (1970), Eilon *et.al.* (1971) e Pruzan (1978), citados por Krarup e Pruzan (1983), entre outros. Esses mesmos autores fizeram uma revisão, síntese e proposição de algoritmos para solucionar o problema.

O problema de localização de plantas capacitadas consiste em considerar um conjunto $J = \{1, \dots, n\}$ de potenciais localizações para plantas, com custos fixos f_j associados com a planta, com capacidades s_j de atendimento e um conjunto $I = \{1, \dots, m\}$ de clientes, onde c_{ij} representa o custo total de transporte da planta j para o cliente i e d_i a demanda do cliente i . Portanto, os parâmetros dados consistem em c_{ij} , d_i , s_j , e f_j . As variáveis de decisão são:

x_{ij} representando a fração da demanda do consumidor i , fornecida pela planta j e

$y_j = 0$ representando a planta fechada ou

$y_j = 1$ representando a planta aberta.

O problema consiste em descobrir um subconjunto de plantas que minimize o custo total de transporte e que satisfaça toda demanda d_i dentro dos limites de capacidade das plantas s_j . Sridharan (1995) apresenta a seguinte versão do modelo de localização de plantas capacitadas para n potenciais plantas e m consumidores:

$$Z = \text{Min} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} + \sum_{j=1}^n f_j y_j \quad (1)$$

sujeito a

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, m; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m d_i x_{ij} \leq s_j y_j, \quad j = 1, \dots, n; \quad (3)$$

$$0 \leq x_{ij} \leq y_j \leq 1, \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n; \quad (4)$$

$$y_j = \{0, 1\}, \quad j = 1, \dots, n; \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n s_j y_j \geq \sum_{i=1}^m d_i \quad (6)$$

Nesse modelo, a restrição (2) garante que a demanda de cada cliente i seja satisfeita; a restrição (3) estabelece que cada planta aberta não forneça mais do que a sua capacidade; a restrição (4) garante que cada fração da demanda x_{ij} esteja entre zero e 1, e os clientes sejam supridos somente por plantas abertas; a restrição (5) define a condição binária da variável y_j , indicando o status de aberto ou fechado; e a restrição (6) especifica que a capacidade total das plantas abertas deve ser no mínimo tão grande quanto a demanda total dos consumidores. Embora esta última restrição seja redundante, pois é derivada das restrições (2) e (3), o autor argumenta sua permanência para fortalecimento do modelo quando a relaxação for empregada. Sridharan (1995) descreve, posteriormente, em seu texto, várias heurísticas para solucionar esse problema. Afirma também que os atuais programas computacionais só resolvem problemas até determinado limite de centenas de plantas e clientes. Fora isso, haverá a necessidade de desenvolver algoritmos especiais ou heurísticas para solucionar esses problemas.

O modelo de Barcelo e Casanovas (1984) possui a mesma função objetivo (1) e restrições (7) e (10). Embora seja anterior ao descrito por Sridharan (1995), estes autores incluem uma restrição importante, limitando o número de plantas a serem abertas. Afirmam que esse é um modelo de programação inteira, onde $J = \{1,2,\dots,n\}$ representa o conjunto de potenciais localizações de plantas e $I = \{1,2,\dots,m\}$, o conjunto de centros a serem atendidos pelas plantas. c_{ij} representa o custo para satisfazer a demanda do cliente i , proveniente da planta j , com custos fixos f_j para a abertura da planta b_j . Quanto às demais restrições, a (7) garante que a demanda de cada centro seja satisfeita, a (8) limita o número de K plantas a serem abertas e a (9) tem por objetivo determinar que a demanda somente seja satisfeita por plantas abertas, análoga à restrição (3) do modelo apresentado por Sridharan (1995). A restrição (10) impõe a condição binária da variável de decisão y_j e o fornecimento exclusivo de um único cliente para uma única planta.

$$\text{Min.} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} + \sum_{j \in J} f_j y_j$$

sujeito a

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1, \quad \forall i \in I, \quad (7)$$

$$\sum_{j \in J} y_j \leq K, \quad (8)$$

$$\sum_{i \in I} d_i x_{ij} \leq b_j y_j, \quad \forall j \in J \quad (9)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \quad y_j \in \{0,1\}, \quad \forall i \in I \text{ e } j \in J \quad (10)$$

As contribuições deste modelo são a inclusão de x_{ij} como variável binária de decisão, estabelecendo-se que $x_{ij} = 1$ para a decisão de fornecer ao centro de consumo i , proveniente da planta j , e $x_{ij} = 0$, para a decisão contrária; e $y_j = 1$, para representar a decisão de abrir a planta, e $y_j = 0$, para a decisão contrária. Outra contribuição que difere o modelo de Barcelo e Casanovas (1982) do de Sridharan (1995) é o estabelecimento da restrição no número de K plantas a serem abertas. Barcelo e Casanovas (1982) destacam que esse tipo de problema só se tornará viável se, e somente se, a condição de capacidade b_j superior à demanda d_i for atendida, ambas presentes nos modelos dos autores citados (restrições 3 e 9, respectivamente).

Revelle e Laporte (1996) concordam que existem importantes problemas ainda não investigados a respeito do tema localização de instalações. Esses autores fazem sua análise, tomando por base o modelo de localização de plantas não-capacitadas, e investigam outros modelos de localização de plantas capacitadas, considerando a inclusão de custos de produção, capacidade de instalação, múltiplos produtos e múltiplas máquinas.

Os modelos de localização de plantas com custos fixos (capacitados ou não), segundo Nozick (2001), têm apresentado inúmeras aplicações, entre elas as que dizem respeito à localização de plataformas *off-shore* (Ballas; Padberg, 1976), visando à identificação de localizações para contas do sistema bancário (Cornuejols *et.al.*, 1977) e de localização de centros de distribuição (Nozick; Turnquist, 1998). Posteriormente, Mirchandani e Francis (1990) e Daskin (1995) pesquisaram algumas metodologias para a solução deste tipo de problema. Nozick (2001) tomou por base estes modelos e mais tarde investigou o problema de localização de facilidades com restrições de cobertura às demandas a serem atendidas.

A maioria das pesquisas sobre o assunto localização de plantas capacitadas tem foco no desenvolvimento de eficientes soluções algorítmicas. Nessas pesquisas se incluem, segundo Melkote e Daskin (2001), os trabalhos com algoritmos *branch and bound* (Akinc; Khumawala, 1977), relaxação lagrangeana (Cristophides; Beasley, 1983 e Barcelo; Casanovas, 1982), métodos de base dual (Guignard; Spielberg, 1979 e Jacobsen, 1983), além da investigação do modelo de localização de plantas capacitadas com demandas estocásticas, atribuído a Laporte *et. al* (1994).

O estudo de problemas de localização de plantas capacitadas para *multi-commodities* passa a ser uma variação dos modelos mencionados acima, cuja apresentação e análise serão feitas na seção a seguir.

4.4

Problema de localização de plantas capacitadas para múltiplos produtos (*multi-commodity facility location problem*).

O problema de localização de plantas *multi-commodity* foi introduzido por Warszawski (1973) *apud* Karkasis; Boffey (1981) para o caso de instalações que necessitavam operar com vários produtos. Esses autores analisaram, ampliaram o modelo original e desenvolveram os métodos de base dual e o método lagrangeano para a solução desses problemas. O modelo de minimização de custos pode ser assim descrito:

i índice de plantas

j índice de consumidores

r índice de commodities

$$\text{Min.} \sum_{r=1}^w \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij}^r x_{ij}^r + \sum_{r=1}^w \sum_{i=1}^n g_i^r y_i^r \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij}^r \geq 1 \quad \forall r, j \quad (12)$$

$$\sum_{r=1}^w y_i^r \leq 1 \quad \forall i \quad (13)$$

$$y_i^r - x_{ij}^r \geq 0 \quad \forall r, i, j \quad (14)$$

$$x_{ij}^r, y_i^r = 0,1 \quad \forall r, i, j \quad (15)$$

Onde os parâmetros são:

c_{ij}^r custo de transporte da planta i para o consumidor j , transportando a *commodity* r

g_i^r custo fixo do estabelecimento de uma planta no local i , transportando a *commodity* do tipo r

E as variáveis de decisão são:

$$x_{ij}^r \begin{cases} 1, \text{ se o cliente } j \text{ é fornecido pela origem } i \text{ com a } commodity \text{ } r ; \\ 0, \text{ caso contrário;} \end{cases}$$

$$y_i^r \begin{cases} 1, \text{ se existe uma planta } i \text{ para fornecer a } commodity \text{ } r; \\ 0, \text{ caso contrário.} \end{cases}$$

A restrição (12) garante a existência de no mínimo uma planta i fornecendo a *commodity* r para o cliente j , enquanto a equação (13) restringe a abertura de apenas 1 planta i para cada *commodity* r , e a restrição (14) somente envia a *commodity* r da origem i a produzir para o destino j e a restrição (15) garante a utilização de variáveis binárias ao modelo.

Geoffrion e Graves (1974) analisam também a distribuição de *multi-commodities* produzidas por várias plantas com capacidades de produção diferentes. Existe uma demanda conhecida para cada *commodity* de cada uma das zonas consumidoras. Essa demanda é satisfeita por embarques via centros de distribuição (CD), e cada zona é atendida exclusivamente por um único CD. Existe também um limite mínimo e máximo de atendimento total anual para cada CD. O objetivo do modelo é determinar o mínimo custo total de distribuição, estabelecendo qual(ais) centro(s) de distribuição usar, que tamanho devem ter e quais clientes devem ser servidos por esses centros. O modelo, os parâmetros e as variáveis de decisão são apresentados a seguir:

i índice de *commodities*

j índice de plantas

k índice de potenciais CDs

l índice de zonas de demanda de consumidores

Parâmetros:

D_{il} demanda pela *commodity* i na zona de clientes l

$\underline{V}_k, \overline{V}_k$ volume total mínimo e máximo permitido, passando pelo CD instalado em k

f_k custos fixos para instalar um centro de distribuição em k

v_k custos variáveis de um centro de distribuição situado em k

C_{ijkl} custo unitário médio de produção e embarque da *commodity* i da planta j , via centro de distribuição k , para os clientes da zona l

X_{ijkl} variável que determina o montante de *commodity* i embarcado da planta j , via CD k , para clientes da zona l .

Variáveis de decisão:

$y_{kl} \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ se o centro de distribuição } k \text{ serve aos clientes da zona } l \\ 0, \text{ caso contrário;} \end{array} \right.$

$Z_k \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ se o centro de distribuição } k \text{ será aberto;} \\ 0, \text{ caso contrário;} \end{array} \right.$

$$\text{Min} \cdot \sum_{ijkl} C_{ijkl} X_{ijkl} + \sum_k \left[f_k Z_k + v_k \sum_{il} D_{il} y_{kl} \right] \quad (16)$$

$$\sum_{kl} X_{ijkl} \leq S_{ij} \quad \forall ij \quad (17)$$

$$\sum_j X_{ijkl} = D_{il} y_{kl} \quad \forall ikl \quad (18)$$

$$\sum_k y_{kl} = 1 \quad \forall l \quad (19)$$

$$\underline{V}_k Z_k \leq \sum_{il} D_{il} y_{kl} \leq \bar{V}_k Z_k \quad \forall k \quad (20)$$

$$Y_{kl} \in \{0,1\} \quad e \quad Z_k \in \{0,1\} \quad (21)$$

A restrição (17) assegura que toda a quantidade de *commodity i* embarcada da planta *j* e recebida no CD *k* com destino à zona *l*, tem que ser menor ou igual do que a quantidade da *commodity i* fornecida ou ofertada pela planta *j*. A restrição (18) garante que a quantidade embarcada de todas as plantas *j* para o CD *k* será igual à demandada em *l*. A restrição (19) garante que somente um CD *k* servirá aos clientes da zona *l*. Por fim, a restrição (20) determina que haja um limite inferior e superior anual de volume, passando pelo centro de distribuição. A restrição (21) garante a condição binária das variáveis Y_{kl} e Z_k . Geoffrion *et.al* (1974) descrevem todo o modelo para uma cadeia alimentícia com dezessete classes de *commodities*, quatorze plantas, quarenta e cinco possíveis CD e 121 zonas de clientes, utilizando o método de decomposição de Bender. Posteriormente, Love *et al.*(1988) fizeram uma revisão desse problema, aplicando-o a um novo sistema de distribuição.

Várias aplicações desse problema têm sido desenvolvidas ao longo dos anos dada a variedade de soluções computacionais possíveis. Nesses aspectos, destacam-se Brown (1987) que utilizou o modelo de *multi-*

commodity para gerenciar um problema que envolvia a seleção de instalações (10 - 20 plantas), a localização e utilização de equipamentos dentro da firma, a manufatura e distribuição de múltiplos produtos (100 – 200 grupos de produtos) para uma cadeia multinacional produtora de alimentos.

As principais referências e trabalhos encontrados quanto ao problema de *multi-commodity facility location* no ambiente de rede (*network*) são de Hu (1963), Ahuja (1993), Crainic *et. al* (1986, *apud* Gendron, B. 1999), além de Goldberg *et al* (1997, *apud* Scott, 2005), com inúmeras aplicações na área de logística e transportes. Destaque deve ser dado também ao trabalho de Pirkul e Jayaraman (1998), que desenvolveram uma formulação denominada PLANWAR, com vistas à minimização de custos totais para *multi-commodities*, múltiplas plantas, múltiplos CD, sujeitos às restrições de limitação de capacidade das plantas e dos armazéns.

Revistas as principais obras referentes ao modelo de localização de plantas capacitadas para simples e múltiplos produtos, cabe analisar a seguir o problema de *transshipment* (*transbordo*). Esse assunto fundamentará a construção do modelo de *multi-commodity, multi-facility location and transshipment model* (múltiplos produtos, múltiplas facilidades e modelo de transbordo) que será aplicado a plataformas logísticas portuárias, funcionando como terminais de transbordo de produtos exportáveis da cadeia produtiva brasileira, apresentado na Seção 5.

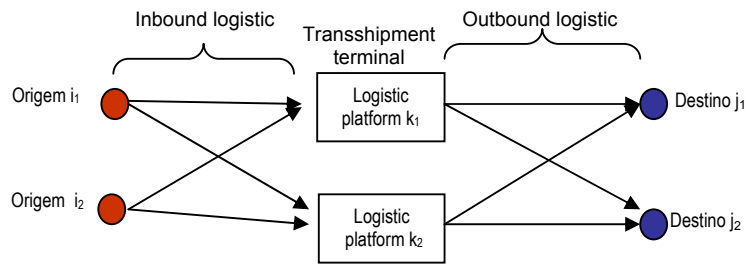
4.5

O problema do transbordo - *The transshipment problem*

The Transshipment Problem (TSP) ou o problema de transbordo é uma versão modificada do problema de transporte (Hiller; Lieberman,1986 e Winston,2004), no qual bens e serviços são permitidos passar por pontos intermediários de transbordo, provenientes de uma fonte original, a um destino final (Sharma *et al.*,2003). O modelo advém do estudo de Orden (1956).

A ação de transbordar a carga em um ponto intermediário (ponto de transbordo) tem grande relevância nos estudos logísticos, em função das análises de localização, agregação de valor ao produto, redução de custos, entre outros. Como o conceito de plataforma logística ou terminal especializado se assemelha ao conceito de uma instalação de transbordo, a partir deste momento, utilizar-se-á neste estudo o conceito de plataforma/terminal especializado como ponto de transbordo de cargas, podendo nele ser efetuada agregação ou não de valor e/ou volume de produto. A Figura 7 exemplifica o conceito de plataforma logística ou terminal especializado como ponto de transbordo.

Matisziw (2005) argumenta que a meta de um problema de transbordo é alocar o fluxo de carga (*commodities*, por exemplo) proveniente de um conjunto de pontos de origem para um conjunto de pontos de destino, via facilidades intermediárias. Essas facilidades podem ser dedicadas à transferência (entre modais de transporte, entre diferentes tipos de veículos ou embarcadores). Nesse contexto, objetiva-se ampliar o conceito para que uma plataforma logística possa funcionar como um terminal de transbordo, e assim realizar serviços de armazenamento, manufatura, *merge in transit* (fusão ou beneficiamento em trânsito), *postponement* (postergação de fases finais de produção), ou qualquer serviço logístico agregador de valor.



**Figura 7 : Rede representando o problema de transbordo
(The transshipment problem)**

O problema de *transshipment* pode ser assim descrito:

i índice de pontos de fornecimento – origens

j índice de pontos de demanda – destinos

k índice de pontos de transbordo

Parâmetros:

c_{ij} custo de movimentação entre a localização de origem i e a localização de demanda j

s_i quantidade ofertada na origem i

d_j quantidade demandada no destino j

Variável de decisão:

x_{ij} fluxo alocado da origem i com destino a j

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

sujeito a

$$\sum_j x_{ij} = s_i \quad \forall i \quad (22)$$

$$\sum_i x_{ij} = d_j \quad \forall j \quad (23)$$

$$\sum_i s_i = \sum_j d_j \quad \forall i, j \quad (23.1)$$

$$\sum_i x_{ik} - \sum_j x_{kj} = 0 \quad \forall k \quad (24)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \quad (25)$$

O objetivo é minimizar o custo total de transporte entre um ponto de origem i e o ponto de destino j , passando por uma instalação intermediária k e designando as quantidades transportadas entre esses pontos. A restrição (22) assegura que a origem i despacha toda a sua oferta. A restrição (23) assegura que a demanda do destino j seja satisfeita e a restrição (23.1) assegura que o total fornecido em i seja igual ao total demandado em j . A restrição (24), denominada de equação de conservação de fluxo, representa o equilíbrio entre toda a quantidade que chega ao ponto de transbordo k e dali sai. Finalmente, a restrição (25) indica que toda a alocação de fluxo deve ser não-negativa. (Matisziw, 2005; Hiller e Lieberman, 1986 e Winston, 2004)

Supõe-se que descontos associados ao aumento do volume de carga não se aplicam a esse modelo e admite-se também que oferta e demanda são fixas e não existe competição entre as fontes de origem ou entre demandas no destino. (Taafee *et.al.* 1996, *apud* Matisziw, 2005)

Anderson (1985) menciona que nesse tipo de problema podem existir limitações de capacidades de embarque nos links (limitações de capacidade do veículo, por exemplo). Para esses casos, devem ser

adicionadas restrições, determinando o limite superior de capacidade (*upper bound*) na rota. A esse tipo de problema, dá-se o nome de “*The capacitated transshipment problem* (problema de transbordo capacitado)”.

Vários autores têm trabalhado ao longo dos anos aplicando o modelo de *transshipment* com muitos objetivos. Campbell (1993) contribuiu criando um modelo analítico de distribuição de uma simples origem para muitos destinos, utilizando terminais de transbordo. Sharma *et al.* (2003) estudaram o problema de *transshipment* aplicando a metodologia de *goal programming* para o gerenciamento de problemas de tomada de decisão em refinarias. No mesmo período, Lirn *et al.* (2003) utilizaram a técnica de *Analytic Hierarchy Process - AHP* como critério de tomada de decisão para seleção de um porto de *transshipment* em Taiwan e Matisziw (2005) estudou recentemente um modelo de *transshipment* ampliado para minimizar custo de transporte de cargas rodoviárias que cruzam as fronteiras entre o México, os EUA e o Canadá, bem como seus impactos sobre a rede. Portanto, o modelo de *transshipment* (transbordo) tem sido utilizado ao longo dos anos na solução de problemas de transporte e na tomada de decisão estratégica, como base de inúmeras metodologias.

5.

Metodologia

5.1

Caracterização da pesquisa

Este capítulo objetiva definir a metodologia que será utilizada na pesquisa, bem como apontar quais ferramentas serão usadas na condução e análise dos resultados.

Tem-se como foco estudar a localização de terminais especializados/plataformas logísticas portuárias sob o ponto de vista estratégico, por meio de um método que se apresenta na Figura 8 sob a seguinte forma:

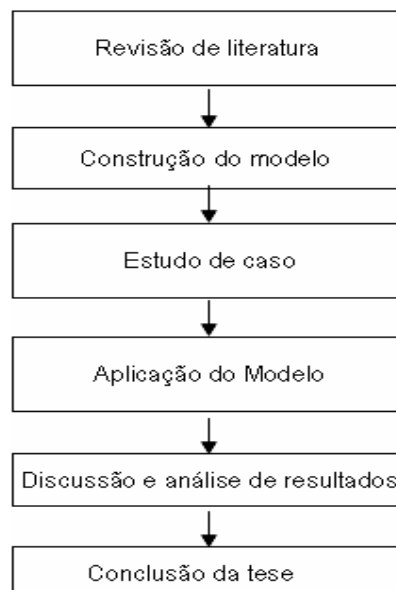


Figura 8 – Estrutura da Metodologia

Na primeira fase foram realizadas revisões de literatura sobre a competitividade da cadeia de suprimentos da soja no Brasil, plataformas logísticas e localização de instalações. A análise da competitividade das exportações brasileiras serviu de base para identificar que a logística para exportação da cadeia da soja é apontada como um dos condicionantes para a perda de competitividade do setor. A seguir, foi feita uma revisão de literatura contextualizando as plataformas logísticas, suas vantagens e onde estão localizadas mundialmente. Por fim, fez-se uma revisão de literatura sobre o tema localização de instalações, partindo-se do pressuposto de que toda a decisão locacional é uma decisão de âmbito estratégico com inúmeras aplicabilidades. A partir daí, sempre que foi necessário foram acrescentados tópicos dentro da revisão de literatura a fim de dar subsídios à construção do modelo e análise dos resultados.

Numa segunda fase, o modelo de programação linear inteira construído para localização de plataformas logísticas (macro unidade de negócios) é ajustado para aplicação a um terminal especializado (micro unidade de negócios), e a seguir, numa terceira fase, aplica-se o modelo proposto à cadeia de suprimentos do agronegócio da soja no Brasil. A coleta de dados é feita tanto para a os fluxos *inbound* (suprimento a plataforma ou terminal especializado) quanto *outbound* (distribuição a partir da plataforma ou terminal especializado). Pressupõe-se que a melhor decisão modal já foi realizada na cadeia *inbound*, e na cadeia *outbound* o transporte é realizado pelo modal marítimo.

O trabalho analisa o modelo de localização de terminais especializados, assumindo que estes terminais, tanto públicos quanto privados, estarão localizados na zona secundária (entorno) ou dentro da zona primária dos portos/terminais marítimos brasileiros já existentes. A aplicação deste estudo será feita para um terminal especializado em grãos, cuja aplicabilidade na agregação de valor ao produto se apresenta de forma mais reduzida. É importante ressaltar que o objetivo é determinar em qual

(ais) destes portos/terminais haverá a maximização do lucro do sistema, a partir de investimento em localização de um terminal especializado.

Numa quarta fase são discutidos e analisados os resultados a partir da saída de dados do modelo proposto. Nesta fase são identificados os possíveis problemas operacionais que possam impedir ou retardar a realização do investimento, bem como possíveis contribuições e sugestões para a continuidade da pesquisa.

5.2

A formulação

O problema de localização de plataforma logística (ou terminal especializado) consiste em considerar um conjunto $j \in J$ de potenciais localizações de plataformas ou terminais especializados, um conjunto $i \in I$ de pontos de origem, um conjunto $k \in K$ de pontos de destino, um conjunto $m \in M$ insumos, um conjunto $q \in Q$ produtos (*commodities*) e um conjunto $s \in S$ serviços.

O parâmetro $C_{ijm}^{inbound}$ representa o custo total de transporte *inbound* do insumo m de uma origem i para a plataforma logística ou terminal especializado j e $C_{jkq}^{outbound}$ representa o custo de transporte *outbound* do produto q de uma plataforma logística ou terminal especializado j com destino a k .

Para a plataforma ou terminal $j \in J$, existe um custo fixo f_j de sua instalação, um custo fixo g_{js}^{serv} referente à abertura do serviço s nesta plataforma ou terminal especializado e um custo α_{jms}^{serv} , variando em função do volume de insumo m que está utilizando o serviço s da plataforma, além de uma capacidade instalada total W_j e uma capacidade instalada w_{js} por serviço s nesta plataforma.

Existe ainda um preço P_{kq} comercializado no destino k , um volume S_{im} de insumo m ofertado na origem i , um volume D_{kq} de produto demandado no destino k e um coeficiente β_{jsmq} para insumos m que sofrerem alteração de volumes em produtos q , dependendo do serviço s realizado no terminal ou plataforma j . Incluem-se aos já citados o parâmetro Z , que representa o número de terminais ou plataformas que serão abertos. Portanto, os parâmetros dados consistem em P_{kp} , $C_{ijm}^{inbound}$, $C_{jksq}^{outbound}$, f_j , g_{js}^{serv} , α_{jms}^{serv} , S_{im} , D_{kq} , W_j , W_{js} , β_{jsmq} e Z .

As variáveis de decisão são $X_{ijm}^{inbound}$ representando o fluxo de insumos m enviado dos pontos de origem i a plataforma j para realização do serviço s , $X_{jksq}^{outbound}$ representando a quantidade de produto q que realizou o serviço s na plataforma ou terminal j para o destino k , além da variável $Y_j = 1$, que estabelece a decisão de abertura de uma plataforma em j e $Y_j = 0$, caso contrário. Outra variável de decisão é $Y_{js}^{serv} = 1$, estabelecendo a decisão de oferta do serviço s na plataforma logística ou terminal especializado j e $Y_{js}^{serv} = 0$, caso contrário.

O objetivo desse modelo é maximizar o lucro total deste transporte, determinando quais plataformas logísticas ou terminais especializados devem ser abertos e as designações dos fluxos *inbound* e fluxos *outbound* para uma determinada cadeia. O modelo está assim representado:

Conjuntos:

- I Conjuntos de pontos de origem i (cidades, fábricas, cooperativas, terminais ou centros de distribuição)
- J Conjunto de plataformas logísticas (localizadas em portos públicos ou term. privados) ou terminais especializados j
- K Conjunto de pontos de destino k (portos no exterior)
- M Conjunto de insumos m

- Q Conjunto de produtos q
- S Conjunto de serviços s

Parâmetros do modelo:

- P_{kq} Preço do produto $q \in Q$ comercializado para o destino $k \in K$;
- $C_{ijm}^{inbound}$ Custo de transporte da origem $i \in I$ para a plataforma logística ou terminal especializado $j \in J$, transportando o insumo $m \in M$;
- $C_{jkq}^{outbound}$ Custo de transporte da plataforma logística ou terminal especializado $j \in J$ com destino a $k \in K$, transportando o produto $q \in Q$;
- f_j Custo fixo de instalação de uma plataforma logística ou terminal especializado em $j \in J$;
- g_{js}^{serv} Custo fixo para abrir o serviço $s \in S$ na plataforma logística ou terminal especializado $j \in J$;
- α_{jms}^{serv} Custo variável do pacote de serviços $s \in S$, realizado no insumo $m \in M$, na plataforma logística ou terminal especializado $j \in J$;
- β_{jms} Coeficiente de alteração do volume por serviço $s \in S$ e insumo $m \in M$;
- w_{js} Capacidade instalada de atendimento do pacote de serviços $s \in S$ na plataforma logística ou terminal especializado $j \in J$;
- W_j Capacidade instalada total na plataforma logística ou terminal especializado $j \in J$;
- Z Número máximo de plataformas logísticas ou terminais especializados abertos;
- S_{im} Oferta do insumo $m \in M$ na origem $i \in I$;

D_{kq} Demanda máxima para o produto $q \in Q$ no destino $k \in K$.

Variáveis de decisão:

Y_j $\left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ se a plataforma logística ou terminal especializado for} \\ \text{aberto no local } j \\ 0, \text{ caso contrário.} \end{array} \right.$

Y_{js}^{serv} $\left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ se o serviço } s \text{ for oferecido no local } j \\ 0, \text{ caso contrário.} \end{array} \right.$

$X_{ijsm}^{inbound}$ Quantidade do insumo m , alocado da origem i à plataforma logística ou terminal especializado j , para receber o serviço s .

$X_{jksq}^{outbound}$ Quantidade do produto q que efetuou o serviço s na plataforma ou terminal especializado j com destino k .

$$\begin{aligned} & \text{Maximizar } \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{q \in Q} \sum_{s \in S} P_{kq} X_{jksq}^{\text{outbound}} \\ & - \sum_{j \in J} \left\{ \sum_{i \in I} \sum_{m \in M} C_{ijm}^{\text{inbound}} \sum_{s \in S} X_{ijsm}^{\text{inbound}} \right\} - \sum_{j \in J} \left\{ f_j Y_j + g_{js}^{\text{serv}} Y_{js}^{\text{serv}} + \sum_{s \in S} \sum_{m \in M} \sum_{i \in I} \alpha_{jism}^{\text{serv}} X_{ijsm}^{\text{inbound}} \right\} - \sum_{j \in J} \left\{ \sum_{k \in K} \sum_{q \in Q} C_{jkq}^{\text{outbound}} \sum_{s \in S} X_{jksq}^{\text{outbound}} \right\} \end{aligned}$$

sujeito a

$$\sum_j \sum_s X_{ijsm}^{\text{inbound}} \leq S_{im} \quad \forall i \in I, m \in M \quad (26)$$

$$\sum_j \sum_s X_{jksq}^{\text{outbound}} \leq D_{kq} \quad \forall k \in K, q \in Q \quad (27)$$

$$\sum_m \sum_i X_{ijsm}^{\text{inbound}} \leq w_{js} Y_{js}^{\text{serv}} \quad \forall j \in J, s \in S \quad (28)$$

$$\sum_s \sum_m \sum_i X_{ijsm}^{\text{inbound}} \leq W_j Y_j \quad \forall j \in J \quad (29)$$

$$Y_{js}^{\text{serv}} \leq Y_j \quad \forall j \in J, s \in S \quad (30)$$

$$\beta_{jismq} \sum_i X_{ijsm}^{\text{inbound}} - \sum_k X_{jksq}^{\text{outbound}} = 0 \quad \forall j \in J, s \in S, m \in M, q \in Q \quad (31)$$

$$\sum_j Y_j \leq Z \quad \forall j \in J \quad (32)$$

$$X_{ijsm}^{\text{inbound}}, X_{jksq}^{\text{outbound}} \geq 0 \quad \forall i \in I, j \in J, s \in S, k \in K, m \in M, q \in Q \quad (33)$$

$$Y_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J \quad (34)$$

$$Y_{js}^{\text{serv}} \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J, s \in S \quad (35)$$

O problema consiste em descobrir um subconjunto de plataformas ou terminais especializados que maximize o lucro total do sistema e que satisfaça toda a quantidade ofertada dentro dos limites impostos. A restrição (26) garante que a soma de todo o volume de insumo m que se destina à realização do serviço s na plataforma ou terminal especializado j seja menor ou igual à quantidade do insumo m ofertado na origem i . Os serviços realizados na plataforma podem englobar o transbordo, armazenagem segregada, esmagamento, processamento, além dos serviços de descarga e embarque portuários.

A restrição (27) assegura que a demanda do destino k seja satisfeita, assumindo-se que o volume total do produto q saído da plataforma j seja igual ao total demandado em k . A restrição (28) garante que a soma do fluxo *inbound* de insumos m enviado à plataforma ou terminal especializado j para realização dos serviços s seja menor ou igual à capacidade de atendimento do serviço s na plataforma j e a restrição (29) estabelece que a soma de todos os insumos m originados em i e destinados a realização do serviço s na plataforma j , seja menor ou igual à capacidade total de atendimento total da plataforma j . A restrição (30), estabelece que a variável de decisão Y_{js}^{serv} só pode ser 1 se a variável de decisão Y_j for também igual a 1.

A restrição (31), denominada de equação de conservação de fluxo, representa o equilíbrio entre toda a quantidade recebida e enviada pelo ponto de transbordo, plataforma ou terminal especializado j . Há que se considerar que foi imposto um parâmetro β_{ismq} ao volume de insumos m que serão transformados (ou não) em produtos q na plataforma ou terminal j . Este coeficiente será empregado para o caso de haver processamento ou beneficiamento que represente qualquer alteração no volume transportado. Já a restrição (32) foi empregada para limitar o número de Z plataformas a serem abertas e, finalmente, a restrição (33) indica que toda alocação de fluxo deve ser não-negativa, e a restrição

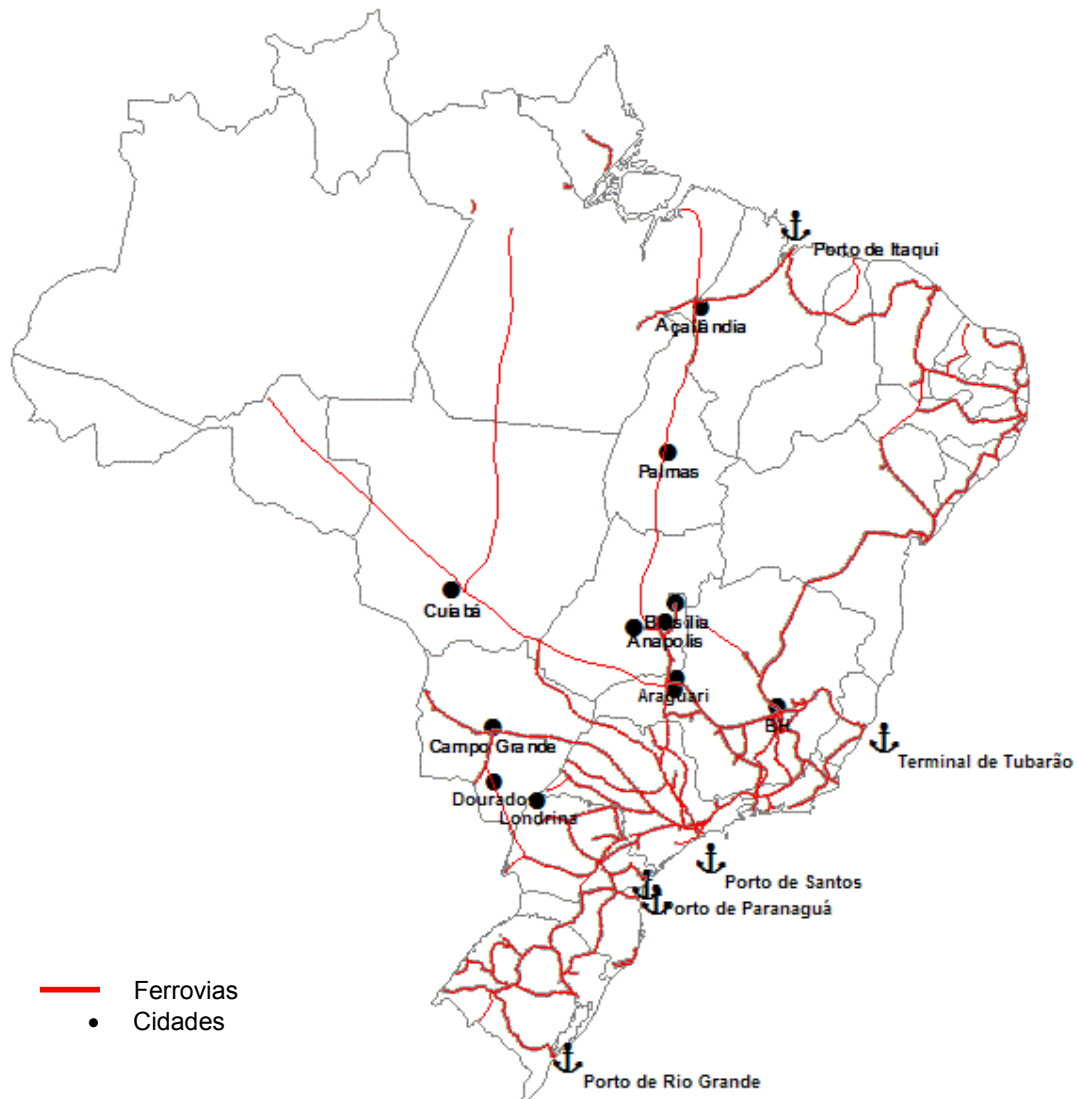
(34) e (35) garantem a condição binária das correspondentes variáveis de decisão do modelo.

5.3

Universo e amostra

O universo do estudo abrange o volume exportado de soja pelo Brasil no ano de 2004, e a amostra foi definida pelo critério de acessibilidade (Vergara, 2005), compreendendo dados pertinentes a seis (6) pontos de origem da carga de soja em grãos no Brasil (Açailândia – MA, Araguari – MG, Campo Grande – MT, Cuiabá – MS, Dourados – MS, Londrina-PR), seis (6) portos de escoamento/beneficiamento/transbordo e três (3) portos de destino no exterior. Esses seis pontos de origem foram escolhidos por representarem os locais de maior concentração de carga no país, que são escoados pelo modal rodo-ferroviário para os seis principais portos de transbordo dessa cadeia produtiva no Brasil (Itaqui – MA, Tubarão – ES, Santos – SP, Paranaguá – PR, São Francisco do Sul – SC e Rio Grande – RS), podendo haver transporte rodoviário entre as localidades de origem e o terminal ferroviário mais próximo (Mapa 2).

Os três portos de destino escolhidos foram Roterdã - Holanda, Hamburgo - Alemanha e Xangai - China por representarem os maiores portos de destino das cargas no exterior. Há que se esclarecer que, embora existam outros pontos de origem de cargas de soja no Brasil, utilizando outras formas de escoamento (modal hidroviário, por exemplo), optou-se por esta amostra (combinação modal rodo-ferroviário + marítimo) pela maior facilidade de coleta de dados, principalmente no tocante aos dados da oferta do produto na origem.



Mapa 2 – Pontos de origem e portos/terminais de transbordo

5.4

Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada por meio de busca bibliográfica em dados estatísticos e consulta às empresas que fazem o transporte *inbound*

(ferroviário e rodoviário) e *outbound* (marítimo). Quanto aos dados portuários, buscou-se informações em dados estatísticos mais recentes e em consulta aos técnicos das empresas selecionadas. A maioria dos dados consta dos bancos de informação do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio - MDIC, do Ministério da Agricultura – MA, da Agência Reguladora de Transporte Terrestre – ANTT, da base de dados do GEIPOT, nos bancos de informações de algumas Cia. Docas e de concessionárias de serviços ferroviários (Brasil Ferrovias, América Latina Logística - ALL, Ferrovia Centro Atlântica - FCA, Estrada de Ferro Carajás – EFC e Estrada de Ferro Vitória a Minas – EFVM).

5.5

Tratamento dos Dados

O modelo de localização de terminais especializados/plataformas logísticas foi elaborado usando uma linguagem para programação matemática denominado *A Modeling Language for Mathematical Programming - AMPL* (Fourer, 1993). A aplicação foi feita usando o programa de solução de programação linear inteira *CPLEX MIP Solver 8.0* – versão acadêmica (Anexo I). Para a análise de resultados foi utilizada a planilha eletrônica Microsoft Excel e para a apresentação gráfica dos mapas foi utilizado o *Transportation GIS Software - TRANSCAD* – versão 4.5, um Sistema de Informações Geográficas aplicado a transportes.

5.6

Limitações do estudo

O método escolhido para o estudo apresenta algumas dificuldades e limitações quanto ao modelo, à coleta e ao tratamento dos dados. As principais limitações consistem na dificuldade de se encontrar dados precisos sobre a cadeia da soja, o que levará a assumir alguns valores médios em termos de custos de transporte e operação portuária, bem como investimento na instalação da plataforma logística. Apesar da imprecisão parcial dos dados, a aplicação do modelo se mostrou eficaz, validando a formulação do modelo proposto.

Quanto ao tratamento dos dados, uma limitação poderá ocorrer quando existir um volume de dados superior à capacidade de resolução dos programas computacionais utilizados. Para esse caso, haverá necessidade da versão profissional do programa, ou construção de heurísticas ou algoritmos especiais, que fogem ao escopo deste trabalho. Para o modelo atual, utilizou-se a versão acadêmica do programa AMPL e CPLEX, com restrição de 300 variáveis, sem prejuízo à validação do modelo. Não houve também necessidade de construção de algoritmos especiais, pelo fato de se ter um estudo de caso que se aplica à capacidade de solução dos programas escolhidos (*CPLEX MIP Solver 8.0* e *TRANSCAD 4.5*).

6

Estudo de caso

O estudo de caso foi realizado para analisar a aplicabilidade do modelo a uma cadeia exportadora brasileira. A cadeia da soja em grãos, farelo e óleo de soja foram as escolhidas pelas justificativas apresentadas na Seção 2.

6.1

Dados de entrada do modelo

Foram considerados os seguintes dados de entrada no modelo de localização de terminais especializados:

a) Oferta de soja nos pontos de origem

Os dados de oferta foram selecionados e coletados levando em consideração algumas cidades que concentram grande volume de soja em grãos com destino à exportação (Tabela 9). Os volumes foram ofertados por estas cidades centróides e escoados até os portos pelo modal rodo-ferroviário. Neste terminal são realizadas as operações de transbordo, armazenagem segregada, processamento da soja em farelo e óleo de soja, além dos serviços de descarga e embarque, entre outros (Anexo II).

Tabela 9 – Dados de Oferta da Soja em grãos no Brasil (2004)

Origem (S_i)	Cidades	Produto	Q ^{te} ofertada t/mês
S_1	Açailândia - PA	Soja	70.000
S_2	Araguari - MG	Soja	80.000
S_3	Campo Grande - MS	Soja	200.000
S_4	Cuiabá - MT	Soja	250.000
S_5	Dourados - MT	Soja	300.000
S_6	Londrina - PR	Soja	300.000
Total		Soja	1.200.000

Fonte: Empresas de Transporte Ferroviário, CONAB, ABIOVE (2005)

b) Capacidade instalada total e por serviço no terminal especializado

Os dados de capacidade por serviços nos terminais especializados de soja em grãos nos portos e terminais privativos para o ano de 2004 são apresentados na Tabela 10. Estes dados figuram no modelo como capacidade instalada total do porto ou terminal privativo (W_j) e capacidade instalada por serviço de armazenagem, esmagamento de soja em farelo e produção de óleo de soja (w_{js}). Esta separação se faz necessária para se identificar qual a capacidade instalada por serviço (w_{js}) a ser realizado na plataforma ou terminal especializado (W_j). (Anexo II)

Tabela 10 – Capacidade instalada dos portos e terminais marítimos (t)

Portos e terminais privativos		Total (W_j)	Armazenagem (w_{j1})	Esmagamento (w_{j2})	Produção (w_{j3})
W_1	Itaqui – MA	250.000	100.000	100.000	50.000
W_2	Tubarão - ES	500.000	300.000	100.000	100.000
W_3	Santos - SP	360.000	200.000	100.000	60.000
W_4	Paranaguá - PR	780.000	400.000	280.000	100.000
W_5	S. F ^{co} do Sul - SC	210.000	100.000	50.000	60.000
W_6	Rio Grande – RG	240.000	100.000	90.000	50.000

Fonte: Dados fornecidos pelos portos e terminais privativos (2005)

c) Coeficiente de alteração de volume

O coeficiente de alteração de volume (B_{jp}) adotado neste estudo de caso foi igual a $B_{jp} = 1$, para o caso da exportação de soja em grãos, $B_{jp} = 0,8$ para caso do beneficiamento do farelo de soja ser realizado no terminal especializado, já que para cada 1 tonelada de soja em grãos, são produzidas 0,8 toneladas de farelo e 0,19 t de óleo. (Lazzarini; Nunes, 2000)

d) Custo de transporte *inbound* por insumo ($C_{ijm}^{inbound}$)

Os custos de transporte *inbound* por insumo ($C_{ijm}^{inbound}$) dos pontos de origem para cada possível terminal especializado foram estimados considerando dados fornecidos pelo Sistema de Informações de Fretes da ESALQ - SIFRECA (2004), tendo como base o valor de R\$ 0,0455 t/km. Alguns dados também foram cedidos pelas Concessionárias de Transportes Ferroviários, e quando verificado que não se tinha possibilidade de escoamento da soja pelo modal rodo-ferroviário de uma origem *inbound* para um porto ou terminal especializado, este custo *inbound* foi considerado infinito (99). (Anexo II)

e) Custo de transporte *outbound* por produto ($C_{jkq}^{outbound}$)

Os custos de transporte marítimo por produto ($C_{jkq}^{outbound}$) entre o porto/terminal especializado e o destino foram estimados considerando informações fornecidas pelas empresas de transporte transoceânico, conforme Tabela 11 (AnexoII).

Tabela 11 – Custo de transporte marítimo - 2004

Origem	Destino	Produto	Custo U\$/t	Origem	Destino	Produto	Custo U\$/t
Itaqui	Hamburgo	soja	35	Paranaguá	Hamburgo	soja	49
		farelo	35			farelo	49
		óleo	35			óleo	49
	Xangai	soja	40		Xangai	soja	56
		farelo	40			farelo	56
		óleo	40			óleo	56
	Roterdã	soja	35		Roterdã	soja	49
		farelo	35			farelo	49
		óleo	35			óleo	49
Tubarão	Hamburgo	soja	35	São Francisco do Sul	Hamburgo	soja	49
		farelo	35			farelo	49
		óleo	35			óleo	49
	Xangai	soja	40		Xangai	soja	56
		farelo	40			farelo	56
		óleo	40			óleo	56
	Roterdã	soja	35		Roterdã	soja	49
		farelo	35			farelo	49
		óleo	35			óleo	49
Santos	Hamburgo	soja	40	Rio Grande	Hamburgo	soja	49
		farelo	40			farelo	49
		óleo	40			óleo	49
	Xangai	soja	45		Xangai	soja	56
		farelo	45			farelo	56
		óleo	45			óleo	56
	Roterdã	soja	40		Roterdã	soja	49
		farelo	40			farelo	49
		óleo	40			óleo	49

Fonte: Empresas de transporte marítimo (2005)

f) Custo fixo de instalação do terminal especializado (f_j) e custo fixo por serviço (g_{js}^{serv})

Pela dificuldade de se conseguir dados de custos fixos de todos os portos públicos e terminais privativos no Brasil, assumiu-se como custo fixo do terminal especializado (f_j) o valor de US\$ 500.000/mês. Este valor foi utilizado para a cobertura dos atuais custos fixos inerentes à operação do porto/terminal de pequeno porte, mais uma parcela do investimento que custeará a ampliação de capacidade deste porto em plataforma logística ou terminal especializado. Sob a ótica econômico-financeira, este investimento

representa um desembolso de fluxo de caixa que retornará ao investidor num horizonte de tempo determinado.

O valor de um investimento em um terminal logístico especializado foi estimado em US\$ 30 milhões. Tomou-se por base o investimento que será realizado na construção de uma plataforma logística multimodal em Goiás (Plataforma Logística Multimodal de Goiás, 2005). Este valor contempla obras de infra-estrutura, desapropriação de área, estudo e licenças ambientais para uma área de armazéns, unidades industriais, administração, estacionamento e pátio de manobras. Não foram contemplados neste valor investimentos em construção de píer, nem berço de atracação de navios, pois o transbordo será realizado no porto escolhido (existente) na variável de decisão do modelo.

Os custos fixos dos serviços (g_{js}^{serv}) oferecidos pelo terminal logístico especializado em soja foram assumidos tomando-se como base valores coletados de unidades esmagadoras de soja nas diversas regiões do Brasil entre 2004/2005, conforme apresentado na Tabela 12:

Tabela 12 – Custo fixo por serviço (g_{js}^{serv}) - 2004

Origem	Serviço	Custo fixo US\$
Itaqui	Armazenagem	50.000
	Esmagamento	40.000
	Produção	80.000
Tubarão	Armazenagem	50.000
	Esmagamento	60.000
	Produção	80.000
Santos	Armazenagem	60.000
	Esmagamento	70.000
	Produção	80.000
Paranaguá	Armazenagem	50.000
	Esmagamento	60.000
	Produção	80.000
S. F ^{co.} do Sul	Armazenagem	60.000
	Esmagamento	70.000
	Produção	80.000
Rio Grande	Armazenagem	60.000
	Esmagamento	70.000
	Produção	80.000

g) Custo variável por serviço e insumo (α_{jsm}^{serv})

O custo variável de operação por serviço e por insumo foi determinado como sendo US\$18/t para o serviço de armazenagem, US\$ 20/t para o serviço de esmagamento e US\$ 20/t para a produção de óleo de soja. Estes dados foram assumidos tomando por base valores coletados de uma unidade esmagadora de soja na Região Sul do Brasil entre 2004/2005.

h) Preço da soja, farelo e óleo de soja no mercado externo

Os preços médios utilizados na análise deste caso foram US\$ 290/t para a soja, US\$ 250/t para o farelo de soja e US\$ 350/t para o óleo de soja, valores médios cotados pela *Chicago Board of Trade* – CBOT para o ano de 2004.

6.2

Resultados

O modelo foi criado em linguagem de programação matemática *AMPL 5.0* e resolvido através do solver *CPLEX 8.0* (versão acadêmica), apresentando solução inteira ótima para os dados apresentados. O tempo médio de processamento do modelo foi de 10 segundos (Anexo I e III).

Considerando os dados de entrada no modelo descritos na seção anterior e restringindo a $Z \leq 6$ terminais especializados, o modelo apresentou após 82 iterações, uma solução ótima para o sistema de US\$ 241,9 milhões, definindo uma decisão de abertura de 6 terminais especializados (Itaqui, Tubarão, Santos, Paranaguá, São Francisco do Sul e Rio Grande),

operando com o serviço de armazenagem, conforme demonstrado na Tabela 13.

Tabela 13 – Resultados do modelo para $Z \leq 6$ terminais especializados

Terminais	Resultado da Função Objetivo				
	US\$ M	Portos ou terminais (Y_j)	Serviços oferecidos (Y_j^{serv})		
			Armazenagem	Esmagamento	Produção
$Z \leq 6$	241,9	ITQ,TUB,SAT,SFS,PAR, RG	ITQ,TUB,SAT,SFS,PAR, RG		
$Z \leq 5$	235,1	ITQ,TUB,SAT,SFS,PAR	ITQ,TUB,SAT,SFS,PAR	SAT	
$Z \leq 4$	227,9	ITQ,TUB,SAT,PAR	ITQ,TUB,SAT,PAR	TUB, SAT	
$Z \leq 3$	216,5	TUB, SAT, PAR	TUB, SAT, PAR	TUB, SAT, PAR	
$Z \leq 2$	189,0	TUB, PAR	TUB, PAR	TUB, PAR	
$Z = 1$	115,2	PAR	PAR	PAR	PAR

Pelos dados apresentados para uma restrição de $Z \leq 6$ terminais, as maiores alocações de soja para armazenamento foram feitas para os terminais de Tubarão, Paranaguá e Santos, por apresentarem menores custos de transporte *inbound* e capacidade para recebimento deste volume de carga. O modelo não apresentou alocações de carga para esmagamento e produção de óleo de soja por apresentarem maior custo ao sistema. Foram enviados 1,2 Mt das origens aos 6 terminais para realização do serviço de armazenagem e transbordo, conforme Tabela 14.

Tabela 14 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	70.000	0	0	0	0	0
Araguari	30.000	0	0	50.000	0	0
C.Grande	0	0	0	200.000	100.000	0
Cuiabá	0	0	0	150.000	0	100.000
Dourados	0	200.000	0	0	0	0
Londrina	0	100.000	200.000	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 6$ terminais

A Tabela 15 apresenta os resultados de alocação de fluxo de soja em grãos a partir das plataformas com destino aos portos no exterior, considerando $Z \leq 6$ terminais especializados. Do total originado de 1,2 milhões de toneladas de soja em grãos, 900.000 mil toneladas de soja em grãos foram alocadas para Roterdã e 300.000 mil toneladas foram alocadas para Hamburgo, respectivamente. Para este caso, não foram destinados volumes de farelo, nem óleo de soja para os destinos, além de não terem sido feitas alocações para o Porto de Xangai.

Tabela 15 – Alocação de fluxo de soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0	100.000	0
Tubarão	300.000	0	0
Santos	200.000	0	0
Paranaguá	400.000	0	0
S.Fco. Sul	0	100.000	0
Rio Grande	0	100.000	0

Obs: resultados para $Z \leq 6$ terminais

Para uma restrição de $Z \leq 5$ terminais, o modelo reduziu o valor da função objetivo para US\$ 235,1 milhões e restringiu a abertura para 5 terminais especializados, ofertando serviços de armazenagem em Itaqui, Tubarão, Santos, Paranaguá e São Francisco do Sul, e serviços de armazenagem e esmagamento no terminal especializado do Porto de Santos. Para esta situação, não houve alocações de carga para produção de óleo de soja.

Tabela 16 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	70.000	0	0	0	0	0
Araguari	30.000	0	0	50.000	0	0
C.Grande	0	0	100.000	100.000	100.000	0
Cuiabá	0	0	0	250.000	0	0
Dourados	0	200.000	0	0	0	0
Londrina	0	100.000	100.000	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 5$ terminais

A Tabela 16 apresentou os resultados de alocação de fluxo de soja em grãos das origens para os terminais especializados. Para $Z \leq 5$ terminais, as maiores alocações de fluxo foram para o terminal de Paranaguá, Tubarão e Santos. Dos 1,1 Mt de Soja em grãos enviadas para armazenamento nos terminais especializados, 0,6 Mt foram enviados a Roterdã e 0,5 Mt para Hamburgo, conforme Tabela 17.

Tabela 17 – Alocação de fluxo de soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	100.000	0	0
Tubarão	300.000	0	0
Santos	200.000	0	0
Paranaguá	0	400.000	0
S.Fco. Sul	0	100.000	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 5$ terminais

Para o farelo de soja, o modelo alocou 100.000 toneladas de soja originada em Londrina com destino ao esmagamento em Santos. Deste volume,

80.000 toneladas foram destinadas ao porto de Hamburgo, conforme Tabelas 18 e 19.

Tabela 18 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	0	0	0	0	0	0
Araguari	0	0	0	0	0	0
C.Grande	0	0	0	0	0	0
Cuiabá	0	0	0	0	0	0
Dourados	0	0	0	0	0	0
Londrina	0	0	100.000	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 5$ terminais

Tabela 19 – Alocação de fluxo de farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0	0	0
Tubarão	0	0	0
Santos	0	80.000	0
Paranaguá	0	0	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 5$ terminais

O modelo foi rodado novamente restringindo a abertura de $Z \leq 4$ terminais. Obteve-se um resultado de US\$ 227,9 milhões para a função objetivo e restringiu-se a abertura de 4 terminais especializados, ofertando serviços de armazenagem em Itaqui, Tubarão, Santos, Paranaguá, e serviços de armazenagem e esmagamento no terminal especializado do Porto de Santos e Tubarão, conforme Tabela 20 e 21. Para esta situação, novamente não houve alocações de carga para produção de óleo de soja.

Tabela 20 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	70.000	0	0	0	0	0
Araguari	30.000	0	0	50.000	0	0
C.Grande	0	0	200.000	100.000	0	0
Cuiabá	0	0	0	250.000	0	0
Dourados	0	200.000	0	0	0	0
Londrina	0	100.000	0	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 4$ terminais

A Tabela 20 apresentou os resultados de alocação de fluxo de soja em grãos das origens para os terminais especializados. Para $Z \leq 4$ terminais, as maiores alocações de fluxo foram para o terminal de Paranaguá, Tubarão e Santos. Dos 1,0 Mt de Soja em grãos enviadas para armazenamento nos terminais especializados, 0,5 Mt foram enviados a Roterdã e 0,5 Mt para Hamburgo, conforme Tabela 21.

Tabela 21 – Alocação de fluxo de soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0	100.000	0
Tubarão	300.000	0	0
Santos	200.000	0	0
Paranaguá	0	400.000	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 4$ terminais

Para o produto farelo de soja, o modelo alocou 200.000 toneladas de soja originada em Londrina e Dourados com destino ao esmagamento em

Santos e Tubarão. Deste volume, 160.000 toneladas foram destinadas ao porto de Hamburgo, conforme Tabela 22 e 23.

Tabela 22 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	0	0	0	0	0	0
Araguari	0	0	0	0	0	0
C.Grande	0	0	0	0	0	0
Cuiabá	0	0	0	0	0	0
Dourados	0	100.000	0	0	0	0
Londrina	0	0	100.000	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 4$ terminais

Tabela 23 – Alocação de fluxo de farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0	0	0
Tubarão	0	80.000	0
Santos	0	80.000	0
Paranaguá	0	0	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 4$ terminais

Para uma restrição de $Z \leq 3$ terminais especializados, o modelo novamente reduziu o valor da função objetivo para US\$ 216,5 milhões e restringiu a abertura de 3 terminais especializados, ofertando serviços de armazenagem e esmagamento em Tubarão, Santos, Paranaguá. Para esta situação, não houve alocações de carga para produção de óleo de soja.

Tabela 24 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	0	70.000	0	0	0	0
Araguari	0	0	0	0	0	0
C.Grande	0	0	130.000	170.000	0	0
Cuiabá	0	0	0	230.000	0	0
Dourados	0	100.000	0	0	0	0
Londrina	0	130.000	70.000	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 3$ terminais

A Tabela 24 apresentou os resultados de alocação de fluxo de soja em grãos das origens para os terminais especializados. Para $Z \leq 3$ terminais, as alocações de fluxo foram divididas entre Tubarão, Santos e Paranaguá. Dos 0,9 Mt de Soja em grãos enviadas para armazenamento nos terminais especializados, 0,5 Mt foram enviados a Roterdã e 0,4 Mt para Hamburgo, conforme Tabela 25.

Tabela 25 – Alocação de fluxo de soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0		0
Tubarão	300.000	0	0
Santos	200.000	0	0
Paranaguá	0	400.000	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 3$ terminais

Para o produto farelo de soja, o modelo alocou 300.000 toneladas de soja originada em Araguari, Londrina, Dourados e Cuiabá com destino ao

esmagamento em Tubarão, Santos e Paranaguá. Deste volume, 240.000 toneladas foram destinadas ao porto de Hamburgo, conforme Tabela 26 e 27.

Tabela 26 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	0	0	0	0	0	0
Araguari	0	0	0	80.000	0	0
C.Grande	0	0	0	0	0	0
Cuiabá	0	0	0	20.000	0	0
Dourados	0	100.000	0	0	0	0
Londrina	0	0	100.000	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 3$ terminais

Tabela 27 – Alocação de fluxo de farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0	0	0
Tubarão	0	80.000	0
Santos	0	80.000	0
Paranaguá	0	80.000	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 3$ terminais

Quando o modelo foi rodado considerando uma restrição de $Z \leq 2$ terminais, obteve-se novamente uma redução da função objetivo para US\$ 189,0 milhões e restringiu a abertura para 2 terminais especializados, ofertando serviços de armazenagem e esmagamento em Tubarão e Paranaguá. Para esta situação, não houve alocações de carga para produção de óleo de soja.

Tabela 28 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	0	0	0	0	0	0
Araguari	0	0	0	30.000	0	0
C.Grande	0	0	0	300.000	0	0
Cuiabá	0	0	0	70.000	0	0
Dourados	0	100.000	0	0	0	0
Londrina	0	200.000	0	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 2$ terminais

A Tabela 28 apresentou os resultados de alocação de fluxo de soja em grãos das origens para os terminais especializados. Para $Z \leq 2$ terminais especializados, as alocações de fluxo foram divididas entre Tubarão e Paranaguá. Dos 0,7 Mt de Soja em grãos enviadas para armazenamento nos terminais especializados, 0,3 Mt foram enviados a Roterdã e 0,4 Mt para Hamburgo, conforme Tabela 29.

Tabela 29 – Alocação de fluxo de soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0		0
Tubarão	300.000	0	0
Santos	0	0	0
Paranaguá	0	400.000	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 2$ terminais

Para o produto farelo de soja, o modelo alocou 380.000 toneladas de soja originadas em Araguari, Londrina, Dourados e Cuiabá com destino ao

esmagamento em Tubarão, Santos e Paranaguá, conforme Tabela 30. Deste volume, 304.000 toneladas foram destinadas ao porto de Hamburgo, conforme Tabela 31.

Tabela 30 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	0	0	0	0	0	0
Araguari	0	0	0	0	0	0
C.Grande	0	0	0	0	0	0
Cuiabá	0	0	0	180.000	0	0
Dourados	0	100.000	0	0	0	0
Londrina	0	0	0	100.000	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 2$ terminais

Tabela 31 – Alocação de fluxo de farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0	0	0
Tubarão	0	80.000	0
Santos	0	0	0
Paranaguá	0	224.000	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 2$ terminais

Por fim, para uma restrição de $Z \leq 1$ terminal, o modelo reduziu o valor da função objetivo para US\$ 115,2 milhões e restringiu a abertura para 1 terminal especializado, ofertando serviços de armazenagem, esmagamento e produção em Paranaguá.

Tabela 32 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de armazenagem nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	0	0	0	0	0	0
Araguari	0	0	0	0	0	0
C.Grande	0	0	0	20.000	0	0
Cuiabá	0	0	0	150.000	0	0
Dourados	0	0	0	0	0	0
Londrina	0	0	0	230.000	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 1$ terminal

A Tabela 32 apresentou os resultados de alocação de fluxo de 0,4 Mt de soja em grãos das origens Campo Grande, Cuiabá e Londrina com destino a Paranaguá. Do terminal, este mesmo volume foi destinado ao porto de Hamburgo, conforme Tabela 33.

Tabela 33 – Alocação de fluxo de soja em grãos dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0		0
Tubarão	0	0	0
Santos	0	0	0
Paranaguá	0	400.000	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 1$ terminal

Para o produto farelo de soja, o modelo alocou 280.000 toneladas de soja originada em Campo Grande, com destino ao esmagamento em Paranaguá, conforme Tabela 34. Deste volume, 224.000 toneladas foram destinadas ao porto de Hamburgo, conforme Tabela 35.

Tabela 34 – Alocação de fluxo de soja em grãos para o serviço de esmagamento nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	0	0	0	0	0	0
Araguari	0	0	0	0	0	0
C.Grande	0	0	0	280.000	0	0
Cuiabá	0	0	0	0	0	0
Dourados	0	0	0	0	0	0
Londrina	0	0	0	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 1$ terminal

Tabela 35 – Alocação de fluxo de farelo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0	0	0
Tubarão	0	0	0
Santos	0	0	0
Paranaguá	0	224.000	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para $Z \leq 1$ terminal

O modelo alocou 100.000 toneladas de soja originada em Cuiabá, com destino a produção de óleo de soja no terminal de Paranaguá, conforme tabela 36. Deste volume, 20.000 toneladas foram destinadas ao porto de Hamburgo, conforme Tabela 37.

Tabela 36 – Alocação de fluxo de soja em grãos para produção nos terminais especializados (t)

	Itaqui	Tubarão	Santos	Paranaguá	S. F ^{co} do Sul	Rio Grande
Açailândia	0	0	0	0	0	0
Araguari	0	0	0	0	0	0
C.Grande	0	0	0	0	0	0
Cuiabá	0	0	0	100.000	0	0
Dourados	0	0	0	0	0	0
Londrina	0	0	0	0	0	0

Obs: resultados para Z = 1 terminal

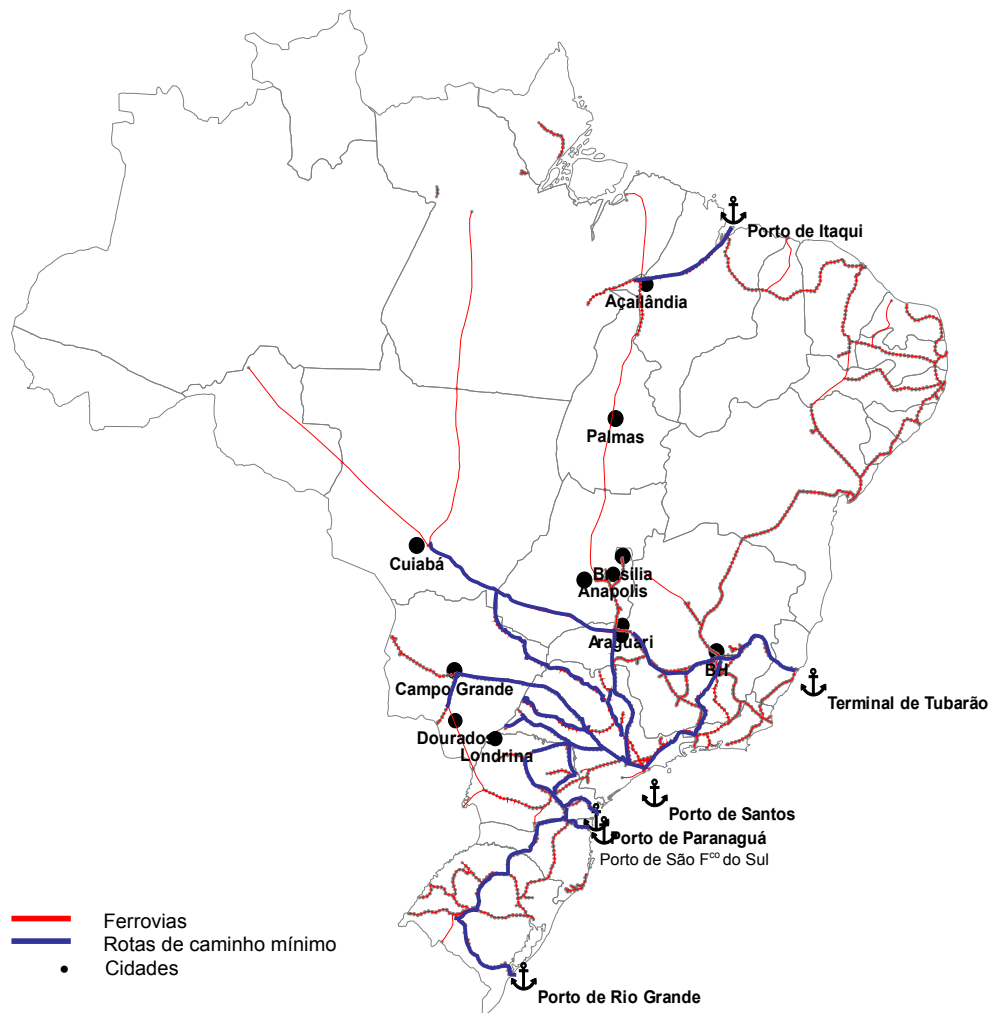
Tabela 37 – Alocação de fluxo de óleo de soja dos terminais especializados para aos destinos(t)

	Roterdã	Hamburgo	Xangai
Itaqui	0	0	0
Tubarão	0	0	0
Santos	0	0	0
Paranaguá	0	20.000	0
S.Fco. Sul	0	0	0
Rio Grande	0	0	0

Obs: resultados para Z = 1 terminal

Observou-se que o modelo apresentou resultados diretamente proporcionais ao decréscimo do número de terminais e ofertou os três serviços somente em um terminal especializado (Paranaguá), em função das restrições de demanda, capacidade e equilíbrio impostos pelo modelo.

O mapa 3 apresenta as rotas ferroviárias que seriam utilizadas para o escoamento da safra dos pontos de origem até os terminais especializados, no caso de $Z \leq 6$ terminais especializados.



Mapa 3 – Rotas para escoamento da soja em grãos

Depois de apresentados os resultados do modelo sob restrições impostas, cabe apresentar na seção 6.3 as análises de sensibilidade que tendem a impactar os resultados do modelo.

6.3

Análise de sensibilidade

A partir do resultado de $Z \leq 6$ terminais especializados, fez-se uma análise de sensibilidade considerando aumento de capacidade instalada de 100% nos atuais portos/terminais. Esta análise está apresentada na Tabela 38.

Tabela 38 – Análise de Sensibilidade – Variação da capacidade total

Terminais	Resultado da Função Objetivo				
	US\$ M	Y_j	Y_j^{serv}		
			Armazenagem	Esmagamento	Produção
$Z \leq 6$	248,4	ITQ,TUB,SAT,PAR	ITQ,TUB,SAT,PAR		
$Z \leq 5$	248,4	ITQ,TUB,SAT,PAR	ITQ,TUB,SAT,PAR		
$Z \leq 4$	248,4	ITQ,TUB,SAT,PAR	ITQ,TUB,SAT,PAR		
$Z \leq 3$	245,7	ITQ, PAR, TUB	ITQ, PAR, TUB		
$Z \leq 2$	241,6	TUB, PAR	TUB, PAR		
$Z = 1$	197,6	PAR	PAR	PAR	

Com aumento de 100% na capacidade instalada dos atuais portos e restringindo a abertura dos terminais de $Z \leq 6$ até $Z = 1$, observou-se que o modelo apresentou resultado de US\$ 248,4 milhões de $Z \leq 6$ até $Z \leq 4$. Nesses três casos, o modelo propôs a mesma solução, qual seja: abrir terminais especializados nos portos de Itaquí, Tubarão, Santos e Paranaguá, ofertando somente serviços de armazenagem. O resultado semelhante para as quatro primeiras restrições ocorreu em função da maior capacidade de escoamento dos terminais com grandes volumes de processamento, e a oferta de somente um serviço aconteceu devido à limitação da escolha de serviços de menor custo que maximizassem a lucratividade do sistema.

Para restrições de $Z \leq 3$ terminais, o modelo apresentou um resultado de US\$ 245,7 milhões e a decisão de abertura de terminais especializados em Itaquí, Paranaguá e Tubarão ofertando serviços de armazenagem. Quando

restringido a escolha de $Z \leq 2$ terminais, o modelo apresentou resultado de US\$ 241,6 milhões e a decisão de abertura de 2 terminais nos portos de Tubarão e Paranaguá, também ofertando o serviço de armazenagem. Por fim, quando restringido a abertura de somente um terminal especializado, o modelo apresentou um resultado de US\$ 197,6 milhões e a decisão de abertura do terminal especializado em Paranaguá, ofertando os serviços de armazenagem e esmagamento de soja em farelo. Esta solução, entretanto, representou um decréscimo na lucratividade do sistema, pois com a restrição de abertura de somente um terminal especializado, alguns custos de transporte *inbound* entre todas as origens com destino a um único terminal tornaram-se diferentes do caso atual, representando assim alteração dos custos de transporte *inbound* e decréscimo na lucratividade do sistema.

Há que se esclarecer, porém, que não foram considerados neste modelo limitações de fluxo ou restrições de capacidade de rotas que alimentam os terminais/plataformas. Essas limitações podem ser objeto de análise em futuras pesquisas.

Outra análise a ser considerada para a instalação de terminal especializado ou plataformas logísticas, está no fato de que, para qualquer ampliação ser realizada, devem ser observadas as limitações físicas, técnicas, econômicas e sócio-ambientais existentes para analisar se é possível ou não realizar tal ampliação. Somente após estes estudos, o investimento poderá ser realizado.

Considerando que qualquer ampliação de capacidade representará alteração nos custos fixos da instalação, fez-se novamente uma análise de sensibilidade a ampliação do aumento de 100% na capacidade total e nos custos fixos. Esta análise está apresentada na Tabela 39.

Tabela 39 – Análise de sensibilidade à variação da capacidade total e custo fixo

Terminais	Resultado da Função Objetivo				
	US\$ M	Y _j	Y _j ^{serv}		
			Armazenagem	Esmagamento	Produção
Z ≤ 6	246,4	ITQ,TUB,SAT,PAR	ITQ,TUB,SAT,PAR		
Z ≤ 5	246,4	ITQ,TUB,SAT,PAR	ITQ,TUB,SAT,PAR		
Z ≤ 4	246,4	ITQ,TUB,SAT,PAR	ITQ,TUB,SAT,PAR		
Z ≤ 3	244,3	ITQ, PAR, TUB	ITQ, PAR, TUB		
Z ≤ 2	240,6	TUB, PAR	TUB, PAR		
Z = 1	197,1	PAR	PAR	PAR	

Observou-se que, variando em 100% a capacidade total e os custos fixos incorridos nessa ampliação, o resultado da função objetivo mostrou-se decrescente à medida que foi restringido o número de terminais que se queria abrir, e decidiu-se pela abertura de terminais especializados nos mesmos portos considerados na análise anterior (tabela 39), com os mesmo serviços oferecidos de armazenagem, esmagamento e produção de soja, farelo e óleo de soja.

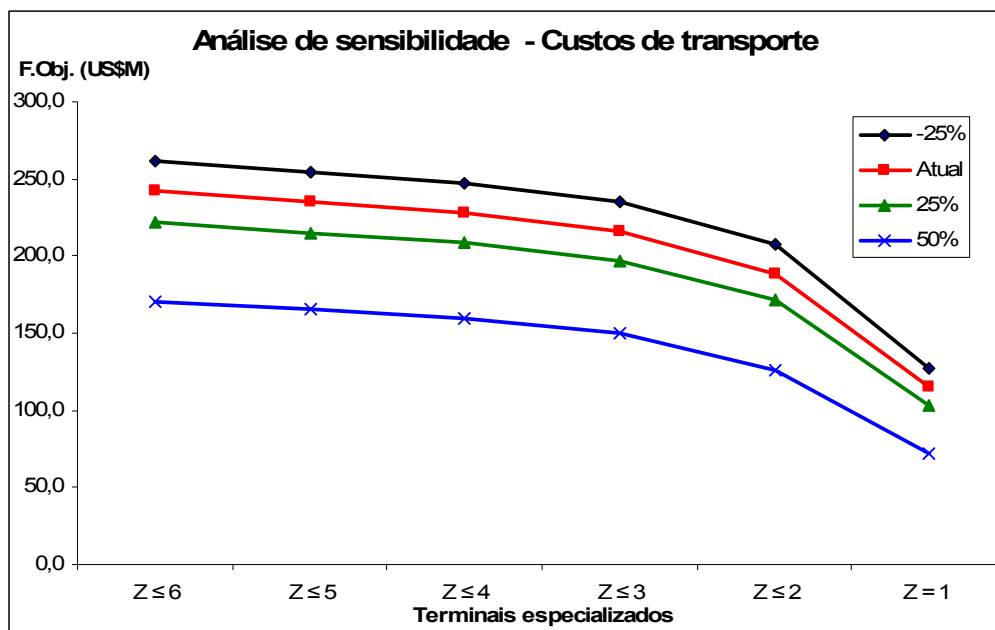


Gráfico 7 - Análise de sensibilidade aos custos de transporte

Foi também realizada uma análise de sensibilidade aos custos de transporte *inbound* e *outbound*, com resultados sendo apresentados conforme gráfico 7.

Realizando a análise de sensibilidade a partir dos dados atuais do estudo de caso, observou-se que, reduzindo em 25% os custos de transporte *inbound* e *outbound*, o modelo apresentou resultados melhores que o modelo atual (US\$ 261,8 milhões, comparado a US\$ 241,9 milhões na situação atual). Quando os custos de transporte *inbound* se elevaram em 25% e 50%, o modelo apresentou resultados decrescentes à medida da restrição ao número de terminais especializados requeridos. Quanto à abertura de terminais especializados, o modelo apresentou as mesmas decisões de abertura como analisados no caso atual (Tabela 13).

Fazendo uma análise de sensibilidade ao preço dos produtos no mercado externo (US\$ 290/t para a soja, US\$ 250/t para o farelo e US\$ 350/t para o óleo de soja), o modelo apresentou um resultado de US\$ 241,9 milhões para o sistema. Para aumentos de 10%, 20% e 30% nos preços, o modelo apresentou resultados de US\$ 276,7 milhões, US\$ 311,5 milhões e US\$ 415,9 milhões, respectivamente e para reduções de 10%, 20% e 50% nos preços, o modelo apresentou resultados decrescentes de US\$ 68,3 milhões, US\$ 172,3 milhões e US\$ 207,1 milhões comparados ao sistema atual.

Como os resultados do modelo são diretamente proporcionais aos preços ofertados pelas *commodities* (neste caso no mercado internacional), qualquer aumento deste preço gerará maior receita, que conseqüentemente, acarretará uma maximização dos lucros ao exportador e melhores resultados ao sistema. Em contrapartida, qualquer redução no preço internacional dessas *commodities* ocasionará redução no resultado da função objetivo, como demonstra o Gráfico 8. Isto representará diminuição na lucratividade do sistema exportador usuário do terminal especializado.

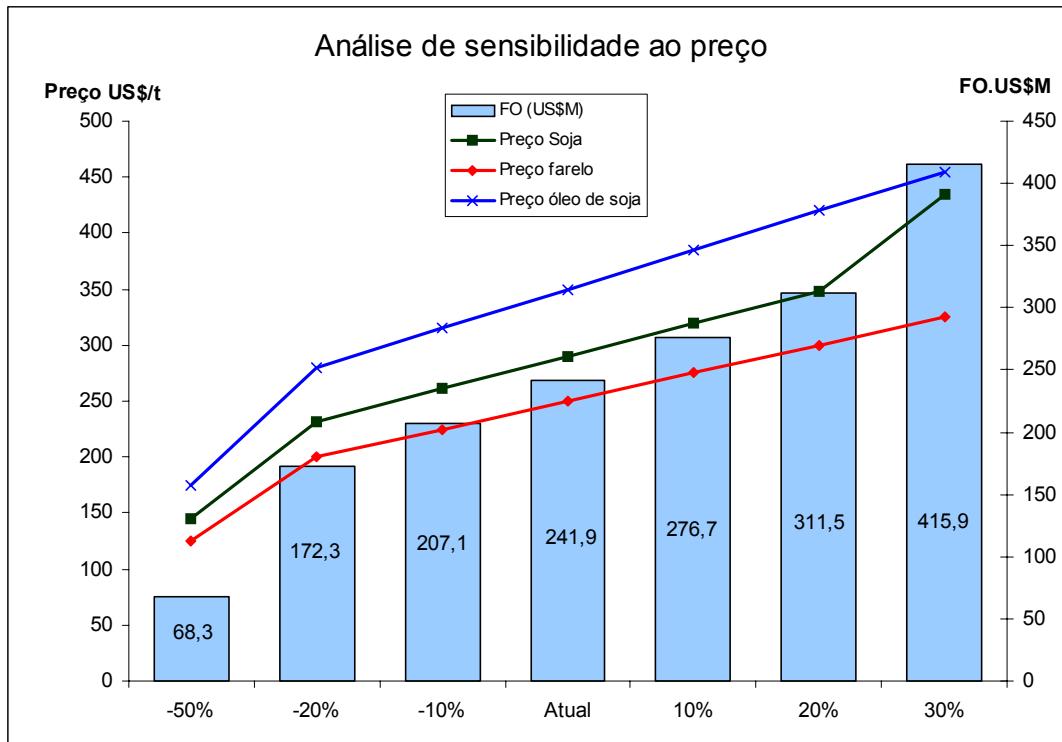


Gráfico 8 – Análise de Sensibilidade – Preço dos produtos

Considerando o aspecto do investimento, a análise de sensibilidade mostrou um resultado inversamente proporcional, pois para cada aumento de investimento em capital de 25% e 50%, menor foi o resultado obtido na função objetivo do sistema (em torno de US\$ 240,4 milhões). Em contrapartida, qualquer diminuição verificada no investimento, maior retorno foi gerado ao sistema (US\$ 243,4 milhões), conforme demonstra o gráfico 9.

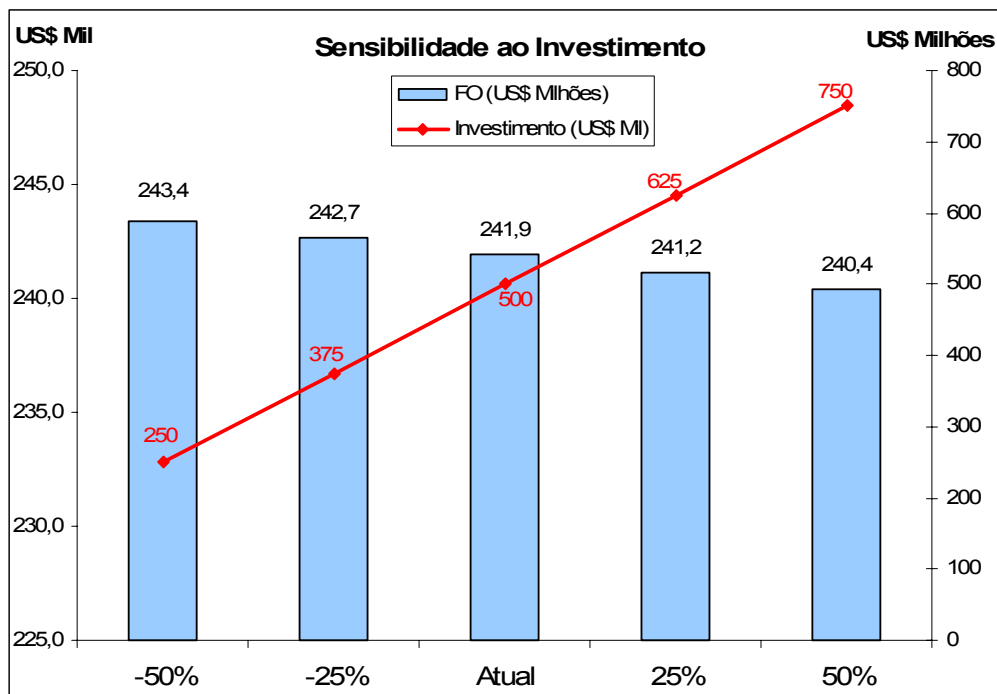


Gráfico 9 – Análise de Sensibilidade ao investimento

Depois de analisados os resultados do modelo de localização de terminais especializados, cabe avaliar quais as possíveis dificuldades para a implantação do(s) terminais(s) especializados(s), que serão objeto de análise na seção 6.4.

6.4

Possíveis entraves à localização de terminais especializados e plataformas logísticas

Depois de propostos e analisados os resultados de um modelo de localização de terminais especializados no Brasil, cabe identificar e avaliar

quais são os principais entraves e dificuldades que podem impedir ou retardar a instalação e a localização destes terminais/plataformas no país. Esses principais entraves e dificuldades seriam os seguintes:

- Necessidade de investimentos na manutenção das ferrovias (material rodante e via permanente) para aumentar a competição entre os modais de transporte e permitir a redução de custo no escoamento da produção até a plataforma;
- Necessidade de investimentos em pavimentação e recuperação de rodovias para facilitar o escoamento da safra em pontos onde não há oferta, nem competição por outro modal;
- Melhorar a infra-estrutura de transportes da região Norte do Brasil, a fim de que o volume de soja/farelo originados da região de Mato Grosso – MT, Tocantins, Rondônia, possa ter maiores opções de escoamento por meio das ferrovias Norte-Sul. Além disso, melhorar a infra-estrutura para operação hidroviária do rio Araguaia/Rio das Mortes e melhorar a infra-estrutura das BR 163 e BR 158, por onde o escoamento da soja poderia ser realizado;
- Promover mecanismos que possibilitem a integração vertical nos serviços de transporte rodo-ferroviário, no transbordo e na armazenagem de produtos no terminal especializado/plataforma logística, a fim de permitir melhor competitividade aos exportadores.
- Buscar soluções definitivas para a implementação da legislação de OTM, a fim de facilitar a operação de transporte multimodal no terminal/plataforma. As principais discussões se referem à regulamentação sobre o seguro da carga e definições sobre a incidência tributária (ICMS).
- Buscar mecanismos que promovam maior celeridade nos trâmites que envolvam licenciamento ambiental no Brasil. Em alguns portos/terminais, os trâmites de licenciamento ambiental podem impedir ou retardar a construção, ampliação e/ou instalação de novas

áreas no entorno de portos, podendo ocorrer também nos projetos de melhorias de acesso a ramais ferroviários e rodoviários na proximidade das plataformas;

- Buscar soluções para a diminuição da fila de caminhões que se forma nos portos de Santos e Paranaguá no período da safra. Estas filas limitam a possibilidade de crescimento e escoamento das cargas por estes portos/terminais;
- Existe uma limitação de capacidade nos Terminais de Tubarão - ES (Terminal de Produtos Diversos) e Itaquí - MA para aumento do atendimento da demanda de soja e farelo. Nestes terminais, a soja concorre com o minério de ferro, produto que a empresa operadora dos dois terminais detém seu *core business*. Qualquer alteração no volume de grãos exportado implica em maior número de vagões trafegando na ferrovia, concorrendo assim com a carga minério de ferro. Há também limitações de instalações e pátios nos terminais de Tubarão-ES e Itaquí – MA.
- A “guerra fiscal” gerada pelos Estados para atrair investimentos pode ser um entrave e causa de atrasos na definição de localização. Em contrapartida, a instalação de um terminal especializado/plataforma logística tende a atrair investimentos e crescimento para o entorno, podendo ser um beneficiador para a escolha do local a ser instalado o terminal especializado/plataforma. A manutenção de isenção de recolhimento de ICMS para exportação tende a ser outro incentivador ao aumento da exportação;
- Os corredores de exportação noroeste (rios Madeira e Amazonas), centro-norte (hidrovia dos rios Araguaia, Tocantins e Rio das Mortes, além das ferrovias Carajás e Norte Sul), Corredor Nordeste (que servem a região de Minas Gerais, Oeste da Bahia e interior de Pernambuco), corredor centro-leste (que servem as regiões de MG, ES e GO através das ferrovias EFVM e FCA) além da Hidrovia Tietê-Paraná, estão próximos de sua capacidade instalada em alguns

casos. Há a necessidade de altos investimentos para atender ao crescimento desta demanda, sejam elas através de investimentos privados ou parcerias públicas privadas.

Estes pontos foram detectados como os que podem propiciar maiores oportunidades para o investimento em localização de um terminal especializado/plataforma logística no Brasil, necessitando de melhor investigação tanto pelo poder público, quanto pela iniciativa privada, para que o sistema exportador possa ser melhorado. Somente com iniciativas que busquem minimizar estes pontos, é que será possível contribuir para se alcançar melhores margens de competitividade externa.

7.

Conclusões

O tema plataformas logísticas é pouco conhecido no Brasil. As referências bibliográficas no início desta pesquisa eram poucas e incipientes. Identificou-se, então, um tema com potencial para ser estudado e com ampla aplicação à cadeia de suprimentos. Quando analisado sob o aspecto da microestrutura desta tese e identificada qual cadeia de suprimentos do agronegócio se poderia analisar, passou-se a estudar a localização de terminais especializados como uma micro unidade de negócios logísticos dentro do amplo e macro conceito de plataformas logísticas. Logo, a primeira contribuição para essa tese se consolidou, com o aprofundamento dos estudos num tema pouco divulgado no país, mas com exemplos e contribuições verificados na Europa.

Já na revisão de literatura, o estudo de localização de plataformas logísticas no Brasil tornou-se um dos caminhos mais promissores para o estudo, dada a relevância e aplicabilidade às cadeias exportadoras brasileiras. A melhor decisão estratégica para a localização de uma plataforma logística portuária poderia contribuir na maximização da lucratividade do sistema exportador e, conseqüentemente, no aumento da competitividade das exportações brasileiras. A aplicação deste aos terminais especializados em armazenagem, processamento e esmagamento de produtos da cadeia da soja contribuiu para validar este conceito, as hipóteses e o modelo.

Portanto, esta tese foi estruturada com o objetivo de propor um modelo de localização de terminais especializados/plataformas logísticas portuárias, baseado na combinação de modelos de transbordo, com modelos de localização de plantas capacitadas para múltiplos produtos. Através deste modelo possibilita-se decidir em qual local uma plataforma logística/terminal especializado deverá se localizar para maximizar a

lucratividade dos exportadores, através do equilíbrio entre receita gerada e mínimo custo de transporte *inbound*, operação na plataforma/terminal e transporte *outbound* (transoceânico). Especificamente, aplicou-se a localização de terminais especializados em grãos, dado as características da cadeia produtiva escolhida.

O potencial de aplicabilidade foi empiricamente comprovado quando o modelo foi usado para analisar a cadeia de suprimentos da soja, farelo de soja e óleo de soja no Brasil. Foram realizadas análises de sensibilidade à capacidade instalada total e custos fixos na instalação, ao investimento na instalação da plataforma logística/terminal especializado, além da sensibilidade aos custos de transporte e variações de preço do produto no mercado internacional.

Acredita-se que há condições de se utilizar esta mesma metodologia para outras cadeias exportadoras, bem como aplicá-lo a uma cadeia importadora que necessite de uma plataforma/terminal especializado para agregação de valor e distribuição dos produtos no mercado brasileiro. Esta aplicabilidade poderá ser validada também para decisão de localização de outras plataformas logísticas/terminais especializados que não estejam necessariamente localizadas nos portos brasileiros.

Naturalmente, o modelo desenvolvido possui algumas limitações, que diretamente estão relacionadas com as decisões que foram tomadas. A primeira limitação refere-se ao escopo da investigação, estando restrita à cadeia de suprimentos da soja, farelo e óleo de soja no Brasil. Esse fato limita a possibilidade de generalização dos resultados para outras cadeias exportadoras brasileiras, pois as características destas e as condições inseridas podem ser diferentes.

Uma segunda limitação refere-se à não inclusão de variáveis qualitativas ao modelo de decisão locacional, muito embora se saiba de sua importância. A grande dificuldade de mensuração das variáveis

qualitativas foi a principal causa que se fez optar por um estudo quantitativo.

No decurso da análise do caso, encontrou-se outra limitação e dificuldade em encontrar dados precisos sobre a cadeia de suprimentos (soja, farelo e óleo de soja), o que se levou a assumir alguns valores médios para custos de transporte, operação, e por analogia, gasto com o investimento em instalação de um terminal especializado no Brasil.

Como o estudo tinha por objetivo desenvolver um modelo e aplicá-lo a uma cadeia de suprimentos do agronegócio brasileiro, não se observou, na prática, necessidade de se desenvolver heurísticas dado que, para os dados coletados da cadeia, o método otimizador utilizado (mesmo em sua versão acadêmica) se mostrou suficiente para resolução do problema proposto. Para situações de estudo mais complexas, o método otimizador necessitará do desenvolvimento de heurísticas para a solução destes problemas.

7.1

Propostas para a continuidade deste estudo

O estudo de localização é um tema que suscita a continuidade de estudos tanto teóricos, quanto empíricos, e ampliam a possibilidade de continuidade. Dentre esses, destacam-se os seguintes pontos:

- Replicar o modelo de localização de plataformas logísticas/ terminais especializados para outras cadeias produtivas, buscando avaliar se os resultados se mostram também significativos. Em especial, estudar a combinação de produtos exportados e importados (por exemplo, soja, farelo e fertilizantes), avaliando a aplicabilidade do modelo e quais benefícios poderiam transmitir ao sistema importador e exportador desta cadeia de suprimentos.

- Propor heurísticas para a solução de problemas que exijam maior esforço computacional para otimização deste modelo;
- Propor um modelo de localização de plataformas logísticas/terminais especializados que contemplem variáveis quantitativas e qualitativas de decisão locacional no Brasil;
- Ampliar o estudo de modelo de localização de plataformas logísticas, incluindo parâmetros para múltiplos modais de transportes e limitação de capacidade das vias;
- Analisar qual o valor adicionado que o serviço ofertado pela plataforma logística poderia gerar aos produtos da cadeia exportadora/importadora;
- Realizar uma análise da viabilidade econômico-financeira para a instalação de uma plataforma logística portuária no Brasil por instituições públicas ou privadas;
- Ampliar o foco do estudo de localização de outras plataformas logísticas/terminais especializados no Brasil;
- Revisar a matriz origem e destino da cadeia da soja no Brasil, buscando quantificar o real volume destinado ao mercado interno, o volume exportado por cada ponto de origem e quais os modais de transporte utilizados nesta década.
- Replicar o modelo de localização de plataformas logísticas/terminais especializados utilizando um Sistema de Informações Geográficas – SIG;

8.

Referências

- 1 ABIOVE - Associação Brasileira de Indústrias de Óleos Vegetais. Estatísticas do complexo da soja. Disponível em: <<http://www.abiove.com.br>> Acesso: 1. out. 2005.
- 2 AHUJA, R. **Network flows**. New Jersey: Prentice Hall, 1993.
- 3 AKINC, V. Multi-activity facility design and location problems. **Management Science**. Vol. 31, no. 3. USA, 1985.
- 4 AKINC, V.; KHUMAWALA, B.M. An efficient Branch and Bound Algorithm for the capacitated warehouse location problem. **Management Science**. Vol. 23, no. 6. USA, 1977.
- 5 ALBERTO, P. The logistics of industrial location decisions: an application of the analytic hierarchy process methodology. **International Journal of Logistics: Research and Applications**, v. 3, n. 3, p.273-289, 2000.
- 6 ALEMANY,J. 1997 Por un Desarrollo Sustentable de la ciudad Portuaria. In: **Asociación Internacional ciudades y puertos**. Montividéu.
- 7 ANDERSON, D. **An introduction to management science – quantitative approaches to decision making**. 4th ed. Minesota: West Publishing Company, 758 p. 1985.
- 8 BADRI, M. Combining the analytic hierarchy process and goal programming for global facility location-allocation problem. **International Journal of Production Economics**, n. 62, p. 237-248, 1999.
- 9 BADRI, M.; DAVIS,D; DAVIS,D. Decision support models for the location of firms in industrial sites. **International Journal of Operation & Production Management**. V.15, n.1, p. 50-62, 1995.
- 10 BALLINSKI, M.L. Integer programming: Methods, Uses and Computation. **Management Science**. 12, p. 253-313. 1965
- 11 BALLAS,E.; PADBERG, M.W. Set partitioning: a survey. **SIAM Review**, n. 18, 710-760, 1976.
- 12 BARCELO, J.; CASANOVAS, J. A heuristic lagrangean algorithm for the capacitated plant location problem. **European Journal of Operational Research**, n. 15, p. 212-226, 1984.

- 13 BNDES SETORIAL. **O ciclo da soja: Desempenho da cultura da soja entre 1961 e 2000**. Rio de Janeiro, n.20, p 127-222, 2004.
- 14 BOUDOUIN, D. Logística – território – desenvolvimento: o caso europeu. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL: LOGÍSTICA, TRANSPORTES E DESENVOLVIMENTO, 1., 1996, Ceará. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <www.zal.es>. Acesso em: 1 set. 2003.
- 15 BOWERSOX,D.; CLOSS,D. **Logística Empresarial. O processo de integração da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Ed. Atlas. 2001.
- 16 BRANDÃO,A.S.P; REZENDE,G.C; MARQUES,R. Crescimento agrícola no período 1999-2004, explosão da área plantada com soja e meio ambiente no Brasil. Rio de Janeiro: IPEA – Instituto de Pesquisas Econômicas aplicadas, Texto para discussão n. 1062, 2005.
- 17 BRANDEAU,M.; CHIU, S. An overview of representative problems in location research. **Management Science**, vol.35, no. 6, p 645-674, 1989.
- 18 BRASIL. Receita Federal. Decreto n.º 4.543, de 26 de dezembro de 2002, alterado pelo Decreto n.º 4.765, de 24 de junho de 2003. Regulamenta a administração das atividades aduaneiras. **Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil**.
- 19 BRASIL. Ministério dos Transportes. Lei nº 9.611, de dezenove de fevereiro de 1998. Regulamenta a operação de transporte Multimodal. **Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil**.
- 20 BROWN,G. Design and operation a multi-commodity production/distribution System using primal goal decomposition. **Management science**, v.33, no.11, nov. 1987.
- 21 BULHÕES,R.;CAIXETA FILHO,J.V. **Análise da distribuição logística da Soja na Região Centro-Sul do Brasil através de um modelo de equilíbrio espacial**. Passo Fundo: Teoria da evidência Econômica, vol. 8, n.15, p. 11-23, nov. 2000.
- 22 CAIXETA-FILHO,J.V.; MARTINS,R. **Gestão Logística do transporte de cargas**. São Paulo: Ed. Atlas, p. 296, 2001.
- 23 CAIXETA-FILHO,J.V. **Sistema de informações de fretes para cargas agrícolas: concepção e aplicações**. Revista Brasileira de Agroinformática. v.1,n.1, p.41-52, 1998.
- 24 CALIPER CORPORATION. **Transcad: User's guide**. Boston, 2000.
- 25 CAMPBELL,J. One-to-many distribution with transshipments: an analytic model. **Transportation Science**. v. 27, no.4, nov. 1993.

- 26 CAMPBELL, J. Hub location and the p-hub median problem. **Operation research**, vol. 44, no. 6, p 923-935, 1996.
- 27 CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Indicadores da agropecuária. Disponível em: www.conab.gov.br 28 jul. 2004.
- 28 CANEL, C.; KHUMAWALA, B. M. A mixed-integer programming approach for the international facilities location problem. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 16, n. 4, p. 49-68, 1996.
- 29 CANEL, C.; KHUMAWALA, B. M. Multi-period international facilities location: an algorithm and application. **International Journal of Production Research**, v. 35, n. 7, p. 1.891-1.919, 1997.
- 30 CORNUEJOLS, G.; FISHER, M.L.; NEMHAUSER, G.L. Location of bank accounts to optimize float: an analytic study of exact and approximate algorithms. **Management Science**. N. 23, p 789-810, 1977.
- 31 CRAINIC, T.; ROUSSEAU, J.M. Multicommodity multimode freight transportation: A general modeling and algorithmic framework for the service networking design problem. **Transportation research**. B, 20, p 225-242.
- 32 CRAINIC, T.; LAPORTE, G. Planning models for freight transportation. **European Journal of Operational Research**, n. 97, p. 409-438, 1997.
- 33 CRISTOPHIDES, N.; BEASLEY, J.E. Extensions to a Lagrangian relaxation approach for the capacitated warehouse location problem. **European Journal of Operational Research**, n.12, p 19-28, 1983.
- 34 CSX REAL PROPERTY. Development of an integrated logistics center in Winter Haven, Florida. **HDR/HLD Decisions Economics Inc.**, 2006.
- 35 CURRENT, J.; SCHILLING, D. **Facility location modeling**. Ohio: Ohio State University Press, 1990. (Working Paper Series).
- 36 CVRD – Companhia Vale do Rio Doce. Indústria – Soja e Farelo de Soja para Exportação. São Paulo. 2005, não paginado. Relatório técnico.
- 37 DALMAU, R.; ROBUSTÉ, F. Um nuevo concepto de plataforma logística urbana. In: **CONGRESO DE INGENIERÍA DEL TRANSPORTES**, 5., 2002 Santander – Espanha: CIT 2002.
- 38 DALTO, E.J. **Ferramenta de simulação para auxiliar o produtor brasileiro de soja no desenvolvimento de estratégia logística e financeira de comercialização de uma safra do produto a granel.**

- Tese (Doutorado em Administração). Programa de Pós-graduação em Administração - COPPEAD, Universidade Federal de Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2003.
- 39 DASKIN, M. **Network and discrete location: models, algorithms and applications**. New York: John Wiley & Sons (Series in discrete mathematics and optimization). 1995.
 - 40 De LANGEN, P. W. Trends and opportunities for the long-term development of Rotterdam's port complex. **Coastal Management**, n. 33, p. 215-224, 2005.
 - 41 DERSA. **PDDT Vivo 2000/2020: relatório executivo**. São Paulo: Secretaria de Transportes do Estado de São Paulo, [1999?]
 - 42 DERSA. **PDDT Vivo 2000/2020: O CLI e as questões correlatas**. São Paulo: Secretaria de Transportes do Estado de São Paulo, [1999?]
 - 43 DUARTE, P. **Modelo para o desenvolvimento de plataforma logística em um terminal**. Um estudo de caso na estação aduaneira do interior - Itajaí/SC. Dissertação de mestrado. UFSC.1999.
 - 44 DUARTE, J. E. C. **Distribuição e logística na União Européia**. In: Informação Internacional. Análise Econômica e Política. 2002. Disponível em: <<http://www.dpp.pt>>. Acesso em: 1 out. 2003.
 - 45 DREZNER, R.; HAMACHER, H. (Ed.). **Facility location: applications and theory**. Berlin: Verlag publishing. 2002.
 - 46 DUARTE, P. **Modelo para o desenvolvimento de plataforma logística em um terminal: um estudo de caso na estação aduaneira do interior**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.
 - 47 DUTRA, N. et al. As plataformas logísticas e suas relações com operadores logísticos – cenários e tendências. In: CONGRESSO DA ASSOCIACAO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES - ANPET, 15., 1999 (?), Rio de Janeiro. **Anais do XV Congresso da ANPET**, Rio de Janeiro: ANPET, 1999 CD ROM
 - 48 EILON, S.; WATSON-GANDY,C.D.T; CHRISTOFIDES,N. **Distribution Management: Mathematical modeling and practical analysis**. Griffin, London. 1971.
 - 49 EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2002.

- 50 EUROCENTRE- **Pôle logistique de l'Europe du sur**. Disponível em: <www.eurocentre.fr>. Acesso em 10 nov. 2003.
- 51 EUROPLATAFORMS - GEIE Yearbook (1996). Disponível em: <www.freight-village.com.br>. Acesso em: 2 ago. 2003.
- 52 FAVARET FILHO, P.; SIQUEIRA, S.H.G.; de PAULA, S.R.L. **Agropecuária e Agroindústria**. In: BNDES setorial: Edição Especial. BNDES, Rio de Janeiro, 1997.
- 53 FAGEDA, X. **Load centers in the Mediterranean port range: ports hub and ports gateway**. Public policies and economic regulations research unit. Barcelona: University of Barcelona Press. p.1-18. [s.n]
- 54 FOS-DISTRIPORT: **euro-mediterram logistics-center**. Disponível em: <www.marseille-port.fr>. Acesso em: 10 nov. 2003.
- 55 FOURER, R. et al. **AMPL – a modeling language for mathematical programming**. Massachusetts: ITP Publishing, 1993.
- 56 FRANKFORT-NACHMIAS,C.;NACHIMIAS,D. **Research methods in the social sciences**, Ed. Arnold, Fifth ed., London, Uk. 1996.
- 57 GAMEIRO,A.H. Índices de Preço para o transporte de cargas: O caso da soja a granel. Tese (Doutorado em Ciências - Economia aplicada). ESALQ . Piracicaba. Universidade de São Paulo. 2003.
- 58 GENDRON, B. Tabu search with exact neighbor evaluation for multicommodity location with balancing requirements. **INFOR**, v. 37, n. 3, p. 255-270, Aug. 1999.
- 59 GEOFFRION, A. M.; GRAVES,G.W. Multicommodity distribution system design by benders decomposition. **Management Science**, v. 20, n. 5, p. 822-844, Jan. 1974.
- 60 GUIGNARD;M.; SPILBERG,K. A direct dual method for the mixed plant location problem. **Mathematical programming**. n.17, p. 198-228, 1979.
- 61 GOEBEL,D. A competitividade externa e a logística doméstica. In: **O desafio das exportações**. BNDES. 1 ed. Rio de Janeiro. 2002
- 62 HAKIMI, S.L. Optimal locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph. **Operation Research**. n. 12, p 450-459.1964.
- 63 HALL, R. (Ed.). Handbook of transportation science. **International series in operation research and management science: n.23**. Massachusetts: 1999.

- 64 HARKNESS, J.; REVELLE, C. Facility location with increasing production costs. **European Journal of Operational Research**, n. 145, p. 1-13, 2003.
- 65 HAYUT, Y. Containerization and the load center concept. **Economic Geography**, v. 57, n. 2, p. 160-176, 1981.
- 66 HEIZER, J. **Administração de operações – Bens e serviços**. São Paulo: Ed. LTC. 1999.
- 67 HELFAND, S.; REZENDE, G. **Padrões regionais de crescimento da produção de grãos no Brasil e o papel da Região Centro-Oeste**. Rio de Janeiro: IPEA – Instituto de Pesquisas Econômicas aplicadas, Texto para discussão n. 731, 2000.
- 68 HILLER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introduction to operational research**. 4th ed. Oakland: Holden-Day
- 69 HIIJAR, M.F. Logística, soja e comércio internacional. Disponível em: <www.cel.coppead.ufrj.br> Acesso em 19 dez. 2005.
- 70 HOFFMAN, J.; SCHNIEDERJANS, M. A two-stage model for structuring global facility site selection decisions. The case of the Brewing Industry. **International Journal of Operation & Production Management**. V.14, n.4, p. 79-96, 1994.
- 71 HU, T.C; Multi-commodity network flows. **Operation Research**. Vol.11, no. 3; p. 344-360, 1963.
- 72 HURTER, A.; MARTINICH, J. **Facility location and the theory of production**. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 1989.
- 73 **ILOG AMPL CPLEX SYSTEM** version 8.0 – user's guide. France. 2002. disponível em: <www.ampl.com> acesso em 06/06/2005.
- 74 IZQUIERDO, R. **Transportes – Un Enfoque Integral**. 1 ed. Madrid, Colegio de Ingenieritos de caminos, Canales y puertos, 1994.
- 75 JACOBSEN, S.K. Multiperiod capacitated location models. In: Mirchandani, P.B., Francis, R.L. (eds.) **Discrete location theory**. New York: Wiley, p. 173-208. 1983.
- 76 JAYARAMAN, V. Transportation, facility location and inventory issues in distribution network design – an investigation. **International Journal of Operation & Production Management**, v. 18, n. 5, p. 471- 494, 1998.
- 77 KAJ HOLMBERG, J. L. A lagrangean heuristic for the facility location problem with staircase costs. **European Journal of Operational Research**, v. 97, p. 63-74, 1997.

- 78 KARKASIS, J.; BOFFEY, T. B. The multi-commodity facilities location problem. **The Journal of the Operational Research Society**, v. 32, n. 9, p. 803-814, Sept. 1981.
- 79 KAUFMAN, L.; Eede, V.; Hansen,P. A plant and warehousing location problem. **Operational Research Quartely** (1970-1977), v. 28, n. 3, p. 547-554, part 1, 1977.
- 80 KLOSE, A.; DREXEL, A. Facility location models for distribution system design. **European Journal of Operational Research**, v. 162, p. 4-29, 2005.
- 81 KONINGS, J. W. Integrated centres for the transshipment, storage, collection and distribution of goods: a survey of the possibilities for a high-quality intermodal transport concept. **Transportation Policy**, Great Britain, v. 3, n. 1/2, p. 3-11, 1996.
- 82 KRARUP, J.; PRUZAN, P. The simple plant location problem: survey and synthesis. **European Journal of Operation Research**, n. 12, p. 36-81, 1983.
- 83 LAPORTE, G. et al. Exact solution of a stochastic location problem by an integer L-shaped algorithm. **Transportation Science**. N. 18, p 1-55
- 84 LAMBERT,D. M. Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Oportunities. *International Journal of Logistics Management*. Vol. 9, No 02, pp.1-19. 1998.
- 85 LAZZARINI,S.G.; NUNES,R. **Competitividade do Sistema Agroindustrial da Soja**. PENSA – Univesidade de São Paulo. São Paulo, 2000.
- 86 LIRN, T.; THANOPOULOU,H.; BERESFORD,A. Transshipment port selection and decision-making behavior: an analyzing the Taiwanese case. **International Journal of Logistics: research and applications**, v. 6, n. 4, p.229-244, 2003.
- 87 LOVE, R. **Facility location: models e methods**. Amsterdã: Elsevier Science Pub.,ORSA – Operation Research Society American, 1988.
- 88 MACLACHLAN, I.; AGUILAR, A. Maquiladoras myths: locational and structural change in Mexico's export manufacturing industry. **Professional Geographer**, v. 50, n. 3, p. 315-331, 1998.
- 89 MARTI, B. Chilean ports: commodity specialization and potential for containerization. **Professional Geographer**, v. 37, n. 3, p. 320-328, 1985.
- 90 MARTINS, R. S.; CAIXETA FILHO,J.V. Ferrovias e transporte de produtos agricolas no paraná. **Logística e transporte**. Novembro 1998.

- 91 MATISZIW, T. **Modeling transnational surface freight flow and border crossing improvement**. 2005, 196 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Ohio State University – USA, 2005.
- 92 MANZELLA, L. **L' attrait d'une logistique em plein VB et croissance**. *Stratégie Logistique*, novembre, no. 51, p.132-142, 2002.
- 93 MELKOTE, S.; DASKIN, M. Capacitated facility location/network design problems. **European Journal of Operational Research**, n.129, p. 481-495, 2001.
- 94 MIN, H. Location analysis of international consolidation terminals using the analytic hierarchy process. **Journal of Business Logistics**, v. 15 , n. 2, p.25-44, 1994.
- 95 MIRCHANDANI, P.; FRANCIS, R. **Discrete location theory**. New York: John Wiley & Sons – USA, 555p. 1990.
- 96 MOSES, L. Location and the theory of production. **The Quartely Journal of Economics**, v. 72, n. 2, p. 259-272, 1958.
- 97 MOTTER, C. Comercialização de Soja: Um instrumento operacional para o alimento da renda do produtor. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- 98 NAZÁRIO, P. Intermodalidade: Importância para a logística e estágio atual no Brasil. Rio de Janeiro, 2001. disponível em: <www.cel.coppead.ufrj.br> acesso em 15/03/2005.
- 99 NEWNAN, D. **Essentials of engeneering economic analysis**. New York: Oxford University Press, 2002.
- 100 NICOLAY, M.G.V. **Uma demonstração do efeito distorcivo da política tributária brasileira na atividade logística: um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em administração). Programa de Pós-graduação em Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2003.
- 101 NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**. 2ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- 102 NOZICK, L. K. The fixed charge facility location problem with coverage restrictions. **Transportation Research**, v. 37, p. 281-296, 2001. Part E.
- 103 NOZICK, L. K.; TURNQUIST, M. Integrating inventory impacts into a fixed charge model for locationg distribution centers. **Transportation Research**. V. 31, n. 3 p 173-186. 1998. Part E

- 104 OCDE. Intermodalite et logistique. recherche en matière de routes et de transports routiers.[s.l :s.n], 1997 cap. 2
- 105 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.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- 106 O'KELLY, M. The location of integrating hub facilities. **Transportation science**, 20(2):92-106,1986.
- 107 O'KELLY, M. BRYAN,D.L. Hub Location with flow economie of scale. **Transportation Research – B.** vol. 32, no. 8 pp. 605-616, 1998.
- 108 O'KELLY, M. BRYAN,D.L. Hub network design with single and multiple allocation: A computacional study. **Transportation Research – B.** vol. 32, no. 8 pp. 605-616, 1998.
- 109 ORDEN, A. The transshipment Problem. **Management Science**, vol.2, no. 3, 276-285, 1956.
- 110 OWEN, S. H.; DASKIN, M. Strategic facility location: a review. **European Journal of Operational Research**, n. 111, p. 423-447, 1998.
- 111 PALEKAR, U. et al. A branch-and-bound method for the fixed charge transportation problem. **Management Science**, v. 36, n. 9, p. 1.092-1.105, Sept. 1990.
- 112 PIRKUL, H.; JAYARAMAN, V. A multi-commodity, multi-plant, capacitated facility location problem: formulation and efficient heuristic solution. **Computers Operation Research**, Great Britain, v. 25, n. 10, p. 869-878, 1998.
- 113 PIZZOLATO, N. D. **Problemas de localização.** Rio de Janeiro, [2000]. Notas de aula.
- 114 PLATAFORMA LOGISTICA MULTIMODAL DE GOIAS. Disponível em: <www.plataformalogistica.go.gov.br> Acesso em 28 nov. 2005.
- 115 PORT OF ROTTERDAM. Disponível em: <www.portofrotterdam.com>. Acesso em: 14 dez. 2003.
- 116 PORTER,M. **Estratégia competitiva. Técnicas para análise de indústrias e da concorrência.** Rio de Janeiro: Ed. Campus. 1 ed.1989.
- 117 PORTO SECO. Disponível em: <www.receita.fazenda.gov.br>. Acesso em: 14 dez. 2003.

- 118 REVELLE, C. S.; EISELT, H. A. Location analysis: a synthesis and survey. **European Journal of Operational Research**, n. 165, p. 1-19, 2005.
- 119 REVELLE, C. S.; LAPORTE, G. The plant location problem: new models and research prospects. **Operational Research**, v. 44, n. 6, p. 864-874, Nov. 1996.
- 120 REVELLE, C. S.; MARKS, D.; LIEBMAN, J. Analysis of private and public sector location problems. **Management Science**. 16, p.692-707.1970.
- 121 REYNAUD, C. Cinq Questions sur les terminaux de marchandises. TEC no. 128. janvier-février. 1994.
- 122 ROSA, D. **Plataforma logístico-cooperativa: integração horizontal das cadeias de abastecimento**. Rio de Janeiro: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em transportes, 2004a.
- 123 _____. **O potencial da entrada dos terminais de transporte na indústria de serviços logísticos**. Rio de Janeiro: Anais do Rio de Transportes II, 2004b.
- 124 _____. **O planejamento de centros logísticos com base na agregação de valor por serviços logísticos em terminais de transportes**. 291 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – PET - COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.
- 125 SCATOLIN, F.; MEIRELLES, J.G.P.; PAULA, N.M. **Arranjo Produtivo local – o caso da soja**. Projeto de Pesquisa. Instituto de Economia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000.
- 126 SCHMIDT, G.; WILHELM, W. Strategic, tactical and operational decisions in multi-national logistics networks: a review and discussion of modelling issues. **International Journal of Production Research**, v. 38, n. 7, p. 1.501-1.523, 2000.
- 127 SCHRAGE, L. **Optimization modeling system with LINDO**. 5th ed. Pacific Grove - USA: The Scientific Press, 1997.
- 128 SCOTT, M. et al. Modeling and analysis of multicommodity network flows via goal programming. **INFOR**, v. 43, n. 2, p.93-110, May, 2005.
- 129 SECEX – Secretaria de Comércio Exterior. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio. Disponível em: < <http://www.desenvolvimento.gov.br> > Acesso em: 13 mai. 2005
- 130 SHARMA, D.; GOSH, D.; MATTISON, D.; An application of goal programming with penalty functions to transshipment problems.

- International Journal of Logistics: Research and Applications**, v. 6, n. 3, p. 125-136, 2003.
- 131 SIQUEIRA, T.V. **O Ciclo da soja: Desempenho da cultura da soja entre 1961 e 2003**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.20, p.127-222, set. 2004.
- 132 SLACK, B. Intermodal transportation in North America and the development of inland load centers. **Professional Geographer**, v. 42, n. 1, p. 72-83, 1990.
- 133 SILVA, C.A.F. A transnacionalização do Grupo André Maggi a partir do cerrado mato-grossense. *Revista geo-paisagem*, Ano 4, no. 7, jan.- jun. 2005. Disponível em: <www.feth.ggf.br> Acesso em 18 jan. 2006.
- 134 SOUTHWORTH, F.; PETERSON, B. Intermodal and international freight networking modeling. **Transportation Research**, n. 8, p. 147-166, 2000. Part C.
- 135 SRIDHARAN, R. The capacitated plant location problem. **European Journal of Operational Research**, n. 87, p. 203-213, 1995.
- 136 TAAFFE, E.J.; GAUTHIER, H.L.; O'KELLY, M.; **Geography of transportation**. 2nd edition. Prentice hall: Upper Saddle River. 1996.
- 137 TANIGUCHI, E. Optimal size and location planning of public logistics terminal. **Transportation Research**, n. 35, p. 207-222, 1999. Part E.
- 138 THUESEN, G. J. **Engineering economy**. 8th ed. New Jersey: Prentice Hall, 1993.
- 139 **THE BOLOGNA FREIGHT VILLAGE**. Disponível em: <www.bo.interport.it>. Acesso em: 01 nov. 2003.
- 140 TELECOTRANS. **Plataformas logísticas y centros de transporte de mercancías en España - una visión de la situación actual y propuesta de intervención**, 1999. disponível em: <www.telecotrans.es>. Acesso em: 01 nov. 2003.
- 141 TRIP, J. J.; BONTEKONING, Y. Integration of small freight flows in the intermodal transport system. **Journal of Transport Geography**, n. 10, p. 221-229, 2002.
- 142 TSAMBOULAS, D. Krapos, S. Freight village evaluation under uncertainty with public and private financing. **Transport Policy**, n. 10, p.141-156, 2003.
- 143 Van KLINK, H. A.; Van DEN BERG, G.C. Gateways and intermodalism. **Journal of Transport Geography**, v. 6, n. 1, p. 1-9, 1998.

- 144 VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005.
- 145 WANG, J. J. A container load center with a developing hinterland: a case study of Hong Kong. **Journal of Transport Geography**, v. 6, n. 3, p.187-201, 1998.
- 146 WANG, J.; SLACK, B. The evolution of a regional container port system: the Pearl River Delta. **Journal of Transport Geography**, n. 8, p. 263-275, 2000.
- 147 WARSZAWSKI, A.; Multi-dimensional location problems. **Operations Research Quaterly**. 24, p. 165-179. 1973
- 148 WEBER,A. *Uber den Standort der Industrien (Alfred Weber's Theory of the location of industrieies)*, University of Chicago, 1929.
- 149 WINSTON, W. **Operations research: applications and algorithms**. Belmont - USA: Thomson Learning, 2004.
- 150 WU,J.; WU,N. Analysing multi-dimensional attributes for the single plant location problem via an adaptation of the analytical hierarchy process. **International Journal of Operation & Production Management**,1983.
- 151 YIN,R.K. *Case study research: design and methods*. Thousand Oaks, USA: Sage Publications. 1989.
- 152 ZANQUETO FILHO,H. **Processos operacionais nas parcerias da cadeia de frutas e vegetais do Reino Unido: elementos complementares para um modelo de avaliação de desempenho para a cadeia de suprimentos de alimentos frescos**. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial). Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2003.
- 153 ZHU, Z. Adaptation of the plant location model for regional environmental facilities and cost allocation strategy. **Annals of operation research**, vol. 18, 345-368, 1989.

ANEXO I – Modelo

```

set ORIG;           # origins_i (plants, farms, terminals, CD, exporters)
set PLATFORM;      # logistic platform_j
set DEST;          # destinations_k (ports, countries, costumers)
set PRODUCT;       # product_p

param price {DEST,PRODUCT} >= 0;           # price of product p
param supply {ORIG,PRODUCT} >= 0;          # amounts available at origins of product p
param demand {DEST,PRODUCT} >= 0;         # amounts required at destinations of product p
param beta {PLATFORM,PRODUCT}>=0 ,<=1;    # % change of volume of product p
param capac_prod {PLATFORM,PRODUCT}>= 0;   # capacity of each product p
param totalcapacity {PLATFORM}>=0;         # total capacity of logistic platform
param costin {ORIG,PLATFORM,PRODUCT}>=0;  # transport cost from plant to logistic platform
param costout{PLATFORM,DEST,PRODUCT}>=0;  # transport cost from logistic platform to destinations
param fcost {PLATFORM}>= 0;                # fixed cost to instal a logistic platform
param vcost {PLATFORM,PRODUCT}>= 0;       # variable costs per unit
#param Z:=6;                               # Number maximum of logistics platforms

var Xin {ORIG,PLATFORM,PRODUCT}>= 0;      # units to be shipped inbound from origin to logistic platform
var Xout {PLATFORM,DEST,PRODUCT}>= 0;     # units to be shipped outbound from logistic platform to destinations
var Y {PLATFORM} >=0 binary;              # 1 If Logistic platform is open and 0, otherwise

maximize total_profit:
sum {j in PLATFORM, k in DEST,p in PRODUCT} price[k,p]* Xout[j,k,p] –
sum {i in ORIG,j in PLATFORM,p in PRODUCT} costin[i,j,p]* Xin[i,j,p] -
sum {j in PLATFORM} fcost[j]* Y[j] -
sum {i in ORIG,j in PLATFORM, p in PRODUCT} vcost[j,p] * Xin[i,j,p] -
sum {j in PLATFORM, k in DEST, p in PRODUCT} costout[j,k,p]* Xout[j,k,p];

subject to Supply {i in ORIG, p in PRODUCT}:
    sum {j in PLATFORM} Xin[i,j,p] <= supply[i,p];

subject to Demand {k in DEST, p in PRODUCT}:
    sum {j in PLATFORM} Xout[j,k,p] = demand[k,p];

subject to Limit_1 {j in PLATFORM, p in PRODUCT}:
    sum {i in ORIG} Xin[i,j,p] <= capac_prod[j,p]* Y[j];

```

subject to Limit_2 {j in PLATFORM}:

$$\sum \{p \text{ in } \text{PRÓDUCT}, i \text{ in } \text{ORIG}\} \text{Xin}[i,j,p] \leq \text{totalcapacity}[j] * \text{Y}[j];$$

subject to equilibrium {j in PLATFORM, p in PRODUCT}:

$$\sum \{i \text{ in } \text{ORIG}\} \text{beta}[j,p] * \text{Xin}[i,j,p] - \sum \{k \text{ in } \text{DEST}\} \text{Xout}[j,k,p] = 0;$$

subject to number:

$$\sum \{j \text{ in } \text{PLATFORM}\} \text{Y}[j] \leq 6;$$

ANEXO II – Dados do Modelo

```

set ORIG      := ACAI,ARAG,DOUR,CUI,LOND,CG;
set PLATFORM:= ITQ,TUB,SAT,PAR,SFS,RG;
set DEST      := HAM,ROT,SHG;
set INSUM     := Soy;
set PRODUCT  := Soy,Bran,Oil;
set SERVICE   := ARM,ESM,PROD;

```

param: supply:=

ACAI	Soy	70000
ARAG	Soy	80000
DOUR	Soy	200000
CUI	Soy	250000
LOND	Soy	300000
CG	Soy	300000;

param: demand_max:=

HAM	Soy	1200000
HAM	Bran	960000
HAM	Oil	240000
ROT	Soy	1200000
ROT	Bran	960000
ROT	Oil	240000
SHG	Soy	1200000
SHG	Bran	960000
SHG	Oil	240000;

param: beta:=

ITQ	ARM	Soy	Soy	1
ITQ	ARM	Soy	Bran	0
ITQ	ARM	Soy	Oil	0
ITQ	ESM	Soy	Soy	0
ITQ	ESM	Soy	Bran	0.8
ITQ	ESM	Soy	Oil	0
ITQ	PROD	Soy	Soy	0
ITQ	PROD	Soy	Bran	0
ITQ	PROD	Soy	Oil	0.2
TUB	ARM	Soy	Soy	1
TUB	ARM	Soy	Bran	0
TUB	ARM	Soy	Oil	0
TUB	ESM	Soy	Soy	0
TUB	ESM	Soy	Bran	0.8
TUB	ESM	Soy	Oil	0
TUB	PROD	Soy	Soy	0
TUB	PROD	Soy	Bran	0
TUB	PROD	Soy	Oil	0.2
SAT	ARM	Soy	Soy	1
SAT	ARM	Soy	Bran	0
SAT	ARM	Soy	Oil	0
SAT	ESM	Soy	Soy	0
SAT	ESM	Soy	Bran	0.8
SAT	ESM	Soy	Oil	0
SAT	PROD	Soy	Soy	0
SAT	PROD	Soy	Bran	0

SAT	PROD	Soy	Oil	0.2
PAR	ARM	Soy	Soy	1
PAR	ARM	Soy	Bran	0
PAR	ARM	Soy	Oil	0
PAR	ESM	Soy	Soy	0
PAR	ESM	Soy	Bran	0.8
PAR	ESM	Soy	Oil	0
PAR	PROD	Soy	Soy	0
PAR	PROD	Soy	Bran	0
PAR	PROD	Soy	Oil	0.2
SFS	ARM	Soy	Soy	1
SFS	ARM	Soy	Bran	0
SFS	ARM	Soy	Oil	0
SFS	ESM	Soy	Soy	0
SFS	ESM	Soy	Bran	0.8
SFS	ESM	Soy	Oil	0
SFS	PROD	Soy	Soy	0
SFS	PROD	Soy	Bran	0
SFS	PROD	Soy	Oil	0.2
RG	ARM	Soy	Soy	1
RG	ARM	Soy	Bran	0
RG	ARM	Soy	Oil	0
RG	ESM	Soy	Soy	0
RG	ESM	Soy	Bran	0.8
RG	ESM	Soy	Oil	0
RG	PROD	Soy	Soy	0
RG	PROD	Soy	Bran	0
RG	PROD	Soy	Oil	0.2;

param: capac_prod :=

ITQ	ARM	100000
ITQ	ESM	100000
ITQ	PROD	50000
TUB	ARM	300000
TUB	ESM	100000
TUB	PROD	00000
SAT	ARM	200000
SAT	ESM	100000
SAT	PROD	60000
PAR	ARM	400000
PAR	ESM	280000
PAR	PROD	100000
SFS	ARM	100000
SFS	ESM	60000
SFS	PROD	50000
RG	ARM	100000
RG	ESM	90000
RG	PROD	50000;

param: totalcapacity:=

ITQ	250000
TUB	500000
SAT	360000
PAR	780000
SFS	210000
RG	240000;

param: costin:=

ACAI	ITQ	Soy	32
ACAI	TUB	Soy	99
ACAI	SAT	Soy	99
ACAI	PAR	Soy	99
ACAI	SFS	Soy	99
ACAI	RG	Soy	99
ARAG	ITQ	Soy	99
ARAG	TUB	Soy	50
ARAG	SAT	Soy	50
ARAG	PAR	Soy	40
ARAG	SFS	Soy	41
ARAG	RG	Soy	43
DOUR	ITQ	Soy	99
DOUR	TUB	Soy	26
DOUR	SAT	Soy	48
DOUR	PAR	Soy	46
DOUR	SFS	Soy	40
DOUR	RG	Soy	41
CUI	ITQ	Soy	99
CUI	TUB	Soy	62
CUI	SAT	Soy	42
CUI	PAR	Soy	25
CUI	SFS	Soy	27
CUI	RG	Soy	28
LOND	ITQ	Soy	99
LOND	TUB	Soy	28
LOND	SAT	Soy	20
LOND	PAR	Soy	25
LOND	SFS	Soy	25
LOND	RG	Soy	27
CG	ITQ	Soy	99
CG	TUB	Soy	99
CG	SAT	Soy	20
CG	PAR	Soy	22
CG	SFS	Soy	23
CG	RG	Soy	25;

param: costout:=

ITQ	HAM	Soy	35
ITQ	HAM	Bran	35
ITQ	HAM	Oil	35
ITQ	ROT	Soy	35
ITQ	ROT	Bran	35
ITQ	ROT	Oil	35
ITQ	SHG	Soy	40
ITQ	SHG	Bran	40
ITQ	SHG	Oil	40
TUB	HAM	Soy	35
TUB	HAM	Bran	35
TUB	HAM	Oil	35
TUB	ROT	Soy	35
TUB	ROT	Bran	35
TUB	ROT	Oil	35
TUB	SHG	Soy	40

TUB	SHG	Bran	40
TUB	SHG	Oil	40
SAT	HAM	Soy	40
SAT	HAM	Bran	40
SAT	HAM	Oil	40
SAT	ROT	Soy	40
SAT	ROT	Bran	40
SAT	ROT	Oil	40
SAT	SHG	Soy	45
SAT	SHG	Bran	45
SAT	SHG	Oil	45
PAR	HAM	Soy	49
PAR	HAM	Bran	49
PAR	HAM	Oil	49
PAR	ROT	Soy	49
PAR	ROT	Bran	49
PAR	ROT	Oil	49
PAR	SHG	Soy	57
PAR	SHG	Bran	57
PAR	SHG	Oil	57
SFS	HAM	Soy	49
SFS	HAM	Bran	49
SFS	HAM	Oil	49
SFS	ROT	Soy	49
SFS	ROT	Bran	49
SFS	ROT	Oil	49
SFS	SHG	Soy	57
SFS	SHG	Bran	57
SFS	SHG	Oil	57
RG	HAM	Soy	49
RG	HAM	Bran	49
RG	HAM	Oil	49
RG	ROT	Soy	49
RG	ROT	Bran	49
RG	ROT	Oil	49
RG	SHG	Soy	57
RG	SHG	Bran	57
RG	SHG	Oil	57;

param: fcost:=

ITQ	500000
TUB	500000
SAT	500000
PAR	500000
SFS	500000
RG	500000;

param: gserv:=

ITQ	ARM	50000
ITQ	ESM	40000
ITQ	PROD	80000
TUB	ARM	50000
TUB	ESM	60000
TUB	PROD	80000
SAT	ARM	60000
SAT	ESM	70000

SAT	PROD	80000
PAR	ARM	50000
PAR	ESM	60000
PAR	PROD	80000
SFS	ARM	60000
SFS	ESM	70000
SFS	PROD	80000
RG	ARM	60000
RG	ESM	70000
RG	PROD	80000;

param: alfa:=

ITQ	ARM	Soy	18
ITQ	ESM	Soy	20
ITQ	PROD	Soy	22
TUB	ARM	Soy	15
TUB	ESM	Soy	20
TUB	PROD	Soy	21
SAT	ARM	Soy	16
SAT	ESM	Soy	22
SAT	PROD	Soy	23
PAR	ARM	Soy	15
PAR	ESM	Soy	18
PAR	PROD	Soy	19
SFS	ARM	Soy	17
SFS	ESM	Soy	20
SFS	PROD	Soy	21
RG	ARM	Soy	17
RG	ESM	Soy	21
RG	PROD	Soy	22;

param: price:=

HAM	Soy	290
HAM	Bran	250
HAM	Oil	350
ROT	Soy	290
ROT	Bran	250
ROT	Oil	350
SHG	Soy	290
SHG	Bran	250
SHG	Oil	350;

ANEXO III

1) Resultados do modelo para $Z \leq 6$ terminais especializados

```

sw: ampl
ampl: model MOD4_V17_multicommodity.mod;
ampl: data MOD4_V17_multicommodity.dat;
ampl: solve;
MINOS 5.5: ignoring integrality of 24 variables
MINOS 5.5: optimal solution found.
76 iterations, objective 241910000
ampl: option solver cplex;
ampl: solve;
CPLEX 8.0.0: optimal integer solution; objective 241910000
82 MIP simplex iterations
0 branch-and-bound nodes
ampl: option display_round 0;
ampl: display Y;
Y [*] :=
ITQ      1
PAR      1
RG       1
SAT      1
SFS      1
TUB      1;

ampl: display Yserv;
Yserv :=
ITQ  ARM  1
ITQ  ESM  0
ITQ  PRO  0
PAR  ARM  1
PAR  ESM  0
PAR  PROD 0
RG   ARM  1
RG   ESM  0
RG   PROD 0
SAT  ARM  1
SAT  ESM  0
SAT  PROD 0
SFS  ARM  1
SFS  ESM  0
SFS  PROD 0
TUB  ARM  1
TUB  ESM  0
TUB  PROD 0;

ampl: display Xin;
Xin [*,*,ARM,Soy]
:   ITQ      PAR      RG      SAT      SFS      TUB      :=
ACAI  70000      0      0      0      0      0
ARAG  30000  50000      0      0      0      0
CG     0  200000      0      0  100000      0
CUI     0  150000  100000      0      0      0
DOUR     0      0      0      0      0  200000
LOND     0      0      0  200000      0  100000

```

```

[*,* ,ESM,Soy]
:      ITQ PAR  RG SAT SFS TUB  :=
ACAI   0  0  0  0  0  0
ARAG   0  0  0  0  0  0
CG      0  0  0  0  0  0
CUI     0  0  0  0  0  0
DOUR   0  0  0  0  0  0
LOND   0  0  0  0  0  0

```

```

[*,* ,PROD,Soy]
:      ITQ PAR  RG SAT SFS TUB  :=
ACAI   0  0  0  0  0  0
ARAG   0  0  0  0  0  0
CG      0  0  0  0  0  0
CUI     0  0  0  0  0  0
DOUR   0  0  0  0  0  0
LOND   0  0  0  0  0  0;

```

```

ampl: display Xout;
Xout [* ,HAM,ARM,*]
:  Bran  Oil  Soy  :=
ITQ   0    0 100000
PAR   0    0    0
RG    0    0 100000
SAT   0    0    0
SFS   0    0 100000
TUB   0    0    0

```

```

[* ,HAM,ESM,*]
:  Bran  Oil  Soy  :=
ITQ   0    0    0
PAR   0    0    0
RG    0    0    0
SAT   0    0    0
SFS   0    0    0
TUB   0    0    0

```

```

[* ,HAM,PROD,*]
:  Bran  Oil  Soy  :=
ITQ   0    0    0
PAR   0    0    0
RG    0    0    0
SAT   0    0    0
SFS   0    0    0
TUB   0    0    0

```

```

[* ,ROT,ARM,*]
:  Bran  Oil  Soy  :=
ITQ   0    0    0
PAR   0    0 400000
RG    0    0    0
SAT   0    0 200000
SFS   0    0    0
TUB   0    0 300000

```

[* ,ROT,ESM,*]			
	: Bran	Oil	Soy :=
ITQ	0	0	0
PAR	0	0	0
RG	0	0	0
SAT	0	0	0
SFS	0	0	0
TUB	0	0	0

[* ,ROT,PROD,*]			
	: Bran	Oil	Soy :=
ITQ	0	0	0
PAR	0	0	0
RG	0	0	0
SAT	0	0	0
SFS	0	0	0
TUB	0	0	0

[* ,SHG,ARM,*]			
	: Bran	Oil	Soy :=
ITQ	0	0	0
PAR	0	0	0
RG	0	0	0
SAT	0	0	0
SFS	0	0	0
TUB	0	0	0

[* ,SHG,ESM,*]			
	: Bran	Oil	Soy :=
ITQ	0	0	0
PAR	0	0	0
RG	0	0	0
SAT	0	0	0
SFS	0	0	0
TUB	0	0	0

[* ,SHG,PROD,*]			
	: Bran	Oil	Soy :=
ITQ	0	0	0
PAR	0	0	0
RG	0	0	0
SAT	0	0	0
SFS	0	0	0
TUB	0	0	0;

2) Resultados do modelo para $Z \leq 5$ terminais especializados

```

sw: ampl
ampl: model MOD4_V17_multicommodity.mod;
ampl: data MOD4_V17_multicommodity.dat;
ampl: solve;
MINOS 5.5: ignoring integrality of 24 variables
MINOS 5.5: optimal solution found.
70 iterations, objective 236387000
ampl: option solver cplex;
ampl: solve;
CPLEX 8.0.0: optimal integer solution; objective 235100000
89 MIP simplex iterations
0 branch-and-bound nodes
ampl: option display_round 0;
ampl: display Y;
Y [*] :=
ITQ    1
PAR    1
RG     0
SAT    1
SFS    1
TUB    1;

```

```
ampl: display Yserv;
```

```

Yserv :=
ITQ  ARM    1
ITQ  ESM    0
ITQ  PROA   0
PAR  ARM    1
PAR  ESM    0
PAR  PROD   0
RG   ARM    0
RG   ESM    0
RG   PROD   0
SAT  ARM    1
SAT  ESM    1
SAT  PROD   0
SFS  ARM    1
SFS  ESM    0
SFS  PROD   0
TUB  ARM    1
TUB  ESM    0
TUB  PROD   0;

```

```
ampl: display Xin;
```

```

Xin [*,*,ARM,Soy]
:   ITQ   PAR      RG    SAT    SFS    TUB   :=
ACAI   70000    0      0      0      0      0
ARAG   30000  50000    0      0      0      0
CG      0  100000    0  100000  100000    0
CUI     0  250000    0      0      0      0
DOUR    0      0      0      0      0  200000
LOND    0      0      0  100000    0  100000

```

```
[*,*,ESM,Soy]
```

```

:   ITQ   PAR      RG    SAT    SFS    TUB   :=
ACAI    0      0      0      0      0      0
ARAG    0      0      0      0      0      0
CG      0      0      0      0      0      0

```

CUI	0	0	0	0	0	0
DOUR	0	0	0	0	0	0
LOND	0	0	0	100000	0	0

```

[* ,*,PROD,Soy]
: ITQ   PAR   RG   SAT   SFS   TUB :=
ACAI   0     0     0     0     0     0
ARAG   0     0     0     0     0     0
CG     0     0     0     0     0     0
CUI    0     0     0     0     0     0
DOUR   0     0     0     0     0     0
LOND   0     0     0     0     0     0;

```

```

ampl: display Xout;
Xout [* ,HAM,ARM,*]
: Bran Oil Soy :=
ITQ   0  0  0
PAR   0  0 400000
RG    0  0  0
SAT   0  0  0
SFS   0  0 100000
TUB   0  0  0

```

```

[* ,HAM,ESM,*]
: Bran Oil Soy :=
ITQ   0  0  0
PAR   0  0  0
RG    0  0  0
SAT  80000 0  0
SFS   0  0  0
TUB   0  0  0

```

```

[* ,HAM,PROD,*]
: Bran Oil Soy :=
ITQ   0  0  0
PAR   0  0  0
RG    0  0  0
SAT   0  0  0
SFS   0  0  0
TUB   0  0  0

```

```

[* ,ROT,ARM,*]
: Bran Oil Soy :=
ITQ   0  0 100000
PAR   0  0  0
RG    0  0  0
SAT   0  0 200000
SFS   0  0  0
TUB   0  0 300000

```

```

[* ,ROT,ESM,*]
: Bran Oil Soy :=
ITQ   0  0  0
PAR   0  0  0
RG    0  0  0
SAT   0  0  0
SFS   0  0  0
TUB   0  0  0

```

```
[*,ROT,PROD,*]
:      Bran Oil Soy :=
ITQ    0    0    0
PAR    0    0    0
RG     0    0    0
SAT    0    0    0
SFS    0    0    0
TUB    0    0    0
```

```
[*,SHG,ARM,*]
:      Bran Oil Soy :=
ITQ    0    0    0
PAR    0    0    0
RG     0    0    0
SAT    0    0    0
SFS    0    0    0
TUB    0    0    0
```

```
[*,SHG,ESM,*]
:      Bran Oil Soy :=
ITQ    0    0    0
PAR    0    0    0
RG     0    0    0
SAT    0    0    0
SFS    0    0    0
TUB    0    0    0
```

```
[*,SHG,PROD,*]
:      Bran Oil Soy :=
ITQ    0    0    0
PAR    0    0    0
RG     0    0    0
SAT    0    0    0
SFS    0    0    0
TUB    0    0    0;
```

3) Resultados do modelo para $Z \leq 4$ terminais especializados

```

sw: ampl
ampl: model MOD4_V17_multicommodity.mod;
ampl: data MOD4_V17_multicommodity.dat;
ampl: solve;
MINOS 5.5: ignoring integrality of 24 variables
MINOS 5.5: optimal solution found.
68 iterations, objective 229247000
ampl: option solver cplex;
ampl: solve;
CPLEX 8.0.0: optimal integer solution; objective 227900000
92 MIP simplex iterations
0 branch-and-bound nodes
ampl: display Y;
Y [*] :=
ITQ    1
PAR    1
RG     0
SAT    1
SFS    0
TUB    1;

ampl: display Yserv;
Yserv :=
ITQ  ARM    1
ITQ  ESM    0
ITQ  PROA   0
PAR  ARM    1
PAR  ESM    0
PAR  PROD   0
RG   ARM    0
RG   ESM    0
RG   PROD   0
SAT  ARM    1
SAT  ESM    1
SAT  PROD   0
SFS  ARM    0
SFS  ESM    0
SFS  PROD   0
TUB  ARM    1
TUB  ESM    1
TUB  PROD   0;

ampl: option display_round 0;
ampl: display Xin;
Xin [*,*,ARM,Soy]
:      ITQ   PAR  RG  SAT  SFS  TUB  :=
ACAI   70000   0   0   0   0   0
ARAG   30000  50000  0   0   0   0
CG      0  100000  0  200000  0   0
CUI     0  250000  0   0   0   0
DOUR    0     0   0   0   0  100000
LOND    0     0   0   0   0  200000

[*,*,ESM,Soy]
:      ITQ  PAR  RG  SAT  SFS  TUB  :=
ACAI   0   0   0   0   0   0
ARAG   0   0   0   0   0   0

```


CG	0	0	0	0	0	0
CUI	0	0	0	0	0	0
DOUR	0	0	0	0	0	100000
LOND	0	0	0	100000	0	0

```

[* ,*,PROD,Soy]
:      ITQ PAR RG SAT SFS TUB :=
ACAI   0  0  0  0  0  0
ARAG   0  0  0  0  0  0
CG      0  0  0  0  0  0
CUI     0  0  0  0  0  0
DOUR   0  0  0  0  0  0
LOND   0  0  0  0  0  0;

```

```

ampl: display Xout;
Xout [* ,HAM,ARM,*]
:      Bran Oil  Soy :=
ITQ    0  0 100000
PAR    0  0 400000
RG     0  0   0
SAT    0  0   0
SFS    0  0   0
TUB    0  0   0

```

```

[* ,HAM,ESM,*]
:      Bran  Oil  Soy :=
ITQ    0  0   0
PAR    0  0   0
RG     0  0   0
SAT   80000  0  0
SFS    0  0   0
TUB   80000  0  0

```

```

[* ,HAM,PROD,*]
:      Bran  Oil  Soy :=
ITQ    0  0   0
PAR    0  0   0
RG     0  0   0
SAT    0  0   0
SFS    0  0   0
TUB    0  0   0

```

```

[* ,ROT,ARM,*]
:      Bran  Oil  Soy :=
ITQ    0  0   0
PAR    0  0   0
RG     0  0   0
SAT    0  0 200000
SFS    0  0   0
TUB    0  0 300000

```

```

[* ,ROT,ESM,*]
:      Bran  Oil  Soy :=
ITQ    0  0   0
PAR    0  0   0
RG     0  0   0
SAT    0  0   0
SFS    0  0   0
TUB    0  0   0

```

```

[* ,ROT,PROD,*]
:   Bran Oil Soy :=
ITQ   0 0 0
PAR   0 0 0
RG    0 0 0
SAT   0 0 0
SFS   0 0 0
TUB   0 0 0

```

```

[* ,SHG,ARM,*]
:   Bran Oil Soy :=
ITQ   0 0 0
PAR   0 0 0
RG    0 0 0
SAT   0 0 0
SFS   0 0 0
TUB   0 0 0

```

```

[* ,SHG,ESM,*]
:   Bran Oil Soy :=
ITQ   0 0 0
PAR   0 0 0
RG    0 0 0
SAT   0 0 0
SFS   0 0 0
TUB   0 0 0

```

```

[* ,SHG,PROD,*]
:   Bran Oil Soy :=
ITQ   0 0 0
PAR   0 0 0
RG    0 0 0
SAT   0 0 0
SFS   0 0 0
TUB   0 0 0;

```

4) Resultados do modelo para $Z \leq 3$ terminais especializados

```

sw: ampl
ampl: model MOD4_V17_multicommodity.mod;
ampl: data MOD4_V17_multicommodity.dat;
ampl: solve;
MINOS 5.5: ignoring integrality of 24 variables
MINOS 5.5: optimal solution found.
55 iterations, objective 217698071.4
ampl: option solver cplex;
ampl: solve;
CPLEX 8.0.0: optimal integer solution; objective 216470000
100 MIP simplex iterations
0 branch-and-bound nodes
ampl: display Y;
Y [*] :=
ITQ    0
PAR    1
RG     0
SAT    1
SFS    0
TUB    1;

```

```
ampl: display Yserv;
```

```

Yserv :=
ITQ  ARM    0
ITQ  ESM    0
ITQ  PROA   0
PAR  ARM    1
PAR  ESM    1
PAR  PROD   0
RG   ARM    0
RG   ESM    0
RG   PROD   0
SAT  ARM    1
SAT  ESM    1
SAT  PROD   0
SFS  ARM    0
SFS  ESM    0
SFS  PROD   0
TUB  ARM    1
TUB  ESM    1
TUB  PROD   0;

```

```
ampl: option display_round 0;
```

```
ampl: display Xin;
```

```
Xin [*,*,ARM,Soy]
```

```

: ITQ  PAR  RG  SAT  SFS  TUB  :=
ACAI   0    0  0   0   0   70000
ARAG   0    0  0   0   0    0
CG     0 170000 0 130000 0    0
CUI    0 230000 0   0   0    0
DOUR   0    0  0   0   0 100000
LOND   0    0  0 70000 0 130000

```

```
[*,*,ESM,Soy]
```

```

: ITQ  PAR  RG  SAT  SFS  TUB  :=
ACAI   0    0  0   0   0    0

```

ARAG	0	80000	0	0	0	0
CG	0	0	0	0	0	0
CUI	0	20000	0	0	0	0
DOUR	0	0	0	0	0	100000
LOND	0	0	0	100000	0	0

```

[* ,*,PROD,Soy]
:      ITQ PAR  RG SAT SFS TUB  :=
ACAI   0  0  0  0  0  0
ARAG   0  0  0  0  0  0
CG     0  0  0  0  0  0
CUI    0  0  0  0  0  0
DOUR   0  0  0  0  0  0
LOND   0  0  0  0  0  0;

```

```

ampl: display Xout;
Xout [* ,HAM,ARM,*]
:      Bran Oil  Soy  :=
ITQ    0  0  0
PAR    0  0  400000
RG     0  0  0
SAT    0  0  0
SFS    0  0  0
TUB    0  0  0

```

```

[* ,HAM,ESM,*]
:      Bran Oil  Soy  :=
ITQ    0  0  0
PAR    80000 0  0
RG     0  0  0
SAT    80000 0  0
SFS    0  0  0
TUB    80000 0  0

```

```

[* ,HAM,PROD,*]
:      Bran Oil      Soy  :=
ITQ    0  0  0
PAR    0  0  0
RG     0  0  0
SAT    0  0  0
SFS    0  0  0
TUB    0  0  0

```

```

[* ,ROT,ARM,*]
:      Bran Oil      Soy  :=
ITQ    0  0  0
PAR    0  0  0
RG     0  0  0
SAT    0  0  200000
SFS    0  0  0
TUB    0  0  300000

```

```

[* ,ROT,ESM,*]
:      Bran Oil      Soy  :=
ITQ    0  0  0
PAR    0  0  0
RG     0  0  0
SAT    0  0  0
SFS    0  0  0
TUB    0  0  0

```

```
[*,ROT,PROD,*]
:      Bran Oil Soy :=
ITQ   0 0 0
PAR   0 0 0
RG    0 0 0
SAT   0 0 0
SFS   0 0 0
TUB   0 0 0
```

```
[*,SHG,ARM,*]
:      Bran Oil Soy :=
ITQ   0 0 0
PAR   0 0 0
RG    0 0 0
SAT   0 0 0
SFS   0 0 0
TUB   0 0 0
```

```
[*,SHG,ESM,*]
:      Bran Oil Soy :=
ITQ   0 0 0
PAR   0 0 0
RG    0 0 0
SAT   0 0 0
SFS   0 0 0
TUB   0 0 0
```

```
[*,SHG,PROD,*]
:      Bran Oil Soy :=
ITQ   0 0 0
PAR   0 0 0
RG    0 0 0
SAT   0 0 0
SFS   0 0 0
TUB   0 0 0;
```

5) Resultados do modelo para $Z \leq 2$ terminais especializados

```

sw: ampl
ampl: model MOD4_V17_multicommodity.mod;
ampl: data MOD4_V17_multicommodity.dat;
ampl: solve;
MINOS 5.5: ignoring integrality of 24 variables
MINOS 5.5: optimal solution found.
59 iterations, objective 189034000
ampl: option solver cplex;
ampl: solve;
CPLEX 8.0.0: optimal integer solution; objective 189014000
120 MIP simplex iterations
0 branch-and-bound nodes
ampl: display Y;
Y [*] :=
ITQ    0
PAR    1
RG     0
SAT    0
SFS    0
TUB    1;

ampl: display Yserv;
Yserv :=
ITQ  ARM  0
ITQ  ESM  0
ITQ  PROD 0
PAR  ARM  1
PAR  ESM  1
PAR  PROD 0
RG   ARM  0
RG   ESM  0
RG   PROD 0
SAT  ARM  0
SAT  ESM  0
SAT  PROD 0
SFS  ARM  0
SFS  ESM  0
SFS  PROD 0
TUB  ARM  1
TUB  ESM  1
TUB  PROD 0;

ampl: option display_round 0;
ampl: display Xin;
Xin [*,*,ARM,Soy]
:      ITQ  PAR  RG  SAT  SFS  TUB  :=
ACAI   0    0    0  0    0    0
ARAG   0 30000 0  0    0    0
CG     0 300000 0  0    0    0
CUI    0 70000 0  0    0    0
DOUR   0    0    0  0    0 100000
LOND   0    0    0  0    0 200000

```

```

[* ,*,ESM,Soy]
:      ITQ  PAR  RG  SAT  SFS  TUB  :=
ACAI   0    0    0    0    0    0
ARAG   0    0    0    0    0    0
CG     0    0    0    0    0    0
CUI    0 180000 0    0    0    0
DOUR   0    0    0    0    0 100000
LOND   0 100000 0    0    0    0

```

```

[* ,*,PROD,Soy]
:      ITQ  PAR  RG  SAT  SFS  TUB  :=
ACAI   0    0    0    0    0    0
ARAG   0    0    0    0    0    0
CG     0    0    0    0    0    0
CUI    0    0    0    0    0    0
DOUR   0    0    0    0    0    0
LOND   0    0    0    0    0    0
;

```

ampl: display Xout;

Xout [* ,HAM,ARM,*]

```

:      Bran Oil  Soy  :=
ITQ   0  0  0
PAR   0  0 400000
RG    0  0  0
SAT   0  0  0
SFS   0  0  0
TUB   0  0  0

```

[* ,HAM,ESM,*]

```

:      Bran Oil  Soy  :=
ITQ   0  0  0
PAR 224000 0  0
RG    0  0  0
SAT   0  0  0
SFS   0  0  0
TUB 80000 0  0

```

[* ,HAM,PROD,*]

```

:      Bran  Oil  Soy  :=
ITQ   0    0    0
PAR   0    0    0
RG    0    0    0
SAT   0    0    0
SFS   0    0    0
TUB   0    0    0

```

[* ,ROT,ARM,*]

```

:      Bran  Oil  Soy  :=
ITQ   0    0    0
PAR   0    0    0
RG    0    0    0
SAT   0    0    0
SFS   0    0    0
TUB   0    0 300000

```

[* ,ROT,ESM,*]

```

:      Bran  Oil  Soy  :=
ITQ   0    0    0
PAR   0    0    0

```

RG	0	0	0
SAT	0	0	0
SFS	0	0	0
TUB	0	0	0

[* ,ROT,PROD,*]
: Bran Oil Soy :=

ITQ	0	0	0
PAR	0	0	0
RG	0	0	0
SAT	0	0	0
SFS	0	0	0
TUB	0	0	0

[* ,SHG,ARM,*]
: Bran Oil Soy :=

ITQ	0	0	0
PAR	0	0	0
RG	0	0	0
SAT	0	0	0
SFS	0	0	0
TUB	0	0	0

[* ,SHG,ESM,*]
: Bran Oil Soy :=

ITQ	0	0	0
PAR	0	0	0
RG	0	0	0
SAT	0	0	0
SFS	0	0	0
TUB	0	0	0

[* ,SHG,PROD,*]
: Bran Oil Soy :=

ITQ	0	0	0
PAR	0	0	0
RG	0	0	0
SAT	0	0	0
SFS	0	0	0
TUB	0	0	0;

6) Resultados do modelo para Z = 1 terminal especializado

```

sw: ampl
ampl: model MOD4_V17_multicommodity.mod;
ampl: data MOD4_V17_multicommodity.dat;
ampl: solve;
MINOS 5.5: ignoring integrality of 24 variables
MINOS 5.5: optimal solution found.
59 iterations, objective 115214000
ampl: option solver cplex;
ampl: solve;
CPLEX 8.0.0: optimal integer solution; objective 115214000
132 MIP simplex iterations
0 branch-and-bound nodes
ampl: option display_round 0;
ampl: display Xin;
Xin [*,*,ARM,Soy]

```

```

:      ITQ  PAR  RG SAT SFS TUB  :=
ACAI   0    0   0  0  0  0
ARAG   0    0   0  0  0  0
CG     0 20000  0  0  0  0
CUI    0 150000 0  0  0  0
DOUR   0    0   0  0  0  0
LOND   0 230000 0  0  0  0

```

```

[*,*,ESM,Soy]
:      ITQ  PAR  RG SAT SFS TUB  :=
ACAI   0    0   0  0  0  0
ARAG   0    0   0  0  0  0
CG     0 280000  0  0  0  0
CUI    0    0   0  0  0  0
DOUR   0    0   0  0  0  0
LOND   0    0   0  0  0  0

```

```

[*,*,PROD,Soy]
:      ITQ  PAR  RG SAT SFS TUB  :=
ACAI   0    0   0  0  0  0
ARAG   0    0   0  0  0  0
CG     0    0   0  0  0  0
CUI    0 100000  0  0  0  0
DOUR   0    0   0  0  0  0
LOND   0    0   0  0  0  0;

```

```

ampl: display Xout;
Xout [*,HAM,ARM,*]
:      Bran  Oil  Soy  :=
ITQ    0    0    0
PAR    0    0 400000
RG     0    0    0
SAT    0    0    0
SFS    0    0    0
TUB    0    0    0

```

```

[*,HAM,ESM,*]
:      Bran  Oil  Soy  :=
ITQ    0    0    0
PAR 224000  0    0
RG     0    0    0
SAT    0    0    0
SFS    0    0    0

```

TUB 0 0 0

[*,HAM,PROD,*]

:	Bran	Oil	Soy	:=
ITQ	0	0	0	
PAR	0	20000	0	
RG	0	0	0	
SAT	0	0	0	
SFS	0	0	0	
TUB	0	0	0	

[*,ROT,ARM,*]

:	Bran	Oil	Soy	:=
ITQ	0	0	0	
PAR	0	0	0	
RG	0	0	0	
SAT	0	0	0	
SFS	0	0	0	
TUB	0	0	0	

[*,ROT,ESM,*]

:	Bran	Oil	Soy	:=
ITQ	0	0	0	
PAR	0	0	0	
RG	0	0	0	
SAT	0	0	0	
SFS	0	0	0	
TUB	0	0	0	

[*,ROT,PROD,*]

:	Bran	Oil	Soy	:=
ITQ	0	0	0	
PAR	0	0	0	
RG	0	0	0	
SAT	0	0	0	
SFS	0	0	0	
TUB	0	0	0	

[*,SHG,ARM,*]

:	Bran	Oil	Soy	:=
ITQ	0	0	0	
PAR	0	0	0	
RG	0	0	0	
SAT	0	0	0	
SFS	0	0	0	
TUB	0	0	0	

[*,SHG,ESM,*]

:	Bran	Oil	Soy	:=
ITQ	0	0	0	
PAR	0	0	0	
RG	0	0	0	
SAT	0	0	0	
SFS	0	0	0	
TUB	0	0	0	

```
[*,SHG,PROD,*]  
:      Bran Oil Soy :=  
ITQ    0 0 0  
PAR    0 0 0  
RG     0 0 0  
SAT    0 0 0  
SFS    0 0 0  
TUB    0 0 0;
```

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)