

**DOUGLAS TACLA**

**ESTUDO DE TRANSPORTE COLABORATIVO DE  
CARGAS DE GRANDE VOLUME, COM APLICAÇÃO  
EM CASO DE SOJA E FERTILIZANTES.**

Texto apresentado à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para obtenção do  
Título de Doutor em Engenharia, junto ao  
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica.

São Paulo  
2003

**DOUGLAS TACLA**

**ESTUDO DE TRANSPORTE COLABORATIVO DE  
CARGAS DE GRANDE VOLUME, COM APLICAÇÃO  
EM CASO DE SOJA E FERTILIZANTES.**

Texto apresentado à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para obtenção do  
Título de Doutor em Engenharia, junto ao  
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica.

Área de Concentração:  
Transportes e Sistemas Logísticos

Orientador:  
Prof. Livre Docente  
Rui Carlos Botter

São Paulo  
2003

## **Agradecimentos**

Sempre o meu maior agradecimento é para o Professor Livre Docente Doutor **Rui Carlos Botter**, meu Orientador. Dedicção, inteligência e uma capacidade fantástica, assim é o meu Mestre. Esta tese um resultado muito mais seu do que meu.

À **BUNGE BRASIL**, e em especial aos Senhores Ariosto Riva Neto e Francisco Sens e a Senhorita Suzi Suyama.

Ao Doutor **Celso Mitsuo Hino**, amigo e brilhante pesquisador, sem ele não haveria modelo, resultado ou tese; e à Eng<sup>a</sup> **Kátia Yagui** que sob a sua orientação transformou em números o nosso esforço.

Aos Professores Doutores **Marco Antonio Brinati, Orlando Fontes Lima Jr, João Vicente Caixeta Filho, e Hugo Yoshizaki** pelo incentivo e valiosa orientação.

A minha Mãe, meus Irmãos e Amigos quase irmãos que torceram, e sempre em especial a meu **Pai** que mesmo em outro plano mantém em mim viva a chama de seu amor. Meu Pai meu exemplo e minha eterna saudade.

Minha esposa e compreensiva companheira **Patrícia**, e a minha filhinha **Beatriz**, que chegou quase agora mas é a razão para seguir em frente.

À Deus.

## RESUMO

Esta pesquisa tem por objetivo realizar um estudo de “Transporte Colaborativo” para grandes volumes, especificamente para conjugação de cargas no transporte rodoviário, com aplicação para o caso Soja e Fertilizantes.

A proposta do trabalho é desenvolver uma metodologia capaz de conciliar as necessidades do transporte com as restrições impostas pelas necessidades das janelas de tempo, vindo a flexibilizar-se essas restrições, de modo a interferir nos níveis hierárquicos de decisão.

Com a profundidade adequada ao contexto, a pesquisa, então, estabelece como promover a interação com estes níveis, a saber: estratégico, tático, e operacional.

No nível estratégico: contribuir no planejamento dos locais e momentos de armazenagem dos produtos, de modo objetivo, determinando a seqüência de esvaziamento dos silos, visando a maximizar a conjugação de cargas. No nível tático: determinar o momento e origem da retirada dos produtos para a movimentação. No nível operacional: tratar especificamente a execução da conjugação das cargas, concretizando assim a metodologia desenvolvida nesta tese de doutorado, tendo sido esta metodologia fundamentada em uma modelagem matemática.

O resultado da aplicação da metodologia proposta deverá trazer importante economia no processo de execução do transporte, otimizando os recursos com a maximização dos percursos com carga e diminuindo o tempo desperdiçado entre cargas sucessivas.

O “Transporte Colaborativo” foi instituído como conceito no ano de 2000 nos Estados Unidos da América, surgindo a partir de uma segmentação e estudo particular do “CPFR” (Collaboration Planning, Forecasting, and Replenishment). A forma mais usual de aplicação do Transporte Colaborativo abrange os elementos de uma mesma cadeia de suprimentos, ou seja: compradores, vendedores e transportadores. Conceitualmente, a abrangência ocorre em três categorias principais: planejamento estratégico; previsão de demanda, re-suprimento; execução física. Nota-se que esta percepção está em linha com o objetivo desta pesquisa.

A questão nova a ser abordada, relativa ao conceito mais usual do Transporte Colaborativo, é a da colaboração entre empresas não integrantes da mesma cadeia de suprimentos que possuem logística complementar, como o elo clássico Comprador/Fornecedor.

A aplicação ao caso soja/fertilizantes está perfeitamente ajustada a esta condição, isto é: o transporte de soja é complementar ao de fertilizantes, ensejando com ênfase o transporte conjugado.

O resultado mais importante a ser conseguido no Transporte Colaborativo, a redução de custos com a maximização da utilização do recurso de transporte (caminhões no caso), tem como agente fundamental o transporte conjugado; no caso desta pesquisa, portanto, é atingido este fim, não com elementos da mesma cadeia de suprimentos mas que se complementam na logística.

O estudo de caso a receber a aplicação da metodologia proposta nesse trabalho refere-se à movimentação de soja e fertilizantes, com o objetivo claro de conjugar essas cargas e assim prover o transporte colaborativo entre as empresas. Para esse caso real a ser desenvolvido utilizou-se um banco de dados gerados nas empresas, que são as maiores no mercado brasileiro e mundial de Soja e Fertilizante, responsáveis juntas pela movimentação de mais de 30 milhões de toneladas por ano no Brasil. O banco de dados primário, disponível para a aplicação ao caso, possui 411.852 registros que refletem com exatidão todo o volume de carga movimentada no período de estudo.

Os resultados obtidos são muito satisfatórios e projetarão redução na conta de frete rodoviário da ordem de R\$120 milhões por ano se a metodologia aqui proposta for implantada em sua plenitude.

Os resultados numéricos completos e recomendações para continuidade da pesquisa são apresentados no final desta tese.

## Abstract

This research has the proposal to carry out a study of Collaboration Transportation of large volumes, especially for conjugation of cargoes in the trucking transportation, and the application in the case of Soy and Fertilizers. The purpose of this work is to present a capable methodology to reconcile the needs of the transport with the imposed time windows restraints, coming to help in those restraints to interfere in hierarchy the decision levels. It is shown the interface of the three hierarchy levels of decision: strategic, tactical, and operational.

The interface in the strategic level is to contribute in the planning of the locality and time of storage of the products, it means: to determine sequence and the moments to move products from the silos. In the tactical planning level is to determination of the time windows and origin of the products pick up until its handling. The operational level is the specific operation from the conjugation of the shipments; and this way consolidate the planning of the three hierarchy levels with the methodology application well founded at mathematical model, developed for this doctor's thesis.

The results of the application of this proposal should bring a huge economy in the trial of the execution of this transportation, optimizing the sources maximizing journeys with the handling of these shipments and reducing the time lost between successive shipments.

The "Collaborative Transportation" was established as a concept in 2002, emerging from segmentation and a private study of the "CPFR" (Collaboration, Planning, Forecasting, and Replenishment). Collaborative transportation takes place, conceptually, when one can use, or share, the same transportation facilities for a closed cycle of cargo moving. One would need to gather the participants of the same logistics chain, or shippers that might offer complementary cargo - such as cargos compatible with the transportation facilities available in the complementary route - thus securing the return cargo. The opportunities for collaboration among buyers, sellers and transportation companies take place in three main categories: strategic planning, demand forecast, re-supply, and execution. Collaborative Transportation as a new important tool in obtaining expected results, its actual application calls for an objective project for companies whose have complementary logistic, and not simple buyer/seller relationship

From the real case to be developed we obtained a database generated in the companies that are the biggest in the world and Brazilian market of Soy and Fertilizer, which in combination handle of more than 30 million/tons per year in Brazil. The available primary database for the application to this case possesses 411.852 records that reflect with accuracy the movement of all the shipment handled in the period of study.

The results obtained were very satisfactory. Those results project a freight reduction about R\$120 million per year, if the methodology will be totally established. The complete results and recommendations for research sequence are presented in the conclusion of this thesis.

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 OBJETIVOS DO TRABALHO E MOTIVAÇÃO PARA A PESQUISA.....	1
1.1 - Objetivo do Trabalho.....	1
1.2 - Motivação para a Pesquisa.....	4
1.3 - Delineamento do Trabalho .....	16
CAPÍTULO 2 DOS FUNDAMENTOS DA LOGÍSTICA À LOGÍSTICA COLABORATIVA .....	18
2.1 - Conceituação e Abrangência da Logística.....	18
2.2 - Evolução da Logística para a “Logística Colaborativa” .....	22
2.2.1 - Primeira Fase: Atuação Segmentada .....	22
2.2.2 - Segunda Fase: Integração Rígida.....	24
2.2.3 - Terceira Fase: Integração Flexível.....	26
2.2.4 - Quarta Fase: Integração Estratégica (SCM – Gerenciamento da cadeia de Suprimentos) .....	27
2.2.5 - Quinta Fase: Logística Colaborativa.....	29
2.3 - Transporte Colaborativo .....	33
2.4 - Apresentação de Casos Genéricos de Colaboração .....	36
2.4.1 - Caso Procter & Gamble/Carrefour Projeto “Backhauling” .....	36
2.4.2 - Caso Maggi .....	38
2.4.3 - Caso Cia Vale do Rio Doce .....	44
CAPÍTULO 3 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DE APLICAÇÃO DO TRANSPORTE COLABORATIVO: SOJA E FERTILIZANTES.....	50
3.1 - Características do Agro Negócio .....	50
3.1.1 - A Produção Agrícola .....	51
3.2 - A Agroindústria no Brasil, evolução e principais resultados em 2002.....	54
3.3 - Soja .....	59
3.3.1 - Da Origem da Soja a sua importância para o Brasil.....	59
3.3.2 - A importância da Soja no cenário agrícola e econômico no Brasil .....	60
3.3.3 - Processamento da Soja .....	64
3.3.4 - Movimentação da Soja .....	66
3.4 - Fertilizantes.....	68
3.4.1 - Nutrientes – Composição do Fertilizante.....	68
3.4.2 - Consumos de Fertilizantes .....	71
3.4.3 - Movimentação de Fertilizantes .....	73
3.5 - Características Operacionais do Transporte de Grãos e Fertilizantes.....	75
3.5.1 - A Matriz de Transporte e o Impacto no Escoamento da Carga Agrícola. ....	77
3.5.2 - A Utilização dos Recursos Logísticos e o impacto nos custos do transporte da carga agrícola. ....	80
CAPÍTULO 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	83
4.1 - Introdução .....	83
4.1.1 - Critérios para a Pesquisa.....	83

4.1.2 - Fontes para a Pesquisa e Autores.....	84
4.1.3 - Organização da Revisão Bibliográfica e a Contribuição para a Tese.....	87
4.2 - Expedição e programação de veículos em tempo real.....	90
4.2.1 - Introdução ao tema.....	90
4.2.2 - Genetic Algorithms for Vehicle Dispatching .....	92
4.2.3 - Real Time Decision Problems: an Operational Research Perspective. ..	97
4.2.4 - Semi-Variable delivery routes and efficiency of outbound logistics....	100
4.3 - Roteamento de Veículos com Carga de Retorno e Janela de Tempo .....	103
4.3.1 - Introdução ao Tema .....	103
4.3.2 - Dynamic vehicle routing: Status and Prospects.....	105
4.3.3 - A Tabu Search Heuristic for the Vehicle Routing Problem with backhauls and time Windows.....	109
4.3.4 - Heuristics Approaches to Vehicle Routing With Backhauls and Time Windows .....	116
4.3.5 - Outros Trabalhos Importantes Sobre o Tema .....	124
4.4 - Gerenciamento e Planificação de Frota .....	126
4.4.1 - Introdução ao Tema .....	126
4.4.2 - Dynamic Control of Multi-commodity Fleet Management Problems..	128
4.4.3 - A Dynamic Model and Algorithm for the Fleet Planning. ....	134
4.4.4 - A Comparison of Different Solution Approaches to the Vehicle Scheduling Problem in a Practical Case.....	140
4.4.5 - Outros Trabalhos Importantes Sobre o Tema.....	141
4.5 - Sistemas de Informações de Viagem Através de Inteligência Artificial, ....	142
4.5.1 - Introdução ao Tema .....	143
4.5.2 - Toward The Design Of Intelligent Traveler Information Systems.....	147
4.5.3 - Dynamics Of Commuting Decision Behaviour Under Advanced Traveller Information Systems.....	153
4.5.4 - Outros Trabalhos Importantes Sobre O Tema .....	158
4.6 - Sistemas de Apoio Hierarquizado à Decisão e Sistemas Comerciais de Gerenciamento de Transporte. ....	158
4.6.1 - Introdução ao Tema .....	158
4.6.2 - Sistemas e Apoio à decisão no campo da Gestão da Cadeia de Suprimentos, e Sistemas de Transportes – Uma Visão das Ferramentas Comerciais.....	159
4.6.3 - Planejamento e Projeto de bases de Modelos Quantitativos de Auxílio à Decisão.....	169
4.6.4 - Contribuição ao desenvolvimento de um Sistema logístico de Exportação e Importação de Produtos conteneurizados e suas relações com o Transporte Marítimo.....	179
4.7 - Transporte Colaborativo. ....	187
4.8 - Carga Geral e Equipamentos de Transporte Rodoviário. ....	192
4.8.1 - Equipamentos selecionados pelo Tipo de carga. ....	192
4.8.2 - Equipamentos selecionados pela característica técnico-operacional....	196
CAPÍTULO 5 DESCRIÇÃO DO CASO REAL E TRATAMENTO PRÉVIO DA BASE DE DADOS. ....	198
5.1 - Introdução ao Capítulo .....	198
5.2 - Descrição da base de dados .....	199

5.2.1 - Descrição das informações iniciais e formação da Base de Dados Definitiva.....	200
5.3 - Descrição do Caso Real.....	205
5.3.1 - Apresentação e Análise do Posicionamento Geográfico das Origens e Destinos de Soja e Fertilizante.....	208
5.3.2 - Volumes embarcados e recebidos de soja e fertilizantes.....	210
5.3.3 - Análise dos Volumes em Rotas Cruzadas, para Estados de origem e Destino.....	216
5.3.4 - Análise da sazonalidade das movimentações de soja e fertilizante.....	221
5.3.5 - Consolidação das sazonalidades.....	224
5.4 - Conjugação de Preliminar de Cargas através de heurística aplicada a pólos geográficos potenciais.....	227
5.4.1 - Pólos Geográficos Potenciais.....	228
5.4.2 - Tratamento das janelas de tempo de embarque da soja e fertilizante para a elaboração da heurística.....	232
5.4.3 - Descrição da Heurística utilizada na conjugação preliminar de cargas.....	237
5.4.4 - Desenvolvimento da Heurística passo a passo.....	238
Apresentação dos Resultados da Heurística Aplicada.....	242
5.5 - Consolidação dos Resultados Financeiros com a Heurística e Conclusão do Capítulo.....	244

## CAPÍTULO 6 METODOLOGIA PARA O TRANSPORTE COLABORATIVO DE CARGAS DE GRANDE VOLUME, POR MEIO DE MODELAGEM MATEMÁTICA.....

MATEMÁTICA.....	245
6.1 - Nível Hierárquico Estratégico.....	250
6.1.1 - BP para a Empresa A.....	251
6.1.2 - BP para a Empresa B.....	253
6.1.3 - Aplicação de modelagem matemática para o Nível Estratégico.....	254
6.1.4 - Premissas e lógica para o modelo matemático e metodologia para o Nível Estratégico.....	256
6.1.5 - Modelo Matemático: Nível Estratégico.....	257
6.2 - Nível Hierárquico: Tático.....	270
6.2.1 - Planejamento Tático da Empresa A.....	271
6.2.2 - Planejamento Tático da Empresa B.....	272
6.2.3 - Aplicação de modelagem matemática para o Nível Tático.....	273
6.2.4 - Premissas e lógica para o modelo matemático e metodologia para o Nível Tático.....	276
6.2.5 - Modelo Matemático: Nível Tático.....	279
6.3 - Nível Hierárquico: Operacional.....	284
6.3.1 - Descrição da Metodologia para a execução das cargas no nível hierárquico operacional.....	286

## CAPÍTULO 7 APLICAÇÃO EM CASO REAL “SOJA E FERTILIZANTE” ..... 288

7.1 - Introdução ao Capítulo.....	288
7.2 - Considerações e premissas assumidas para os fretes das viagens conjugadas.....	289
7.2.1 - Parâmetro de redução de fretes para cargas efetivamente conjugadas e cálculo dos fretes reais equivalentes por distância.....	290

7.3 - Implementação da metodologia por Pólo Geográfico .....	297
7.3.1 - Caracterização do Cenário – Pólo Geográfico: Estado do Rio Grande do Sul .....	300
7.4 - Implementação da Metodologia proposta para o Transporte Colaborativo ao caso Real: Pólo Rio Grande do Sul.....	302
7.4.1 - Descrição Física do caso real aplicado .....	303
7.5 - Cenários estudados .....	305
7.6 - Conclusões sobre os resultados.....	320
CAPÍTULO 8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	324
8.1 - Contribuições do trabalho.....	324
8.2 - Extrapolação dos resultados com a ampliação da aplicação ao caso real ao Brasil. ....	325
8.3 - Conclusões.....	327
8.4 - Recomendações para a continuidade da Pesquisa .....	329
8.5 - Comentários finais .....	330
CAPÍTULO 9 BIBLIOGRAFIA.....	331

## Índice de Figuras

<i>Figura 2-1: Fluxos na Cadeia Logística.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 2-2 : Gastos com Logística EUA, 2001 (Fonte: Cass/ProLogis.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 2-3: Fonte: Cass/ProLogis, 13 ° Annual State of Logistics Report .....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 2-4: Mapa do trecho utilizado no Projeto de exportação de Soja.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 2-5 e Figura 2-6: Barcaças em operação.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 3-1: Evolução da produção X área colhida.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 3-2 mostra a evolução da agroindústria.fonte: IBGE .....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 3-3: Safra 92/93 Mundial de Soja.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 3-4: Safra 02/03 Mundial de Soja.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 3-5: comparativo de produtividade da cultura da soja EUA X Brasil .....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 3-6: produtividade da cultura da soja no estado do MT. ....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 3-7: Evolução da área e produção de soja no MT .....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 3-8: Produto Integral da Soja.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 3-9: Produtos Sólidos da soja.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 3-10:- Representação da Movimentação de Grãos .....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 3-11: Nutrientes distribuídos no ano .....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 3-12: Localização dos nutrientes NPK no Brasil .....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 3-13: Ilustração do Cenário Logístico do Fertilizante no Brasil.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 3-14: Mercado de Fertilizantes no Brasil.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 3-15: Fertilizantes por cultura.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 3-16:- distribuição da safra em 2001 por região, fonte: IBGE.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 3-17: Consumo de Fertilizantes nas regiões do Brasil.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 3-18: Sazonalidade no consumo de Fertilizantes .....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 3-19: Gráfico da distribuição dos modais de Transportes no Brasil (fonte: GEIPOT).....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 3-20: Modais na Soja - Brasil &amp; EUA (fonte: Gazeta Mercantil 07/04/2001) .....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 4-1: Ilustração representando o procedimento 2-opt*.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 4-2: Exemplo ilustrativo de “Or-opt” .....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 4-3: Exemplo ilustrativo de “Swap” .....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 4-4: Exemplo de rede se serviços com 2 tipos de veículos. ....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 4-5: Sistema de planejamento de frota dinâmico de N estágios.....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 4-6: Fotos sistema de rastreamento.....</i>	<i>146</i>
<i>Figura 4-7: Layout do monitor .....</i>	<i>156</i>
<i>Figura 4-8: Ilustração da Cadeia de Suprimentos .....</i>	<i>160</i>
<i>Figura 4-9: Matriz Topologia (extraída de Yoshizaki, 96).....</i>	<i>172</i>
<i>Figura 4-10: Hierarquia de decisão .....</i>	<i>174</i>
<i>Figura 4-11: A espiral de projeto da base de modelos quantitativos.....</i>	<i>178</i>
<i>Figura 4-12: Exemplo de redes em arcos viáveis (rede logística) .....</i>	<i>185</i>
<i>Figura 4-13: Caminhão Tipo Truck.....</i>	<i>197</i>
<i>Figura 4-14: Caminhão Tipo Carreta .....</i>	<i>197</i>
<i>Figura 5-1: Posicionamento das Unidades das Empresas A e B .....</i>	<i>209</i>
<i>Figura 5-2: Tabela com destinos da Soja e origens do fertilizante; e Gráficos com destinos da Soja e origens do fertilizante. ....</i>	<i>216</i>
<i>Figura 5-3: Destinos da Soja e Origens do fertilizante compilados .....</i>	<i>218</i>
<i>Figura 5-4: Origens da Soja e destinos do fertilizante.....</i>	<i>219</i>

<i>Figura 5-5: Origens da Soja e Destinos do fertilizante compilados</i> .....	221
<i>Figura 5-6: Gráfico com a distribuição temporal da movimentação de fertilizante, em toneladas.</i> .....	223
<i>Figura 5-7: Gráfico com a distribuição temporal da movimentação de soja, em toneladas.</i> .....	224
<i>Figura 5-8: Gráfico com a sobreposição da distribuição dos volumes transportados de soja em números absolutos (t).</i> .....	225
<i>Figura 5-9: Gráfico com a sobreposição da distribuição dos volumes transportados de soja em proporção percentual</i> .....	226
<i>Figura 5-10: Gráfico com a distribuição dos volumes nos meses para localidades no RS</i> .....	227
<i>Figura 5-11: Mapa com as Unidades de A e B com os potenciais (rotas e pólos) de sinergia</i> .....	231
<i>Figura 5-12: Gráfico com a distribuição dos volumes nos meses para o pólo número 1</i> .....	232
<i>Figura 5-13: Gráfico com a distribuição dos volumes por semana e na rota Cubatão SP/Alto Taquari MT</i> .....	233
<i>Figura 5-14: Gráfico com a distribuição dos volumes por semana e na rota Cubatão SP/Cuibá MT</i> .....	234
<i>Figura 5-15: Gráfico com a distribuição dos volumes por semana e na rota Cubatão SP/Parecis MT</i> .....	234
<i>Figura 5-16: Gráfico com a distribuição dos volumes por semana e na rota Cubatão SP/C. Júlio e Alto Taquari MT</i> .....	235
<i>Figura 5-17: Gráfico com a distribuição dos volumes por semana e na rota Cubatão SP/Diamantino e Alto Taquari MT</i> .....	235
<i>Figura 5-18: Gráfico com a distribuição dos volumes por semana e na rota Cubatão SP/Sapezal e Alto Taquari MT</i> .....	236
<i>Figura 5-19: Gráfico com a distribuição dos volumes por semana e na rota Cubatão SP/Primavera do Leste e Alto Taquari MT</i> .....	236
<i>Figura 5-20: Gráfico com a distribuição dos volumes por semana e na rota Cubatão SP/Primavera do Leste e Alto Taquari MT</i> .....	237
<i>Figura 5-21: Entrada dos dados na planilha</i> .....	239
<i>Figura 5-22: Cálculo das rotas conjugadas na mesma semana de referência</i> .....	239
<i>Figura 5-23: Fórmulas para conjugação de cargas na semana anterior</i> .....	240
<i>Figura 5-24: Tabela dinâmica para conjugação de cargas na semana anterior</i> ....	240
<i>Figura 5-25: Fórmulas para conjugação de cargas na semana posterior</i> .....	240
<i>Figura 5-26: Tabela dinâmica para conjugação de cargas na semana posterior</i> ..	241
<i>Figura 5-27: Fórmulas para o cálculo final da conjugação de rotas do pólo</i> .....	241
<i>Figura 5-28: Transcrição dos resultados do pólo</i> .....	241
<i>Figura 5-29: Detalhamento dos resultados do Pólo número 1</i> .....	242
<i>Figura 5-30: Detalhamento dos resultados do Pólo número 2</i> .....	243
<i>Figura 5-31: Detalhamento dos resultados do Pólo número 3</i> .....	243
<i>Figura 5-32: Detalhamento dos resultados do Pólo número 4</i> .....	243
<i>Figura 6-1: Descrição geral da metodologia.</i> .....	249
<i>Figura 6-2 Tomada de decisões até o Planejamento Logístico da Empresa A</i> .....	252
<i>Figura 6-3: Tomada de decisões até o Planejamento Logístico da Empresa B</i> .....	254
<i>Figura 6-4: Transportes sem conjugação de rotas</i> .....	266
<i>Figura 6-5: Transportes com conjugação de rotas</i> .....	266

<i>Figura 6-6: Transportes sem conjugação de rotas - exemplo</i> .....	268
<i>Figura 6-7: Transportes com conjugação de rotas – exemplo 1</i> .....	268
<i>Figura 6-8: Transportes com conjugação de rotas – exemplo 2</i> .....	269
<i>Figura 6-9: Transportes com conjugação de rotas – exemplo 3</i> .....	269
<i>Figura 6-10: Premissas e lógica para o modelo matemático e metodologia para o Nível Tático</i> .....	278
<i>Figura 6-11: Premissas e lógica para o modelo matemático e metodologia para o Nível Operacional</i> .....	285
<i>Figura 7-1: Regressão de frete, abril a julho, para a Empresa A</i> .....	292
<i>Figura 7-2: Regressão de frete, agosto a novembro, para a Empresa A</i> .....	293
<i>Figura 7-3: Regressão de frete, dezembro a março, para a Empresa A</i> .....	293
<i>Figura 7-4: Regressão de frete, abril a julho, para a Empresa B</i> .....	294
<i>Figura 7-5: Regressão de frete, agosto a novembro, para a Empresa B</i> .....	294
<i>Figura 7-6: Regressão de frete, dezembro a março, para a Empresa B</i> .....	295
<i>Figura 7-7: Ilustração do Pólo do Rio Grande do Sul escolhido para a aplicação do caso real</i> .....	300
<i>Figura 7-8: Estimativa da produção de soja Brasil X RS</i> .....	301
<i>Figura 7-9: Fazendas do estudo de caso</i> .....	303
<i>Figura 7-10: Silos do estudo de caso</i> .....	304
<i>Figura 7-11: Fábricas do estudo de caso</i> .....	304
<i>Figura 7-13: Porto do estudo de caso</i> .....	305
<i>Figura 7-14: Custo Total para cada cenário resultante do modelo Estratégico</i> ....	307
<i>Figura 7-15: Gráfico para saída do modelo estratégico – estoques – BP original</i>	308
<i>Figura 7-16: Gráfico para saída do modelo estratégico – estoques – R8 (melhor resultado)</i> .....	308
<i>Figura 7-17: Percentual do tipo de movimentação para cada modelo</i> .....	310
<i>Figura 7-18: Resultado do BP para o cenário R1, no caso do modelo estratégico</i>	311
<i>Figura 7-19: Resultado do B Pl para o cenário R1, no caso do modelo tático</i> .....	311
<i>Figura 7-20: Resultado do BP para o cenário R3a, no caso do modelo estratégico</i> .....	312
<i>Figura 7-21: Resultado do BP para o cenário R3a, no caso do modelo tático</i> .....	313
<i>Figura 7-22: Resultado do BP para o cenário R3b, no caso do modelo tático</i> .....	314
<i>Figura 7-23: Resultado do BP para o cenário R3c, no caso do modelo estratégico</i> .....	315
<i>Figura 7-24: Resultado do BP para o cenário R3c, no caso do modelo tático</i> .....	316
<i>Figura 7-25: Resultado do BP para o cenário R8a, no caso do modelo estratégico</i> .....	317
<i>Figura 7-26: Resultado do BP para o cenário R8a, no caso do modelo tático</i> .....	317
<i>Figura 7-27: Resultado do BP para o cenário R8b, no caso do modelo estratégico</i> .....	318
<i>Figura 7-28: Resultado do BP para o cenário R8b, no caso do modelo tático</i> .....	319
<i>Figura 7-29: Resultado do BP para o cenário R8c, no caso do modelo estratégico</i> .....	320

## Índice de Tabelas

<i>Tabela 1-1: Comparativo das principais características da movimentação de Soja e Fertilizante</i> .....	13
<i>Tabela 2-1 PIB das 10 principais economias do mundo</i> .....	20
<i>Tabela 3-1: evolução da safra em relação à área colhida Fonte: IBGE.</i> .....	52
<i>Tabela 3-2. Proporção de Produção de Grãos por Estado brasileiro</i> .....	54
<i>Tabela 3-3: Indicadores da Produção da Agroindústria - Brasil 2002. Fonte IBGE</i> 58	
<i>Tabela 3-4 Exportação de compostos de Soja – 2001</i> .....	64
<i>Tabela 3-5: Idade da frota de veículos de carga no Estado e São Paulo</i> .....	78
<i>Tabela 3-6: Malha ferroviária e rodoviária frente a extensão territorial</i> .....	79
<i>Tabela 3-7: Descrição dos custos do transporte rodoviário de carga</i> .....	80
<i>Tabela 4-1: Diferenças entre a literatura e a proposta desta pesquisa</i> .....	89
<i>Tabela 4-2: Potenciais e benefícios</i> .....	190
<i>Tabela 5-1: Representação da tabela original de Fertilizantes:</i> .....	201
<i>Tabela 5-2: representação da tabela original de Soja.</i> .....	202
<i>Tabela 5-3: Representação da tabela definitiva para a movimentação de soja e fertilizante</i> .....	204
<i>Tabela 5-4: Volumes (t) de Soja por Origens por Estado da Federação (UF). (“EX” ou “EXPORTAÇÃO” representa volumes exportados para Argentina e/ou Paraguai</i> .....	210
<i>Tabela 5-5: Volumes (t) de Soja por Destino por Estado da Federação (UF)</i> .....	211
<i>Tabela 5-6: Volumes (t) de Soja por Destino e Respectivas Origens por UF</i> .....	211
<i>Tabela 5-7: Volumes (t) de Fertilizantes por Destino por Estado da Federação (UF)</i> .....	213
<i>Tabela 5-8: Volumes (t) de Fertilizantes por Origem por Estado da Federação (UF)</i> .....	213
<i>Tabela 5-9: Volumes (t) de Fertilizantes por Destino e Respectivas Origens por UF</i> .....	214
<i>Tabela 5-10: Destinos da Soja e Origens do fertilizante compilados</i> .....	218
<i>Tabela 5-11: Origens da Soja e destinos do fertilizante</i> .....	219
<i>Tabela 5-12: Origens da Soja e Destinos do fertilizante compilados</i> .....	221
<i>Tabela 5-13: Resultados completos</i> .....	242
<i>Tabela 5-14: Consolidação dos resultados</i> .....	244
<i>Tabela 7-1: Descrição resumida dos Cenários Estudados</i> .....	306
<i>Tabela 7-2: Descrição dos modelos selecionados para o aprofundamento do estudo de caso</i> .....	307
<i>Tabela 7-3: Resultado do BP para o cenário R1, no caso do modelo estratégico..</i>	310
<i>Tabela 7-4: Resultado do BP para o cenário R1, no caso do modelo tático</i> .....	310
<i>Tabela 7-5: Resultado do BP para o cenário R3a, no caso do modelo estratégico</i>	312
<i>Tabela 7-6: Resultado do BP o cenário R3a, no caso do modelo tático</i> .....	312
<i>Tabela 7-7: Resultado do BP para o cenário R3b, no caso do modelo estratégico</i>	313
<i>Tabela 7-8: Resultado do BP para o cenário R3b, no caso do modelo tático</i> .....	313
<i>Tabela 7-9: Resultado do BP para o cenário R3c, no caso do modelo estratégico</i>	315
<i>Tabela 7-10: Resultado do BP para o cenário R3c, no caso do modelo tático</i> .....	315
<i>Tabela 7-11: Resultado do BP para o cenário R8a, no caso do modelo estratégico</i> .....	316
<i>Tabela 7-12: Resultado do BP para o cenário R8a, no caso do modelo tático</i> .....	316

<i>Tabela 7-13: Resultado do BP para o cenário R8b, no caso do modelo estratégico</i>	318
<i>Tabela 7-14: Resultado do BP para o cenário R8b, no caso do modelo tático.....</i>	318
<i>Tabela 7-15: Resultado do BP para o cenário R8c, no caso do modelo estratégico</i>	319
<i>Tabela 7-16: Resultado do BP para o cenário R8c, no caso do modelo tático.....</i>	320
<i>Tabela 7-17: Resultados para o modelo estratégico .....</i>	321
<i>Tabela 7-18: Resumo dos resultados obtidos com o modelo matemático para o nível tático e a compilação dos resultados dos dois modelos .....</i>	323
<i>Tabela 8-1: Sinopse da base de dados consolidada .....</i>	326
<i>Tabela 8-2: Extrapolação do resultado para toda a movimentação de soja e fertilizantes no ano.....</i>	327

## **CAPÍTULO 1 OBJETIVOS DO TRABALHO E MOTIVAÇÃO PARA A PESQUISA.**

Neste capítulo inicial serão abordados o objetivo da pesquisa e a motivação para sua realização, o que requer ponderações do cenário atual relativo a movimentações de cargas de grandes volumes, a granel ou ensacadas, onde a interdependência entre a carga principal e a carga de retorno é fundamental para a viabilização operacional e econômica do processo logístico.

Deverá ficar claro neste texto que a carga de retorno nas grandes movimentações, e/ou para distâncias médias a altas, acontece independentemente de qualquer esforço ordenado, sem que, no entanto, seus resultados sejam capitalizados de forma produtiva pelo sistema e seus gestores; para que o sistema logístico perceba os resultados da integração entre as cargas faz-se necessária a aplicação prática de um programa conceitualmente ligado ao “**Transporte Colaborativo**”.

O Transporte Colaborativo, de forma conceitual, será tratado no próximo capítulo, quando a abordagem retratará a evolução da Logística desde seus fundamentos até a fase atual, dita Logística Colaborativa, e com maior aprofundamento na Revisão Bibliográfica.

### **1.1 - Objetivo do Trabalho**

Esta tese de doutorado tem como objetivo realizar um estudo de Transporte Colaborativo para grandes volumes, especificamente para conjugação de cargas no transporte rodoviário e aplicação ao caso Soja e Fertilizantes.

A proposta do trabalho é apresentar uma metodologia capaz de conciliar as necessidades do transporte com as restrições impostas pelas das janelas de tempo, vindo a flexibilizar estas restrições, interagindo com os níveis hierárquicos de decisão.

O resultado final da Aplicação da Metodologia deverá trazer ganhos financeiros com a redução na contratação de fretes para o transporte de soja e fertilizantes. Com a profundidade adequada ao contexto, o objetivo da metodologia abrange os três níveis hierárquicos de decisão: estratégico, tático e operacional, não com a pretensão de estabelecer um sistema completo de apoio à decisão, mas com o propósito de criar, através deles, o ambiente propício para a conjugação das rotas. Deve-se ressaltar que em todos os níveis o objetivo continua sendo exclusivamente a redução dos gastos financeiros com a contratação de fretes, não sendo objeto deste trabalho a redução dos demais custos logísticos como estoques, estrutura, frota em uso, etc.

No nível estratégico a tese deverá contribuir, basicamente, na elaboração ou revisão do planejamento logístico de longo prazo (horizonte anual de planejamento); esta meta deverá ser alcançada através do fornecimento de alternativas de alocação de estoques de soja (planejamento posição X tempo), em silos disponíveis no momento adequado.

Para o nível do planejamento tático, o objetivo é determinar o momento e origem da retirada dos produtos para a movimentação e, desta forma, gerar todas as possibilidades de conjugação de cargas no médio prazo (horizonte mensal de planejamento) e fornecer subsídio para a negociação com as áreas das empresas aptas a flexibilizar as janelas de tempo, como as áreas comerciais de fertilizantes e as responsáveis pela originação de soja. Com a análise e aprovação dessas áreas será possível positivar um novo conjunto de cargas conjugadas nas rotas de soja e fertilizantes.

No nível operacional, a partir de uma demanda de transporte, o objetivo é gerar todas as possibilidades de conjugação das cargas conforme as premissas estabelecidas, propiciando a execução dessas rotas conjugadas, apontadas como exatas e rigorosamente dentro dos critérios estabelecidos nas restrições das janelas de tempo. A interação no nível operacional deverá ocorrer no curto prazo, com horizonte semanal de programação de contratação de transportes para as cargas demandadas.

O caso que será utilizado para a aplicação, soja/fertilizante, utilizará uma base real de dados a ser apresentada e previamente analisada no capítulo 5. Esta base de dados é referente à movimentação em 2001 (ano-calendário completo):

- da maior empresa brasileira e líder mundial na comercialização e processamento de grãos e farelo de soja;
- da maior produtora de fertilizantes do Brasil e da América latina; levando-se em consideração o modelo de negócio (da extração à comercialização para consumidores finais), é também a maior no mundo.

Para a aplicação ao caso soja e fertilizante, a ferramenta de conjugação de cargas busca conciliar as necessidades do transporte com as possibilidades das janelas de tempo, inclusive flexibilizando estas janelas, abonando ou penalizando financeiramente o sistema logístico. O esquema deve acontecer acelerando ou retardando as vendas, expectativas e entrega do fertilizante, bem como propor uma programação diferenciada de retirada de soja dos silos (ou farelo das fábricas). O abono ou penalização do sistema logístico deverá sempre ocorrer frente às alterações das programações originais efetivadas pela área de vendas. Esta iniciativa visa a oferecer vantagem competitiva para a comercialização das empresas, de tal forma que as motivem a colaborar na flexibilização das janelas de tempo. Transferir vantagem competitiva, abonando o preço final dos produtos ou penalizando as tarifas de transporte, significa, na prática, transferir parte do ganho financeiro obtido com os resultados advindos da conjugação de cargas, porém sempre resultando em cenário econômico global melhor que o original.

Pode-se então resumir o objetivo da tese como:

A criação de uma metodologia para transporte Colaborativo, com aplicação ao caso Soja/Fertilizante, visando a conjugação de cargas de grandes volumes no transporte rodoviário, flexibilizando as janelas de tempo, buscando a redução com gastos na contratação de fretes, apoiando e influenciando nos níveis hierárquicos de decisão: estratégico, tático e operacional.

Esta tese por fim deverá buscar aplicar os conceitos de transporte colaborativo, apoiando e influenciando nos níveis hierárquicos de decisão: estratégico; tático; e operacional.

O resultado da pesquisa deverá conferir importante economia financeira ao processo de execução do transporte, otimizando os recursos com a maximização dos trajetos com carga e diminuindo o tempo perdido entre cargas sucessivas.

## 1.2 - Motivação para a Pesquisa.

### A Aplicação prática do Transporte Colaborativo como fator motivador da pesquisa

A questão conceitual do transporte colaborativo, per si, já seria razão suficiente para motivar a realização desta pesquisa.

Como será tratado com mais detalhe no próximo capítulo, o Transporte Colaborativo é uma parte, talvez a mais importante, da Logística Colaborativa, e esta uma evolução recente de uma fase denominada Gerenciamento da Cadeia de Suprimento (sigla em inglês: SCM).

Nos congressos mais importantes, especialistas e trabalhos de autores conceituados qualificam a “Logística Colaborativa” como sendo a fase atual da logística ou a “nova onda”. O transporte é o processo dentro da logística que mais consome recursos tendo, portanto, que ser abordado com a correspondente importância, e o transporte colaborativo surge como alternativa natural nesse processo.

Conceitualmente, o transporte colaborativo se efetua com o aproveitamento ou compartilhamento do mesmo equipamento de transporte para um ciclo fechado de movimentação de cargas. É preciso conectar os participantes da mesma cadeia logística ou embarcadores que ofereçam cargas complementares, ou seja, compatíveis com o equipamento de transporte disponível na rota complementar, gerando a carga de retorno.

A questão que se apresenta é: como aplicar esta conceituação na prática de forma metodológica?

Se a literatura mostra uma tendência clara a eleger a “Logística Colaborativa” como a nova fase da Logística, e o transporte colaborativo como uma ferramenta

importante para a obtenção do resultado esperado, falta a concretização desses conceitos. Como será exposto ao longo da tese, atualmente não há muitas aplicações práticas ou procedimentos formais voltados para implementação de transporte colaborativo.

O caso real e a base de dados disponível oferecem uma ótima oportunidade para o desenvolvimento de uma metodologia, capaz de contribuir na formatação e alternativas práticas para implementar o transporte colaborativo, especificamente no agro-negócio.

Todo esse contexto determina também uma grande e importante motivação para o desenvolvimento desta pesquisa.

#### A Logística no Agro-negócio Brasileiro como fator motivador da pesquisa

O agro-negócio brasileiro, no que se refere a grãos, está em posse de grandes multinacionais que operam simultaneamente como *trades*, processadora de grãos (também produzindo seus derivados), e fabricante de fertilizantes. Particularmente duas delas são as maiores e, juntas, movimentam cerca de 50 milhões de toneladas de soja (e seus derivados) e fertilizantes por ano.

No capítulo 3 deste trabalho, será caracterizada com detalhes a dimensão desse mercado e a importância dele para o Brasil, já que a balança comercial brasileira tem enorme dependência de seu agro-negócio; na verdade, a maior conta-exportação vem daí.

Por se tratarem de produtos agrícolas, possuem naturalmente baixo valor agregado e, portanto, as operações de movimentação, armazenagem e transporte emprestam um altíssimo valor (custo) relativo ao negócio.

O transporte da soja é realizado de forma absolutamente dissociado do transporte de fertilizantes, pelo menos sob o ponto de vista das empresas produtoras envolvidas. Se existe alguma sinergia entre o caminhão (ou vagão) que transporta soja e o caminhão (ou vagão) que transporta fertilizante, ela só acontece por iniciativa do transportador contratado para efetuar as operações, portanto em benefício deste.

As características operacionais do transporte de soja e de fertilizante, como visto na introdução, são as mesmas.

Assim, tecnicamente, é possível realizar o transporte de soja e retornar com o mesmo veículo transportando fertilizante; quando isso acontece sem a gestão das empresas que detêm as cargas, não há sinergia ou colaboração organizada entre as empresas que, desta forma, não percebem ganhos operacionais extras, mas sim a condição normal de mercado que regula tarifas e demanda de caminhões.

#### O que é Sinergia e Colaboração entre as Empresas na operação de transporte ?

Por definição, Sinergia é: “Ação simultânea de diversos órgãos na realização de uma função” (dicionário Michaelis da língua portuguesa).

Assim, a sinergia para as operações de transporte entre as empresas detentoras da carga [grão (ou soja) e fertilizante] pode ser conceituada como uma ação simultânea - voluntária e coordenada - para realizar, num ciclo completo, a operação de transporte de grão em um sentido e no sentido inverso o de fertilizante, com o mesmo equipamento de transporte (caminhão ou vagão).

A sinergia para o transporte entre as empresas pode trazer inúmeras vantagens como redução do custo final do transporte, maior controle da operação, redução do tempo do ciclo total, fidelização do agente de transporte, entre outros.

A “Colaboração” é o planejamento e a efetivação dessa sinergia. Para que a sinergia aconteça de forma produtiva e lucrativa é preciso incorporar o conceito logístico de “Colaboração”. Nos capítulos que se seguem, a questão conceitual da colaboração será tratada com profundidade, mas desde já vale pontuar que é muito mais que trocarem-se informações e sim agir de modo proativo desde o planejamento de demanda, passando por planos de suprimento, armazenagem e produção, até realizar, como no caso, o transporte conjugado da soja (ou farelo) com o de fertilizante, no mesmo ciclo e com o mesmo caminhão.

Essa colaboração, ou operação conjugada de transporte, entre as empresas detentoras da carga de soja e fertilizante, normalmente pertencentes ao mesmo grupo (ligadas à mesma *holding*), não acontece naturalmente, tampouco de forma a somar um volume importante. As cargas acabam por ser conjugadas pelo mercado, ou seja, pela ação de empresas de transporte ou agenciadores.

Como as transportadoras (ou agenciadores) do setor se beneficiam da falta do Transporte Colaborativo entre as Empresas detentoras da Carga?

Quando as empresas não conseguem colaborar entre si e realizar a operação sinérgica, mas ela é viável e acontece por iniciativa do transportador contratado, é esse que se beneficia com ela.

É importante colocar que as empresas de transporte citadas são, em sua maioria, “agenciadores de carga”.

Agenciadores de carga são pessoas físicas ou jurídicas que intermediam o transporte entre o detentor da carga e o dono do caminhão (carreteiro ou transportador autônomo) sem, no entanto, possuir frota própria de veículos, ou qualquer estrutura de retaguarda que agregue qualquer valor à operação.

No Brasil, a maior parte da frota de veículos rodoviários de carga é constituída por transportadores autônomos ou carreteiros, ao contrário de outros países, como os Estados Unidos, onde a maior força de transporte rodoviário está nas mãos de grandes empresas que possuem significativa frota própria, e os transportadores autônomos se associam a estas, atuando como agregados.

A ação das empresas de transporte com frota própria, via de regra, acontece em outros mercados que não o de *commodities* agrícolas. Isso ocorre porque os produtos de maior valor agregado exigem quesitos de qualidade e segurança normalmente não encontrados na movimentação da safra agrícola.

Em tese, a composição de custos do transporte rodoviário não pode diferir muito entre uma operação realizada por uma empresa com frota própria e a realizada por um carreteiro.

Esta questão é complicada e polêmica; pode-se afirmar que a diferença não é real, ou seja, que o carreteiro não considera determinados custos fixos (principalmente remuneração de capital), tratando a questão dos impostos, encargos e leis trabalhistas de forma pouco obediente, fatos que em curto prazo tornam a sua tarifa de frete mais atraente, mas em médio prazo podem causar a sua extinção, como vem acontecendo nos últimos anos. A composição dos custos e tarifas de frete será tratada como mais profundidade no momento oportuno.

Como a movimentação da safra agrícola e fertilizante é realizada em sua maior parte por carreteiros autônomos, a participação dos agenciadores de carga é muito importante.

O processo em que a contratação ocorre é bastante simples:

Com frequência diária, as empresas detentoras da carga fornecem para o mercado de agenciadores as rotas e volumes disponíveis naquele momento.

É previamente conhecido o valor da tarifa cobrada pelos transportadores autônomos; essa tarifa é comumente denominada “frete carreteiro” e é conhecida a margem cobrada pelos agenciadores, que varia normalmente entre 15% e 20% do frete total contratado.

Os carreteiros sabem que os agenciadores possuem a carga e os procuram. Quando a oferta de carga é maior que a demanda de caminhões, esses agenciadores realizam um trabalho de busca e, ao contrário de procurar carga como se devia esperar, saem à cata de caminhões.

Tendo o caminhão e a carga, o agenciador providencia a documentação e despacha o carreteiro para realizar a operação de carregamento.

Uma questão natural é: por que o carreteiro não é contratado diretamente pelo detentor da carga ?

Os motivos principais são:

- A grande maioria dos carreteiros é pessoa física, ou seja, não possui condição legal de ser contratado diretamente. Algumas empresas optam por realizar essa operação, o que não é ilegal se feita corretamente, mas acarreta outros impostos, como por exemplo imposto de renda a ser recolhido no ato, se a parcela do frete ultrapassar o limite de isenção.
- Para emitir “conhecimento de transporte” (documento legal para a realização do transporte que substitui o extinto manifesto de carga), as empresas detentoras da carga devem possuir no seu Objeto Social a condição de “Transportador”. Ser também uma “empresa de transporte”, dá ao embarcador uma condição legal mais favorável para contratar um carreteiro, seja ele autônomo ou empresa, e emitir o

“conhecimento de transporte”. Aquelas empresas que não possuem a condição legal de transportador podem também contratar carreteiros diretamente sem, no entanto, emitir o conhecimento de transporte, agindo como próprio transportador da carga; a condição anterior apresentada é mais favorável.

- Contratar um carreteiro é um processo que demanda certo conhecimento, tempo e recurso, e as empresas detentoras da carga nem sempre estão dispostas a investir nesta questão operacional.

Os motivos e cenários apresentados evidenciam que o agenciador de carga detém a condição adequada para desenvolver o processo de transporte da safra agrícola e de fertilizante, e imediatamente remetem à resposta da pergunta inicial desse tópico: como os agenciadores se beneficiam pela falta de sinergia entre as empresas detentoras da carga?

Eles sobrevivem, mantêm o seu negócio funcionando.

Se as empresas que detêm a carga mantivessem os caminhões repletos o tempo todo no ciclo de ida e volta, ou seja, conjugando o transporte de soja (ou grão) com o de fertilizante ou outra carga qualquer, o negócio de agenciamento de carga sofreria drástica redução.

Ao descarregar a soja ou farelo o carreteiro, obrigatoriamente, busca retorno, outra carga que o permita deslocar-se carregado com novo frete até o local de origem (ou próximo) e aí realizar novo carregamento de soja.

O inverso também ocorre, mas o foco obrigatoriamente é o transporte de soja por ser de volume bastante maior em relação ao de fertilizante.

Não existindo a conjugação de cargas de forma sinérgica, necessariamente o agenciador é procurado para dar continuidade ao ciclo, sendo remunerado para isso e tornando-se o real beneficiado.

### Por que é difícil ocorrer o Transporte Colaborativo entre as Empresas Detentoras da Carga?

Como visto anteriormente, a maior parte da carga Soja/fertilizante está concentrada em um grupo reduzido de Empresas Multinacionais; as *holdings* desses

conglomerados possuem empresas independentes para a movimentação e processamento de grãos e fabricação de fertilizante.

A logística dessas empresas tem foco e objetivos diferentes e estas operam de forma independente a movimentação de seus produtos; assim, o transporte conjugado de sua carga não é prática normal ou operacionalmente simples.

Para o grão ou soja, o objetivo é abastecer a própria fábrica de processamento, manter os silos intermediários abastecidos, escoar a produção das fazendas e cumprir, na exportação, os prazos acordados com o armador (navio). Isso tudo tem que estar situado em seu próprio tempo, e os volumes envolvidos são operados de forma bastante diferente do processo usado com o fertilizante.

Para o fertilizante, a meta é colocar o produto diretamente nas fazendas (ou através de cooperativas) no momento do plantio. O tempo em que isso ocorre é diferente do prazo da colheita da soja; existe uma defasagem natural, pois após a colheita é preciso esperar o momento adequado para preparação e aplicação do fertilizante na terra, visando ao novo plantio para a próxima safra.

A logística não pode ser diretamente aplicada, isto é, o caminhão (ou vagão) que leva o fertilizante não pode ser o mesmo que traz a soja no mesmo ciclo, sistematicamente. Esse impedimento natural, somado à independência de ações das empresas que buscam metas diferentes, torna o transporte colaborativo entre elas difícil e pouco comum (todo o processo logístico será abordado com maior profundidade à frente).

A dificuldade de materializar essa colaboração é uma realidade que incomoda bastante as empresas no comando de suas *holdings*, já que essas possuem o principal elemento para alcançar tal objetivo: a carga.

### O Problema a se tornar o foco da Pesquisa

O problema pode ser abordado por diferentes aspectos da gestão do negócio frente ao mercado, e trabalhar a solução através de uma hierarquização dos seus níveis de decisão será uma proposta nesta tese de doutorado.

Porém, nesta fase onde se pretende descrever o problema, serão colocados os fatores que impedem o Transporte Colaborativo ou a materialização do transporte conjugado de soja e fertilizante, de forma simplificada, denominando-os: Fatores Burocráticos e Fatores Logísticos.

### Fatores Burocráticos.

Como colocado anteriormente, a questão administrativa/burocrática é importante nesse processo. As empresas detentoras da carga são processadoras de grãos, produtoras de farelo, fabricantes de fertilizantes, enfim, indústrias que não têm como atividade legal realizar transporte, mas apenas contratá-lo.

Esse fato, per si, já impõe uma dificuldade de realizar a sinergia e obriga à utilização de um intermediário: o transportador ou agenciador.

A solução desse problema pode acontecer basicamente de duas formas:

#### 1- O Produtor torna-se legalmente também um transportador de carga:

Essa possibilidade é factível, já que recentemente algumas empresas, principalmente processadoras de soja, incluíram em seu Objeto Social a prerrogativa de atuar também como transportadora, e apesar de não possuírem frota de caminhões ou vagões, usam dessa prerrogativa para realizar a contratação direta de carreteiros, e sub-contratar transportadores com frota, quando necessário.

Uma vez que um determinado processador de soja tem a possibilidade de contratar diretamente o carreteiro para o transporte de soja ou farelo, poderia, no mesmo ciclo, contratar o transporte de fertilizante para, ao final da operação, cobrar pelo serviço prestado. O problema burocrático, então, passa a ser o ajuste das contas entre as empresas e a forma de cobrança, mas

certamente uma questão menor do que o impeditivo de realizar a contratação direta.

Essa prática tem servido para minorar a atuação dos agenciadores, mas, salvo algumas tentativas isoladas, não tem fomentado a operação de transportes conjugados entre soja e fertilizante.

## 2- Intermediação de um Operador Logístico

Uma alternativa para a opção de mudar o Objeto Social, de modo a incluir a condição de transportador de carga, é a eleição de um “Operador Logístico” para realizar o ciclo completo do transporte conjugado. Esse Operador Logístico pode ser um transportador de porte, capaz de coordenar uma movimentação de grande volume.

Essa Pessoa Jurídica seria contratada para, num mesmo ciclo, transportar a soja e retornar com o fertilizante (ou o inverso).

Desta forma, a questão burocrática seria resolvida e o operador cobraria pelo serviço correspondente a cada uma das partes. A operação assim realizada, se materializada de forma eficaz, poderia trazer vantagens operacionais e financeiras às empresas produtoras, mas é evidente que parte do ganho seria repassado ao operador logístico contratado.

Como já exposto, o fator burocrático preponderante a dificultar a colaboração direta entre as empresas detentoras das cargas é que estas não possuem aparato legal para atuar como transportadora, de fato e de direito. Também se apresentaram no texto duas possíveis soluções, de maneira sucinta e objetiva; a intenção disto é mostrar que o problema existe mas não é o que inviabiliza a realização do transporte conjugado, e, conseqüentemente, podem-se concentrar os esforços na questão operacional ou logística, que será descrita a seguir.

Fatores logísticos

Os fatores logísticos que dificultam a colaboração e conjugação de cargas entre as empresas processadoras/produtoras de soja e as produtoras de fertilizante são as condições operacionais intrínsecas de cada um desses segmentos que, apesar de semelhantes, os mantêm individualizados.

Essas características individuais e contrastantes são colocadas abaixo em forma de tabela, para melhor entendimento:

**Tabela 1-1: Comparativo das principais características da movimentação de Soja e Fertilizante**

<b>Movimentação de Soja (grão)</b>	<b>Movimentação de Fertilizante</b>
A matéria prima, o grão, vai sempre das fazendas para os silos intermediários e algumas vezes diretamente para as fábricas esmagadoras	As matérias primas, diversas, vão dos pólos químicos e portos (produtos importados) para as fábricas
O produto acabado, o farelo, vai das fábricas esmagadoras para os portos para ser exportado, sendo que também há movimento de grão in natura dos silos para os portos	O produto acabado vai das fábricas para os clientes, consumidores, fazendas e plantações, diretamente ou através de cooperativas/revendedores
A produção de grãos está estimada em 83 milhões de toneladas; apenas a soja contribui com 38 milhões	A Produção de fertilizantes está na casa de 18 milhões de toneladas; desse montante, 28% são consumidos nas lavouras de soja
A maior movimentação (colheita e transporte) da safra agrícola se dá no primeiro semestre	O Fertilizante é movimentado na proporção de 30% no primeiro semestre e 70% no segundo semestre

Como é mostrado na tabela 1.1, há diferenças importantes na logística de movimentação da soja e do fertilizante; essas diferenças resumem-se em 3 tópicos:

1. Corredores de transporte

Existe uma semelhança importante que de fato motiva o trabalho, qual seja:

- A exportação da soja é contra-fluxo da importação de matéria-prima para o fertilizante.
- As fábricas de fertilizantes ficam, via de regra, próximas às esmagadoras de soja; assim, o fluxo de envio de fertilizante para as fazendas é compatível com o fluxo de recebimento de grãos, ou seja, as fazendas que produzem a soja consomem fertilizantes.

## 2. Volumes movimentados

Como mostrado na tabela, o volume de grãos, mesmo somente a soja, é muito maior que o volume de fertilizantes; tal fato desequilibra os fluxos, o que não impede a sinergia e garante, em tese, que todo o fertilizante oferecerá possibilidade de transporte conjugado.

## 3. Momento das Movimentações

Esta é a questão que deverá ser mais bem trabalhada nesta pesquisa; como foi mostrado na tabela 1.1, os momentos de transporte são diferentes, ou seja:

- Durante o pico da exportação dos produtos da safra, é muito cedo para se realizar a importação da matéria-prima para a produção de fertilizante.
- No mesmo instante em que as fazendas estão embarcando soja não podem estar recebendo fertilizantes.

### Os Fatores Logísticos como motivação para a Pesquisa

As características acima não inviabilizam o transporte conjugado, mas certamente fornecem uma dificuldade grande para realização desse objetivo; contudo, são elementos interessantes que justificam e motivam a realização desta tese.

Os itinerários não são perfeitamente coincidentes, mas possuem os mesmos corredores de transporte e são possíveis, por abranger um número muito grande de pares origem e destino.

Com relação aos volumes desproporcionais, se trabalhados adequadamente dentro da pesquisa podem vir a compensar a diferença de sazonalidade, isto é, mesmo no pico de entrega de fertilizante ainda há soja ou farelo a ser movimentado.

É preciso pesquisar a melhor forma de conjugar as cargas no momento em que elas ocorrem, mas principalmente otimizar os transportes dentro das janelas de tempo disponíveis. A soja pode ser recolhida em uma fazenda ou num silo intermediário no momento mais propício e o fertilizante não precisa ser entregue, como regra, no momento exato em que o pedido de venda é concretizado, gerando uma janela de tempo.

Essa atenuante propicia desenvolver, na metodologia, um ferramental apropriado a intervir nos níveis de decisão tático e estratégico, pois, para que a conjugação de cargas seja maximizada, será preciso planejar adequadamente a armazenagem e momentos de iniciar-se a movimentação dos estoques.

Em suma, como enfatizado no objetivo da pesquisa, a meta é apresentar metodologia para aplicação de Transporte Colaborativo para grandes volumes, especificamente para conjugação de cargas no transporte rodoviário, interferindo nos níveis hierárquicos de decisão. Uma das ferramentas importantes, desenvolvidas nesta tese, que compõem o trabalho é o modelo matemático para a conjugação das cargas, não se perdendo o foco dessas restrições das janelas de tempo de entrega.

A importância da safra agrícola no cenário econômico brasileiro justifica os esforços no sentido de otimizar os processos, buscando maximizar a utilização dos recursos de transporte; e as dificuldades apresentadas deverão fornecer à tese os elementos necessários à elaboração de uma pesquisa que trará uma contribuição importante tanto ao meio acadêmico, quanto ao segmento agro-industrial, desenvolvendo aplicação inédita para os conceitos de Transporte Colaborativo.

O caso real escolhido, o transporte conjugado de soja e fertilizante, está suportado em um vasto banco de dados gerados nas próprias empresas, buscando, para tanto, a fonte primária dos dados: as notas fiscais correspondentes. Como foi colocado anteriormente, as empresas que cederam os dados e participaram desta pesquisa são as mais importantes (e maiores) no mercado brasileiro e mundial de Soja e Fertilizante, responsáveis juntas pela movimentação de cerca 50 milhões de toneladas por ano no Brasil.

### 1.3 - Delineamento do Trabalho

Nesse primeiro capítulo buscou-se deixar bastante claro o objetivo da pesquisa e os motivos que a justificam. É importante demonstrar que a tese possui um forte apelo acadêmico na medida em que busca contextualizar o Transporte Colaborativo nos conceitos recentes de logística e transporte e, portanto, na evolução do tema, mostrando ainda que existe uma lacuna evidente nesse campo. A pesquisa também, e principalmente, procura oferecer uma contribuição prática, desenvolvendo uma metodologia para aplicação em caso real de suma importância no agro-negócio brasileiro, que é a aplicação para os produtos Soja /Fertilizante.

No segundo capítulo, o objetivo será mostrar conceitos de logística e sua evolução até a abordagem da Logística Colaborativa e como surge, a partir daí, o Transporte Colaborativo.

Nesse capítulo também serão apresentados casos reais que têm no Transporte Colaborativo seu foco principal; são casos genéricos, não relacionados com o caso escolhido para aplicação da metodologia proposta, com os quais pretende-se demonstrar que é possível sua ampla aplicabilidade.

No capítulo três será caracterizado o cenário a ser utilizado para a aplicação da pesquisa: o agro-negócio no Brasil. Nesta parte do trabalho serão apresentadas, com detalhes, as questões relativas à soja: desde origem, dados agronômicos, importância no cenário agrícola, até a sua movimentação logística. Da mesma forma, será analisado o fertilizante; o texto não será limitado ao aspecto transporte, mas deverá abranger toda a caracterização do negócio, incluindo também a sua movimentação.

O capítulo quatro apresentará a revisão bibliográfica para a pesquisa. Nesse capítulo o trabalho será bem amplo, tendo-se buscado uma abrangência grande de temas relacionados com o objeto da tese, com seções referentes a aspectos teóricos de temas clássicos que antecederam a Logística e o Transporte Colaborativo, bem como assuntos relativos a ferramentas de modelagem, gestão e hierarquização, sistemas de planificação, controles e informações de transporte. Poder-se-ia até concluir que a revisão bibliográfica é por demais ampla e pouco focada, mas parte-se aqui da

premissa de que a contribuição acadêmica é maior desta forma, além de ser importante posicionar o tema “Transporte Colaborativo”, bastante novo, no contexto da literatura.

No capítulo cinco será definido o problema a se tornar o caso de aplicação da pesquisa, ao mesmo tempo em que será apresentada a base de dados desse caso real. O banco de dados é bastante rico e extenso e, neste capítulo, será realizado o tratamento prévio da base de dados para utilização na modelagem matemática proposta e proporcionada a sua caracterização quantitativa e qualitativa, trazendo ao leitor uma fotografia bastante nítida do quadro em que se encontra o problema.

O banco de dados primário disponível para a aplicação do caso real possui **411.852 registros** que refletem, com exatidão, a movimentação de toda a carga movimentada no ano de 2001, período de estudo.

O capítulo seis irá tratar da Metodologia propriamente dita. A pesquisa, desta feita, materializará as fases que constituem o objetivo principal da pesquisa, qual seja: a proposição de uma metodologia para a aplicação dos conceitos de Transporte Colaborativo ao caso Soja/Fertilizante. Tendo colocado as ferramentas de forma a delinear a solução do problema, os modelos matemáticos serão apresentados com maiores detalhes, e desenvolvidos de forma a tornar-se parte da ferramenta para a conjugação das cargas de soja e fertilizantes, criando ciclos contínuos de transporte. Esta fase do trabalho será a que determina a interferência dinâmica no processo, resultando em ação direta nos três níveis hierárquicos de decisão: estratégico, tático e operacional, e conseqüentemente na gestão do transporte.

No capítulo sete será concluído o detalhamento da metodologia com a aplicação ao caso soja/fertilizante e, por conseguinte, a solução do problema. Nesse capítulo, o objetivo será realizar a implementação dos modelos matemáticos e da própria metodologia na base de dados real.

Os dois capítulos finais, oito e nove, trarão respectivamente a conclusão desta tese de doutorado e a bibliografia.

## **CAPÍTULO 2 DOS FUNDAMENTOS DA LOGÍSTICA À LOGÍSTICA COLABORATIVA**

Nesse capítulo, a intenção é trazer conceitos de logística da forma como esta tem evoluído para a “Logística Colaborativa” que, segundo autores recentes, é a mais nova fase da logística, evolução do “Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos” ou *SCM – Supply Chain Management*, para em seguida tratar do Transporte Colaborativo propriamente dito.

Com o objetivo de conferir maior consistência aos conceitos teóricos, a seqüência do trabalho traz casos reais diferentes do escolhido, porém, onde a colaboração aparece como ferramenta ou característica importantes no processo.

A importância dos casos reais apresentados está também no fato de mostrar que esta tese, em sua essência, pode tratar de situações genéricas de transporte envolvendo a possibilidade de colaboração, e não somente do caso escolhido, o agro-negócio.

### **2.1 - Conceituação e Abrangência da Logística**

A Logística de conhecimento comum teve origem na Segunda Guerra Mundial, essencialmente ligada às operações militares. O objetivo desta tarefa durante a guerra era dar suporte às tropas que se deslocariam para uma batalha. Antes mesmo de o batalhão dar início à viagem, a “equipe de logística” já era acionada providenciando munição, alimentação, equipamentos, suprimentos médicos, etc.

Apesar de todo malefício que traz à sociedade gerando pobreza e morte, a guerra também pode acelerar o desenvolvimento de tecnologia e de inovações conceituais. Isto ocorreu com a logística.

É fácil entender a analogia existente entre as necessidades de uma tropa e as necessidades de uma empresa para suprir-se de matéria prima, movimentar, armazenar e entregar os seus produtos.

Nas Empresas, e mais especificamente em processos produtivos, é preciso transportar produtos da fábrica para armazéns e/ou para clientes finais; também é necessário providenciar e armazenar matéria-prima em quantidades suficientes para assegurar a produção planejada. Por outro lado, em razão das descontinuidades entre o ritmo de produção e de demanda, têm-se que manter produtos acabados em estoque. Essas operações, totalmente necessárias, eram consideradas apenas atividades de apoio no passado.

Hoje, as atividades relacionadas com a logística absorvem grande quantidade de recursos dos países, já calculados em percentuais sobre o Produto Interno Bruto (PIB). A tabela 2.1 traz o PIB das 10 principais economias do mundo, dados de 2001, extraídos da CIA - Agência de Inteligência dos EUA.

Analisando mais especificamente os EUA que possuem dados confiáveis em quantidade, os gastos com Logística, naquele país, alcançaram cifras da ordem de US\$1 trilhão em 2001; se comparado ao respectivo PIB na tabela 2.1, nota-se que esta cifra representa aproximadamente 10% dos valores gerados na economia americana.

No Brasil não há dados absolutamente seguros porém, em Novaes (2001), existe referência de que a Logística gera gastos da ordem de 20% do PIB brasileiro.

Sendo um país com distâncias continentais, uma malha viária deficiente, assim como deficientes e insuficientes são os modais ferroviário e hidroviário, não é difícil crer que o Brasil efetivamente possa gastar valores da ordem de US\$226 bilhões por ano com logística.

Tabela 2-1 PIB das 10 principais economias do mundo

Produto Interno Bruto (US\$ Trilhões)		
1	EUA	9,87
2	China	4,50
3	Japão	3,15
4	Índia	2,20
5	Alemanha	1,94
6	França	1,45
7	Inglaterra	1,36
8	Itália	1,27
9	Brasil	1,13
10	Rússia	1,12

Fonte: CIA-The World Factbook2001 - <http://www.cia.gov/cia/publications/factbook/index>

O mercado não creditava a essas operações quaisquer fatores que agregassem valor ao produto, apenas custo.

A cada movimentação ou ação de logística a contabilização era de mais custo ao produto. Na organização empresarial, a Logística era um setor encarado como um mero centro de custo, sem maiores implicações estratégicas e de geração de negócios.

O fato que contraria essa realidade é que o valor do produto não está suficientemente completo se distante fisicamente do consumidor, da mesma forma a matéria prima de nada serve se não estiver no ponto que será transformada pelos processos produtivos. Portanto, a logística contribui também com agregação de valor ao produto, posicionando-o no local correto e no momento correto.

O conceito de logística evoluiu e vem evoluindo a cada ano, como cresce também a abordagem e a abrangência da atividade. Ela está relacionada a todo o processo da cadeia de suprimentos, desde a necessidade de matéria prima até a entrega do produto ao cliente final.

A definição mais aceita nos tempos atuais, inclusive pelos autores brasileiros, é a do *CLM - Council of Logistics Management*, o Conselho Norte-Americano de Logística, de 1998:

Logística é a parcela do processo da cadeia de suprimentos que planeja, implanta e controla de forma eficiente e eficaz, o fluxo de matérias-primas do estoque em processo, produtos acabados e informações relacionadas, desde seu ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender aos requisitos dos clientes/consumidores.

Segundo Novaes (2001), que também é adepto desse conceito do CLM, a logística moderna procura incorporar:

- prazos previamente acertados e cumpridos integralmente, ao longo de toda a cadeia de suprimento;
- integração efetiva e sistêmica entre todos os setores da empresa;
- integração efetiva e estreita (parcerias) com fornecedores e clientes;
- busca da otimização global, envolvendo a racionalização dos processos e a redução de custos em toda a cadeia de suprimento;
- satisfação plena do cliente, mantendo nível de serviço pré-estabelecido e adequado.

Como enfatizado no conceito do CLM, os fluxos associados à Logística, abrangendo também a armazenagem de matéria-prima, dos materiais em processamento e dos produtos acabados, envolvem toda a cadeia:

- Fornecedores; fabricação; varejista; consumidor final (o alvo principal de toda a cadeia de suprimento).

Além do fluxo de materiais (insumos e produtos) há também o fluxo de informações, nos dois sentidos, e o de valor monetário (dinheiro), em sentido oposto ao de materiais pelo fato de vir do consumidor final para o fornecedor de matéria prima. Para melhor entendimento e complementação da conceituação de logística, segue a figura 2.1. ilustrativa dos fluxos Logísticos envolvidos na cadeia de suprimentos. Esta figura, ou sua configuração, é encontrada em Novaes (2001) mas também em vários outros autores como Lambert,<sup>93</sup>.

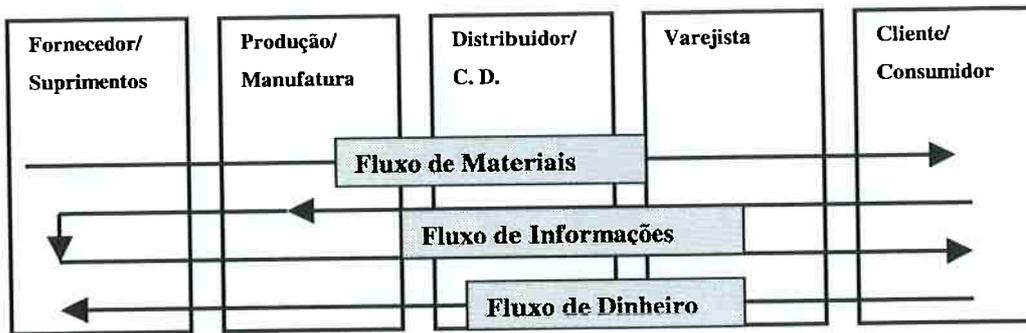


Figura 2-1: Fluxos na Cadeia Logística

## 2.2 - Evolução da Logística para a “Logística Colaborativa”

Em Novaes, 2001 (capítulo 2º), o autor faz uma resenha interessante da evolução da Logística através de uma divisão do processo em quatro fases. A análise realizada pelo Prof. Novaes está em linha com os autores brasileiros e internacionais e é bastante didática, cabendo a abstração de um breve resumo para esse trabalho.

Em complementação, de acordo com a fase atual, deve ser inserida nesta seqüência a proposta de uma quinta fase, a Logística Colaborativa, que já é apontada por vários autores, em congressos e pesquisas recentes, como a mais nova onda a suceder o SCM.

### 2.2.1 - Primeira Fase: Atuação Segmentada

No período pós-guerra a indústria adquiriu grande impulso visando a aproveitar as oportunidades existentes; havia carência geral de produtos duráveis e de consumo e surgiu a oportunidade de se aproveitar os conceitos e tecnologias da guerra para a realidade do novo tempo, como aconteceu com a Logística.

As compras eram realizadas sem o apoio dos sistemas de informações sofisticados de hoje.

Na compra de um bem durável, um eletrodoméstico por exemplo, o vendedor preenchia manualmente uma nota ou um pedido. Este documento era enviado ao depósito que separava o artigo do estoque e programava sua entrega ao cliente. O nível de estoque era periodicamente revisto. Nos momentos certos fazia-se uma

avaliação das necessidades do produto. O varejista fazia então um pedido ao fabricante ou distribuidor negociando preços, formas de pagamento e prazos de entrega. Nessa primeira fase da Logística, o estoque era o elemento-chave no balanceamento da cadeia de suprimento; não no sentido de reduzi-lo, visando a minimizar custos de inventários, mas mantendo estoques físicos em todas as etapas da cadeia de modo a não desabastecer o mercado e equilibrar a produção.

A fábrica produzia um determinado produto e colocava o lote produzido no estoque do seu depósito. À medida que os centros de distribuição, atacadistas ou grandes varejistas iam necessitando do produto, pedidos eram enviados ao fabricante. Esses pedidos eram atendidos a partir do estoque existente que atuava como se fosse um pulmão entre a manufatura, os depósitos e os centros de distribuição, balanceando os fluxos na cadeia de suprimento. Muitos varejistas, por sua vez, colocavam seus pedidos junto aos centros de distribuição ou atacadistas. Os estoques nesses locais eram os intermediários entre os depósitos e as lojas de varejo. Esse processo resulta em cinco tipos (ou posição) de estoque:

1. estoque de matéria-prima ou componentes de fabricação;
2. estoque na manufatura, ou em produção;
3. estoque no centro de distribuição;
4. estoque no varejista;
5. estoque em trânsito.

Nessa primeira fase da Logística, era importante a formação dos “lotes econômicos de produção” (privilegiando a maximização da produção) e “lotes econômicos de transporte” mas não se dava importância a estoques elevados. Para os controles de estoques o método mais utilizado era o EOQ (*Economic Order Quantity* – ou Quantidade Econômica do Pedido) cujo critério de controle era a renovação dos estoques, de forma a minimizar a soma dos custos do inventário (o que, contudo, não impedia estoques dispersos ao longo da cadeia), do transporte e daquele gerado na elaboração do pedido (que exigia muita mão de obra e criava despesas telefônicas). Importante ressaltar que, nesta fase, a preocupação única era com a própria corporação objetivando minimizar o custo, não importando a relação desta com

fornecedores ou demais parceiros da cadeia, o que fatalmente gerava um acréscimo nos custos logísticos; já se caracterizava então a condição enfraquecida do transportador envolvido em “guerras de fretes”, situação que perdura no Brasil até hoje, como destaca o próprio Prof. Novaes.

### **2.2.2 - Segunda Fase: Integração Rígida**

Essa fase foi impulsionada por iniciativas de *marketing* que impeliam os consumidores a buscar produtos diferenciados, como carros e geladeiras coloridas. O mercado de consumo crescia e outros bens foram-se incorporando às famílias como televisores, aparelhos de som, fornos de microondas, etc. No mercado de consumo aparecia figura do supermercado e uma infinidade de alimentos industrializados. Isto foi possível graças a processos produtivos mais modernos, eficientes e adaptáveis.

Na década de 70, a crise do petróleo encareceu sobremaneira o transporte das mercadorias. Como as operações logísticas envolvem deslocamentos físicos de mercadorias, os custos de transferência e de distribuição aumentaram subitamente e de forma relevante, reduzindo as margens de comercialização e encarecendo os produtos. Paralelamente, a concentração crescente de pessoas nas regiões urbanas, juntamente com o crescimento da frota de veículos, gerou a expansão territorial das cidades, os congestionamentos de tráfego e as restrições de movimentação de caminhões no horário comercial. Também nas rodovias, embora com menor intensidade, passou-se a observar congestionamentos mais frequentes e redução das velocidades médias, com aumento de custos de transporte e de distribuição dos produtos. Além disso, os custos de mão-de-obra foram aumentando, principalmente nos países mais desenvolvidos, acarretando elevação dos custos logísticos.

Um elemento que gerou novas alternativas de escoamento dos fluxos logísticos foi a utilização intensiva da multimodalidade no transporte de mercadorias. Usos combinados de caminhão, navio, trem, e mesmo avião já são utilizados visando à redução de custos e ao aproveitamento da capacidade ociosa nas diversas modalidades.

Na década de 1960 surgiu a utilização da informática nas operações das empresas de forma quase primitiva, no início com cartões perfurados e fitas magnéticas, até chegar ao avanço fantástico dos dias atuais. Os computadores hoje não apenas

fornecem dados e informações mas são responsáveis pela solução de problemas complexos como roteamento de cargas, otimização de estoques e alocação de centros de distribuição, além de outras inúmeras funções.

Nessa segunda fase da Logística os elementos mais importantes, segundo Novaes, 2001, foram a “otimização” de atividades e o “planejamento”.

O planejamento da produção era realizado e implementado pelo setor de fabricação segundo seus próprios critérios e objetivos, e ficava sujeito a sofrer alterações sem maiores consultas às demais áreas da empresa, o que na prática acabava por gerar (ainda) estoques excessivos em toda a cadeia de suprimentos.

Buscando minimizar os danos causados por essa política, procurava-se ampliar a abrangência do planejamento, incorporando outros setores da empresa e até fornecedores e clientes; mesmo de forma tímida, já se percebia a importância da colaboração entre os participantes da cadeia logística.

Com periodicidade normalmente mensal, os centros de distribuição da indústria consultavam os varejistas, seus clientes, e faziam previsões de demanda. As previsões eram encaminhadas à direção da empresa que, a partir delas, realizava seu planejamento de compra de matéria-prima e plano de produção. Os fornecedores, informados das previsões, preparavam-se para oferecer o atendimento necessário. Nessa fase, os mecanismos de planejamento e controle mais utilizados foram os sistemas de programação da produção do tipo MRP e MRP II.

O processo de planejamento utilizado naquele momento foi importante e trouxe avanços porque buscava a maior racionalização das operações empresariais, porém apresentava uma deficiência relevante: não havia flexibilidade em relação a tal planejamento; uma vez elaborado ele não poderia ser modificado. As correções acabavam por acontecer na própria produção sem qualquer formalização ou controle mais efetivo. Muitas vezes elas ocorriam no setor de vendas, que fechava novas vendas ou alterava contratos sem qualquer consulta à produção, modificando as previsões e programações iniciais. Esse tipo de ocorrência afetava também os fornecedores que atrasavam a entrega de componentes ou matéria-prima e, desta forma, prejudicava-se toda a cadeia.

A marca maior desta segunda fase da Logística foi a busca inicial de racionalização integrada da cadeia de suprimento, mas, de forma ainda muito rígida, já que não permitia a correção dinâmica do planejamento ao longo do tempo.

### 2.2.3 - Terceira Fase: Integração Flexível

A terceira fase da Logística, segundo o Prof. Novaes, é caracterizada pela integração dinâmica e flexível entre os componentes da cadeia de suprimento, em dois níveis:

- Entre agentes intrínsecos à própria empresa
- Nas inter-relações da empresa com seus fornecedores e clientes.

A integração acontecia apenas entre duas empresas; só na fase seguinte surgiria o propósito de se formar um conjunto de empresas (que se denominaria “Supply Chain”) para realizar uma integração mais completa. Essa integração constitui uma cadeia que abrange desde os fornecedores, passando pela produção, armazenagens e distribuições intermediárias, até o cliente final; à frente, a conceituação irá mostrar que, de fato, uma integração pró-ativa e totalmente abrangente visando a relações de parcerias, só aconteceria nos dias atuais com a logística colaborativa.

A terceira fase, que começou em fins da década de 1980 após a logística ter avançado outras duas, não se encontra ainda implementada em muitas empresas.

Nessa terceira fase, o intercâmbio de informações entre dois elementos da cadeia de suprimento passou a se dar por via eletrônica através do EDI (Intercâmbio Eletrônico de Dados). Antes as informações sobre as operações eram levantadas manualmente e depois digitalizadas e armazenadas em arquivos eletrônicos; deste modo, quando a informação se tornava disponível, não havia mais condições de se agir diretamente sobre grande parte das operações em andamento.

A forma praticada, e tecnicamente possível, para a transação e transmissão de dados servia fundamentalmente para uma avaliação histórica, importante para a tomada de futuras decisões mas pouco valiosas para ações em tempo real. O desenvolvimento da informática possibilitou, na terceira fase de evolução da Logística, uma integração dinâmica de conseqüências importantes na agilização da cadeia de suprimento; como exemplo há o advento do código de barras.

O processo de dados através do código de barras foi muito importante para determinar essa fase, permitindo, de fato, a integração entre elementos da cadeia flexível das vendas com o depósito ou centro de distribuição, constituindo-se num importante mecanismo para controle de estoques.

Nessa terceira fase da Logística havia uma preocupação maior com o cliente; é interessante destacar o aparecimento do conceito de “cliente interno”, ou seja, elementos intermediários da cadeia de suprimento também passaram a ser considerados clientes. Os cuidados com o estoque, que até então eram desprezados na primeira e segunda fases, desta feita “Estoque zero”, passa a ser um objetivo claro e muito forte apesar de impraticável. O sistema mais utilizado para controle e apoio nessa fase foi o sistema japonês *Kaizen* (também conhecido como sistema Toyota), uma forma de atuação sistemática e contínua.

#### **2.2.4 - Quarta Fase: Integração Estratégica (SCM – Gerenciamento da cadeia de Suprimentos)**

Novaes identificou que, nas três primeiras fases da Logística, a integração entre os agentes da cadeia de suprimento acontecia somente em processos físicos e operacionais, como: fluxo de recursos e intercâmbio de informações. Como identificação da quarta fase da Logística registra-se o fato de que ocorre um ganho sensível na qualidade do processo como um todo: as empresas passam a tratar a questão logística de forma estratégica, não mais como um centro de custo puro e simples como nos primórdios mas praticando uma integração rígida. A meta passou a ser trabalhar a Logística para ganhar competitividade e gerar novos negócios. Os agentes da cadeia de suprimento passaram a trabalhar mais próximos, trocando informações, antes consideradas confidenciais, e formando parcerias. A Logística passou a ser usada como elemento diferenciador, de cunho estratégico, na busca de maiores fatias do mercado.

Essa fase já se aproxima da logística colaborativa, porém, ainda tímida, a colaboração é restrita a troca de informações.

Um elemento novo que passou a ser bastante utilizado nessa fase é o *postponement* (postergação), visando à redução de prazos e incertezas ao longo da cadeia de suprimento. Um exemplo conhecido e já clássico de *postponement* é o da Benetton

que encomenda as confecções de suas roupas no Extremo Oriente (China, Coréia, Formosa).

Sendo a moda bastante volúvel, as confecções só são totalmente acabadas e tingidas em locais próximos aos principais centros de consumo na Europa e EUA, e isto é feito pouco antes de distribuí-las às lojas. O *postponement* é assim usado estrategicamente, de forma a melhorar a atuação da empresa no mercado sem prejudicar a qualidade do produto.

Uma das características dessa fase é a crescente preocupação, sobretudo na Europa, com os impactos da Logística no meio ambiente, sendo muito provável, num futuro próximo, a exigência do selo verde para as operações. Isso é consequência da globalização que ampliou muito o transporte de insumos e produtos, congestionando corredores importantes com aumento da poluição do meio ambiente. Outro foco importante é a Logística Reversa que trata do processo de recuperação de materiais diversos (alumínio, papel, plástico) através da reciclagem; isso ocorre principalmente com as embalagens dos produtos que foram movimentados no início do processo.

A quarta fase diferencia-se das outras principalmente pelo surgimento de uma nova concepção no tratamento das questões relativas aos processos logísticos, denominado: SCM - Supply Chain Management (Gerenciamento da Cadeia de Suprimento). Nessa nova abordagem, a integração entre os processos ao longo da cadeia de suprimento continua a ser feita em termos de fluxo de materiais, de informação e de dinheiro mas, agora, os agentes participantes atuam unidos buscando as melhores estratégias.

Não existe um limite definido para a atuação dos agentes dos diversos processos logísticos; os papéis e responsabilidades se entrelaçam, há uma interpenetração das operações realizadas pelos elementos da cadeia. Busca-se redução de estoques e maior qualidade do serviço logístico; num ambiente globalizado, a competição entre empresas passou também a exigir custos reduzidos e prazos curtos no ciclo do pedido.

A missão de melhorar o nível de serviço e ao mesmo tempo reduzir custos fez com que as empresas que atingiram esse grau de evolução na Logística passassem a utilizar a tecnologia da informação de forma intensa e abrissem mão de grandes proteções, interagindo inclusive com concorrentes. Concentraram suas ações em

operações estritamente ligadas às suas atividades principais, terceirizando muitas de suas funções, e buscaram parcerias com fornecedores e clientes. O intercâmbio de informações, mais do que nunca, é intenso nessa quarta fase da Logística, mas o que a distingue significativamente das demais, segundo Novaes, são:

- ênfase absoluta na satisfação plena do consumidor final;
- formação de parcerias entre fornecedores e clientes ao longo da cadeia de suprimento;
- abertura plena entre parceiros possibilitando acesso mútuo às informações operacionais e estratégicas;
- aplicação de esforços de forma sistemática e continuada, visando a agregar o máximo valor para o consumidor final e eliminar os desperdícios, reduzindo custos e aumentando a eficiência.

Em termos de sistema de gestão e controle (de Gerenciamento da Cadeia de Suprimento), o ECR - Efficient Consumer Response (Resposta Eficiente ao Consumidor) vem-se mostrando bastante aceito.

### **2.2.5 - Quinta Fase: Logística Colaborativa**

As pesquisas mostram que nos tempos atuais ainda não há literatura em quantidade ratificando o surgimento dessa quinta fase mas é possível encontrar várias fontes denominando a logística colaborativa como uma “nova onda” .

Iniciativas e trabalhos de pesquisa apresentados em diversos congressos importantes (como CLM, 2002 em São Francisco, EUA; e no Brasil a COPEAD - Rio de Janeiro, no mesmo ano) já apresentam a Logística Colaborativa como um passo adiante do SCM.

As fases anteriores evoluíram de modo a criar uma integração ampla entre fornecedores e clientes de uma mesma cadeia de suprimento, mas, até então, essa integração tinha as seguintes características:

- posicionamento bem mais forte de um determinado agente da cadeia em relação aos demais. Por exemplo: no SCM, a posição de uma grande montadora de automóveis ante os fabricantes de autopeças ou transportadores é mandatória. A montadora determina a cadência da operação, monta a

estratégia e exige ações que garantam o sucesso dessa estratégia. É bastante comum, na prática, fornecedores de peças ou serviços ganharem concorrências e desistirem ao longo do contrato; muitas vezes chegam a falir antes que o contrato termine. O objetivo primeiro é o sucesso da empresa que atua como agente principal no processo.

- A integração fica restrita à troca de informações. Apesar de esse campo já se mostrar bem amplo, não há integração física como, por exemplo, complementação ou conjugação de cargas.

De acordo com um conceito atual, a “colaboração” é uma relação bem mais forte do que a definição do mercado, ou seja, simplesmente troca de informações ou entrega do produto certo no momento preciso, o que se vê em inúmeros exemplos já clássicos, apresentados em maior quantidade pelas montadoras de veículos. De fato, a parceria que gera a integração no SCM é importante e representa um avanço significativo conseguido com êxito por poucas empresas, mas a nova onda em desenvolvimento é a “Logística Colaborativa”.

A nomenclatura ainda não define com clareza o conceito mas já há iniciativas comerciais de patentear o processo, o que tem convencido empresas e profissionais do ramo a aceitar sua definição como conceito definitivo.

A iniciativa comercial mais forte a conceituar a Logística Colaborativa chama-se: “*Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment*” ou simplesmente “CPFR®”.

Segundo definição do VICS “*Voluntary Interindustry Commerce Standards*”, organismo criador do CPFR, esse é um processo que ajuda a automatizar e melhorar previsão de vendas e ressuprimento entre dois parceiros comerciais.

A contribuição prática e conceitual do CPFR é relevante e, apesar de não poder ser considerada definitiva, vale apresentar nesta pesquisa seus princípios de atuação sumarizados (Industry Directions, 2000).

Pela abordagem dos próprios criadores do CPFR, a idéia básica é “ajudar a estender a cadeia logística além da necessidade da demanda”.

A proposta do CPFRR sugere aos parceiros comerciais a busca pela maior acurácia possível na previsão de demanda e vendas e no conjunto do planejamento e efetividade do ressurgimento. Segundo os idealizadores, há registro de diminuição dos estoques e aumento de nível de serviços e vendas.

CPFRR opera como um jogo de processos empresariais nos quais os parceiros comerciais aceitam objetivos empresariais mútuos e medidas que desenvolvam estratégias de vendas e planos operacionais em comum e colaboram na geração e análise dos dados computados eletronicamente, atualizando previsões de vendas e replanejando as operações.

O aumento do nível de comunicação entre os parceiros comerciais implica na ocorrência de alterações na demanda, promoções ou políticas comerciais; juntos, esses parceiros podem administrar e ajustar as previsões e planos no momento preciso enquanto minimizam ou eliminam as correções posteriores, ocorrência sempre mais cara para eles.

Independentemente do rótulo que “CPFRR” confere à logística colaborativa, fica evidente que esta é uma consequência natural da fase anterior, o SCM.

No SCM a integração e colaboração aconteciam de forma a manter os interesses individuais, deveria haver um ator principal no cenário montado e a colaboração assumia a condição principal de troca de informações; o “parceiro minoritário” deveria atender, no menor tempo possível, às necessidades do “parceiro maior”. As cadeias estavam integradas, por exemplo, o banco do automóvel chegava exatamente na hora em que seria montado no carro exato; a carreta trazia os bancos na ordem em que os respectivos carros eram colocados na linha de produção.

A “colaboração” sugere que a carreta que traz os bancos retorne com peças de reposição para algum concessionário ou outra fábrica, nas proximidades da fábrica de bancos, para iniciar novo ciclo. Esse processo reduziria o custo final dos bancos, o custo da autopeça transportada no retorno e aumentaria a rentabilidade de seu fabricante, beneficiando, assim, todos os parceiros comerciais. Colaboração é, na verdade, utilizar todos os meios disponíveis (ou criá-los) para melhorar o desempenho do sistema logístico como um todo, não importando se seu parceiro é um fornecedor, cliente ou um terceiro (até mesmo competidor em alguns casos);

também não importa que este parceiro esteja conseguindo maior vantagem. A logística colaborativa visa promover produtividade, confiabilidade e a favorecer a economia do sistema de tal forma que ele se torne perene, com tendência de ganho para todos.

Para o sucesso deste modelo, no entanto, é preciso que haja alto grau de desprendimento; a cultura das empresas deve permitir a troca (inclusive de estratégias), planejamento em conjunto, e operações de fato interligadas.

A questão cultural é de extrema importância. Em citação do próprio Prof. Novaes, há empresas que ainda estão na fase da integração rígida ou no máximo flexível, modelos de 20 anos atrás. São muitas as organizações nessa fase que, evidentemente, estão muito distantes de compartilhar o mesmo caminhão, quiçá estratégias e planejamento.

Um exemplo perfeito de logística colaborativa, e no Brasil, é a união de esforços da logística dos jornais mais importantes de São Paulo: “O Estado de São Paulo” e a “Folha de São Paulo”. Nem o mais entusiasta e progressista profissional de logística poderia prever o que se tornou realidade: a integração do transporte, portanto planejamento logístico, de forma que o mesmo caminhão, no mesmo tempo, entrega os dois jornais. O caminhão que entrega em uma banca “O Estado de São Paulo”, simultaneamente está entregando a “Folha de São Paulo”.

Como os custos fixos de um caminhão são muito altos, o maior e mais importante para transportes de curta e média distância, certamente os custos com transporte diminuíram nesse caso, principalmente pelo ganho de produtividade (utilização com carga total). Os ganhos não terão sido apenas em transporte mas também em planejamento e estrutura.

Seria um equívoco pensar que o concorrente foi favorecido; hoje, os grandes concorrentes dos jornais impressos são as mídias eletrônicas. Manter o transporte individualizado quando, em momentos quase simultâneos, chegariam dois caminhões para realizar o serviço executável por apenas um, teria encarecido o produto, afastado o consumidor e fortalecido jornais eletrônicos ou televisivos. Inocência teria sido pensar que entregar somente o próprio jornal levaria a uma vantagem competitiva, já que, fazendo-se isso bem, o outro jornal não teria oportunidades de fazê-lo com o mesmo êxito.

Esse exemplo é real e, além de mostrar claramente os conceitos de Logística Colaborativa, reforça outro item importante, distinto do SCM, que é a colaboração entre elementos não pertencentes à mesma cadeia de suprimento direto. Assim também é o caso soja/fertilizante escolhido para aplicação nesta tese de doutorado.

### 2.3 - Transporte Colaborativo

O transporte é a parcela que representa o maior custo logístico. Se tomarmos como base os números norte-americanos que representam um melhor registro de informações, o transporte foi responsável por 62% dos custos logísticos totais em 2001, conforme demonstrado na figura 2.2.

Os gastos totais com logística alcançaram US\$ 970 bilhões e somente o transporte gerou recursos da ordem de US\$600 bilhões.

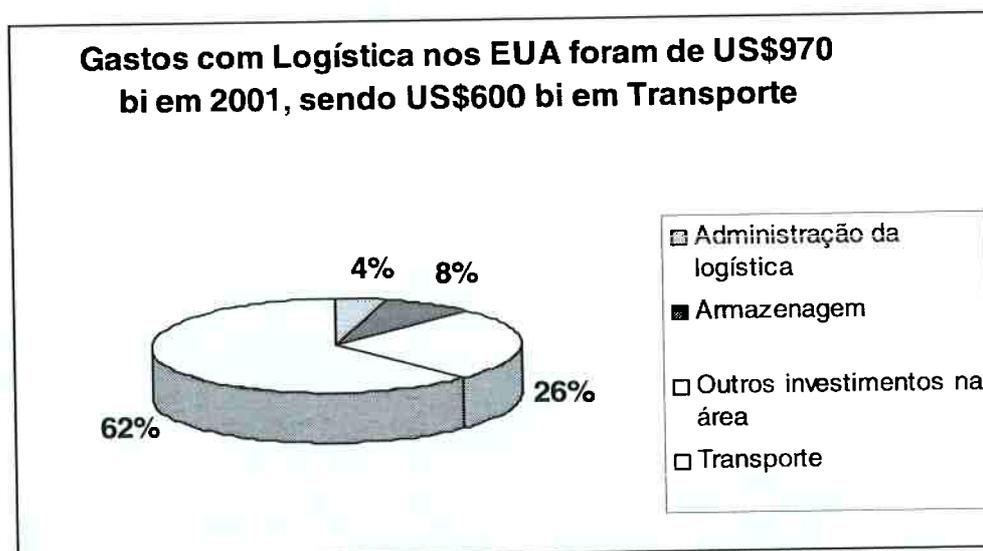


Figura 2-2 : Gastos com Logística EUA, 2001

(Fonte: Cass/ProLogis13 ° Annual State of Logistics Report)

Apesar de não haver estatísticas suficientes no Brasil bem como números absolutos do PIB e os números relativos da logística frente ao PIB serem bem diferentes, é possível deduzir que também o país gaste com transporte em mesma proporção com

relação à logística, ou seja, 60% de US\$226 bi, resultando em recursos da ordem de US\$135,6 bi.

São valores que significam muito recurso e, como é amplamente divulgado, são cifras que compõem o “Custo Brasil”. O transporte é um dos itens mais significativos nas contas finais dos recursos gastos com os produtos brasileiros tanto para o mercado interno, quanto para produtos a serem exportados.

Os conceitos apresentados e, principalmente, os números justificam amplamente os esforços no sentido de otimizar o transporte e reduzir os gastos com essa operação.

O Transporte Colaborativo é uma ferramenta ou conceito recente que vem ao encontro desse objetivo e um meio importante para alcançar a viabilização da carga de retorno.

A forma mais eficaz de diminuir-se gasto com transporte é aumentar a produtividade do equipamento (não importa o modal escolhido). Aumentar a produtividade dos equipamentos de transporte significa maximizar efetivamente a sua utilização transportando carga; este objetivo é bastante factível se houver ciclos de viagem com o equipamento sempre carregado.

A colaboração se dá com o compartilhamento dos mesmos recursos, especificamente a utilização do mesmo equipamento de transporte para um ciclo fechado de movimentação de cargas.

A forma viável de conseguir-se sempre carga de retorno é reunir os participantes da mesma cadeia logística ou embarcadores que ofereçam cargas complementares, ou seja, cargas compatíveis com o equipamento de transporte disponível na rota complementar, gerando a carga de retorno. Esse é o conceito mais elementar para o transporte colaborativo.

Nos EUA, essa prática já acontece com maior frequência e, juntamente com as demais ações visando a diminuir os custos com transporte, tem trazido resultados significativos; haja vista que a logística naquele país representa menos de 10% do PIB enquanto que, no Brasil, esse número é próximo de 20%, conforme já citado. Ratifica-se esse raciocínio, como demonstrado na figura 2.3 onde se notam os custos de transporte com relativa estabilidade nos últimos anos.

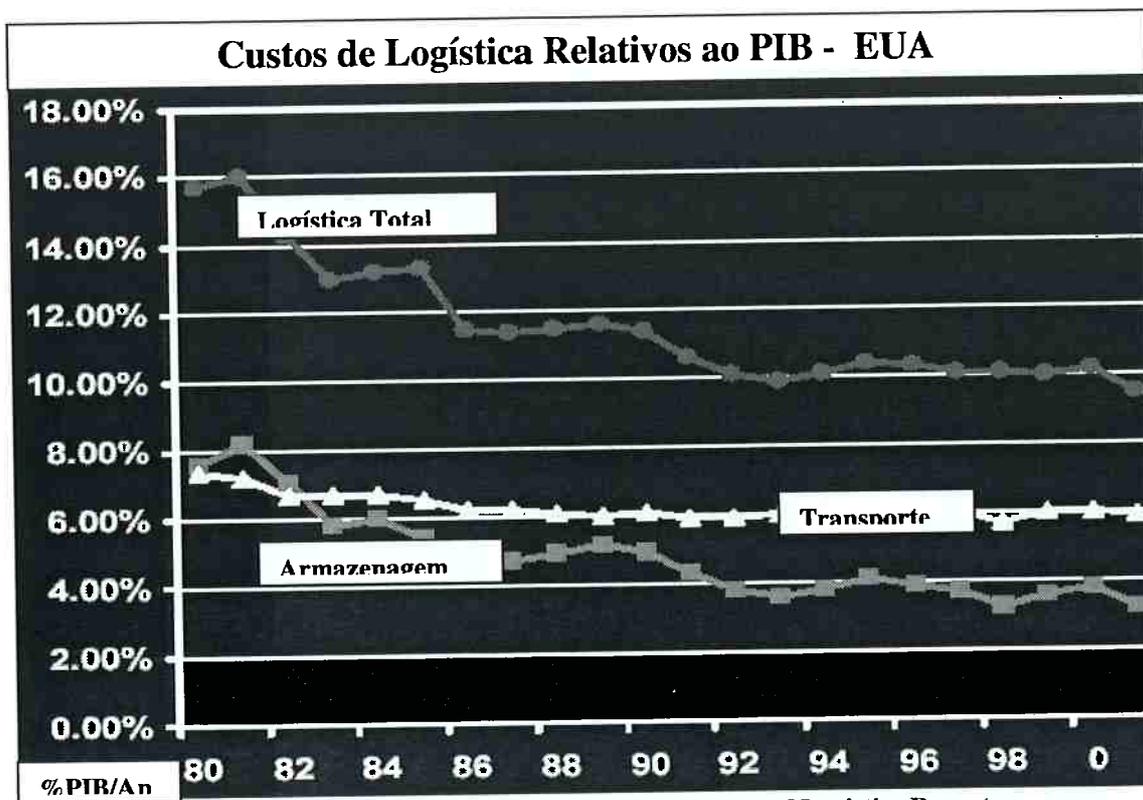


Figura 2-3: Fonte: Cass/ProLogis, 13 ° Annual State of Logistics Report

Então, para o transporte de grandes volumes, a carga de retorno é fundamental e a aplicação do conceito de colaboração pode ser uma ferramenta importante, como é para os objetivos desta pesquisa.

O “Transporte Colaborativo” (tratado com detalhes conceituais no capítulo 4) foi instituído como conceito no ano de 2000 nos Estados Unidos da América, surgindo a partir de uma segmentação e estudo particular do “CPFR” (*Collaboration Planning, Forecasting, and Replenishment*). A forma mais usual de aplicação do Transporte Colaborativo atinge os elementos de uma mesma cadeia de suprimentos: compradores, vendedores e transportadores. Conceitualmente, a abrangência ocorre em três categorias principais: planejamento estratégico, previsão de demanda, re-suprimento e execução física. Nota-se que essa abrangência está em linha com o objetivo desta pesquisa.

O Gerenciamento do Transporte Colaborativo, parte do objeto desse trabalho, busca desenvolver relações de colaboração entre compradores, vendedores, transportadores

e, assim, melhorar serviços, conferir eficiência e diminuir custos associados com o transporte e processo de entrega.

A questão nova a ser abordada, relativa ao conceito mais usual do Transporte Colaborativo, é a colaboração entre empresas que possuem logísticas complementares e não integrantes da mesma cadeia de suprimentos, com o elo clássico Comprador/Fornecedor. Aspecto inexplorado na literatura, apresenta potencial muito grande tanto conceitual quanto prático.

A aplicação ao caso soja/fertilizantes traz esse apelo, ou seja, o transporte de soja (como será mostrado ao longo do trabalho com detalhes) é complementar ao transporte de fertilizantes, ensejando com ênfase o transporte conjugado.

O resultado mais importante a ser conseguido no Transporte Colaborativo é redução de custos com maximização da utilização do recurso de transporte (caminhões para o caso) e tem como agente fundamental o transporte conjugado; no caso desta pesquisa, esta meta é atingida com elementos que não pertencem à mesma cadeia de suprimentos mas que se complementam na logística.

No capítulo 4, Revisão Bibliográfica, são tratadas com maior profundidade as questões conceituais do Transporte Colaborativo.

A aplicação da metodologia proposta nesta tese refere-se à movimentação de soja e fertilizantes, com o objetivo claro de conjugar essas cargas e, assim, promover o transporte colaborativo entre empresas que pertencem à mesma corporação.

## **2.4 - Apresentação de Casos Genéricos de Colaboração**

### **2.4.1 - Caso Procter & Gamble/Carrefour Projeto “Backhauling”**

PROCTER & GAMBLE (P&G) é uma das maiores empresas mundiais de produtos de consumo, com faturamento anual na faixa de US\$ 40 bilhões. CARREFOUR é uma das maiores cadeias varejistas do mundo com vendas anuais na ordem de EU\$ 65 bilhões.

No Brasil, a P&G é bastante conhecida pelas marcas de sabão em pó Ariel, fraldas Pampers e batatas Pringle's. Tem duas fábricas principais, para os dois primeiros produtos, localizadas na Grande São Paulo. O CARREFOUR BRASIL consiste de

mais de 30 hipermercados e 50 lojas, faturando anualmente cerca de R\$ 8 bilhões. Tem um moderno Centro de Distribuição (o CD-A) localizado no km 18 da rodovia Anhanguera, com cerca de 80.000 m<sup>2</sup>.

#### O Projeto *Backhauling*:

O relacionamento entre comércio supermercadista e indústria, no Brasil, tradicionalmente tem sido um jogo de soma zero. Entretanto, a potencialidade de ganho no trabalho conjunto de transportes de produto acabado fez com que a P&G e o Carrefour superassem esse entrave.

O projeto conjunto P&G/Carrefour ganhou o Prêmio de Destaque da Associação Brasileira de Movimentação e Logística em 2000.

O Carrefour compra 95% de suas mercadorias pela modalidade CIF com grande parcela entregue no CD-A para posterior distribuição às lojas. Os caminhões com produtos da P&G iam ao CD-A e voltavam vazios. Por sua vez, os veículos que abastecem as lojas a partir do CD-A costumam retornar vazios ao centro de distribuição para pegar nova carga.

No sistema P&G/Carrefour os caminhões se encontravam vazios, em média, em 88% da quilometragem.

No projeto, um veículo de um mesmo transportador (fornecedor comum da P&G e Carrefour) deveria ser utilizado para fazer a corrida de uma fábrica da P&G até o CD-A, descarregar e embarcar uma nova carga destinada a um hipermercado Carrefour. Esta loja, sendo localizada próxima à segunda fábrica da P&G, permitiria que o veículo percorresse apenas um pequeno trecho vazio até o outro (terceiro) carregamento. Ele então retornaria ao CD-A, descarregaria a mercadoria da P&G e pegaria nova carga para outro hipermercado, por sua vez situado próximo à primeira fábrica da P&G de onde retornaria após abastecer a segunda loja do ciclo, pegando mais material, indo ao CD-A e assim por diante.

Com a implantação deste projeto, a quilometragem vazia reduziu-se para 48% e o custo total de transporte de entrega e transferência da P&G + Carrefour sofreu uma redução de 53%.

### Colaboração na Cadeia de Suprimentos:

O novo conceito que está revolucionando a cadeia varejista chama-se *CPFR: Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment* (Planejamento, Previsão e Reposição Colaborativos). Sua missão é melhorar a parceria entre comércio e indústria através de processos e troca de informação de maneira colaborativa. O projeto Backhauling busca a implementação do conceito de logística. Sua característica principal foi utilizar um gerenciamento do processo onde:

- Há um cliente para o qual se cria valor
- São usados ambientes multifuncionais
- É baseado no trabalho em equipe
- Tem metas estratégicas comuns
- Usa uma previsão única baseada no cliente (curto e longo prazo)
- Depende da sincronização perfeita dos ciclos de pedidos (fábricas, CD-A, lojas)

Para o sucesso do projeto citado foi fundamental a compreensão, por todos os agentes, da necessidade de colaboração para se obter o ganho.

Foi importante a visão sistêmica do processo, uma meta perseguida durante todo o tempo. Os veículos do projeto Backhauling, por exemplo, devem ter prioridade de carga e descarga nas fábricas, CD-A e lojas pois, caso contrário, as filas podem anular todo o ganho conseguido com o projeto.

**Fonte deste tópico: Procter & Gamble Brasil**

### **2.4.2 - Caso Maggi**

O projeto de transporte de soja, por caminhões, a partir de regiões do Mato Grosso à Porto Velho e de lá para Itacoatiara, por hidrovia pela bacia Amazônica, é um dos mais importantes casos de sucesso em iniciativa logística no Brasil e também um exemplo de sucesso de colaboração. Esse projeto foi idealizado pelo grupo Maggi, maior empresa individual na produção de soja no Brasil e uma das maiores no mundo.

O grupo Maggi iniciou sua história com seu fundador e patriarca da família, o gaúcho André Maggi, filho de imigrantes italianos, falecido em 2001 com 78 anos; na ocasião ele terras a valores muito baixos no deserto Estado de Mato Grosso, ignorando advertências dos plantadores do Paraná, onde havia iniciado o plantio da cultura uma década antes. Corrigindo a acidez do solo, desenvolvendo variedades de sementes e financiando pequenos agricultores cuja produção comercializava, os Maggi transformaram-se nos desbravadores das novas fronteiras agrícolas do Brasil. As empresas compõem um conglomerado com 13 empresas – da agricultura à construção civil e da pecuária à navegação. Com um faturamento anual de US\$ 400 milhões, além das 120 mil toneladas que produz, vende um milhão de toneladas de outros produtores – basta dizer que a última safra brasileira de soja bateu a casa de 31 milhões de toneladas. Em apenas 20 anos, a trajetória dos Maggi tornou-se lendária não apenas no campo empresarial. Eles chegaram a fundar e emancipar um município – Sapezal – no coração do cerrado. Ergueram um hospital com 78 leitos e uma usina hidrelétrica que gera luz para 20 mil pessoas. São hoje o maior plantador e exportador de soja do país, continuam expandindo os negócios e têm planos arrojados de crescimento; com a recente incorporação de terras de Olacyr de Moares, o grupo totaliza 95 mil hectares plantados na safra 2002/2003 e colheita de 5,3 milhões de sacas ao ano; fontes oficiais do grupo afirmam só parar a expansão quando a área plantada alcançar 150 mil hectares.

Blairo Maggi, engenheiro agrônomo formado nos Estados Unidos, é o idealizador do projeto de transporte aquaviário pela bacia amazônica; comandou o grupo até final de 2002 quando deixou a presidência das empresas para assumir o cargo de governador do estado do Mato Grosso.

O Projeto tinha um objetivo claro e direto: Logística. Articular, via rio, uma saída para o mar, encurtando o caminho da soja para exportação; no MT, o ponto de concentração da soja é a cidade de Sapezal. Para a empresa, a logística resultante desse projeto foi fundamental já que 70% das exportações do grupo são realizadas por essa via.

O Projeto foi implementado pelo Grupo Maggi por meio de sua empresa de navegação fluvial Hermasa e pela Administração das Hidrovias da Amazônia Ocidental, vinculada ao Ministério dos Transportes. Os empresários construíram o

novo porto de Humaitá no início da hidrovia do Rio Madeira e outro, em parceria com o Governo do Amazonas, em Itacoatiara onde Rio Madeira e Rio Amazonas se encontram. A própria Hermasa deve supervisionar o embarque de 80 mil toneladas de soja num navio de 200 metros de comprimento: ele atravessará o Canal do Panamá e atracará em Osaka, no Japão. A mão humana só vai tocar nessa soja quando uma dona de casa japonesa tirar a lata de óleo da prateleira de um supermercado.

Não bastou apenas dinheiro e ousadia, mas tecnologia. A representação disso se vê na composição que chega a Itacoatiara, cidade à beira do Rio Amazonas e a 260 quilômetros de Manaus. É um barco de médio porte empurrando nove chatas (barcaças) interligadas que medem 200 metros de comprimento por 33 metros de largura, sob controle via satélite e com tripulação inferior a uma dezena de pessoas. Neste conjunto vão 16 mil toneladas de soja procedente do Mato Grosso. Um carregamento desses substitui 600 caminhões. Quando as marés baixas ameaçaram provocar o encalhe de seus navios-rebocadores, foi importado um equipamento de sonar dos Estados Unidos para mapear o leito do rio. Quando os troncos que flutuavam rio abaixo, partindo de locais de operações de empresas madeireiras situadas rio acima, ameaçavam abrir rombos nos cascos daqueles navios, foram utilizados propulsores próprios de navios quebra-gelo finlandeses. No porto é utilizada uma tecnologia de bombeamento a vácuo, não encontrada mesmo nos Estados Unidos, para descarregar as barcaças e depois colocar a soja em navios de carga de 50 mil toneladas, à razão de 25 toneladas por minuto.

O projeto vem trazendo **uma economia de 20% no frete para exportação da soja**. Foi essa estratégia que inverteu a logística anterior, criando uma saída ao norte do País para o produto brasileiro. Navios de bandeira européia e asiática trocam a água salgada e singram pelo caudaloso Rio Amazonas 1.100 km adentro. Economiza-se tempo e dinheiro: além do frete, os navios deixam de lado a forma convencional, ou seja, buscar a soja nos portos de Santos (SP) e Paranaguá (PR), economizando seis dias na viagem de ida e volta.

Desde 1997, quando foi inaugurada, até 2002, a alternativa fluvial Madeira-Amazonas-Itacoatiara deu saltos expressivos em produção. O projeto partiu com 350

mil toneladas de soja, atingindo 1.100 mil toneladas em 2001 e 1.500 mil toneladas em 2002. Recentemente o esquema passou a incorporar o transporte de milho.

Foram investidos US\$ 20 milhões em dois portos flutuantes: em Porto Velho, capital de Rondônia, ponta inicial da hidrovia e em Itacoatiara. O porto flutuante compensa o sobe-e-desce dos rios que, entre as estações seca e chuvosa, marca uma diferença de nível de 14 metros.

Os investimentos totais alcançaram a cifra de US\$ 60 milhões e foram assim cotizados: Grupo Maggi: US\$ 24 milhões; BNDES US\$ 24 milhões; Governo do Estado do Amazonas: US\$ 12 milhões.

Inevitável é a comparação com modelo semelhante nos EUA através do Rio Mississippi; ali, 15 configurações de barcaças carregadas com soja de Iowa e Illinois aguardam, em fila e durante horas, para passar por uma série de eclusas rangentes, construídas há 80 anos, que as levarão ao nível do mar em New Orleans. Lá, a carga será transferida para navios cargueiros com destino a portos estrangeiros. Cada hora de atraso custa cerca de US\$ 500 aos fazendeiros americanos.

Na corrida para transportar a soja, Brasil, Argentina e China estão na dianteira, antepondo-se aos Estados Unidos que foram o campeão durante longo tempo. Enquanto os concorrentes investem pesadamente na redução do tempo e do custo de transporte, os americanos reclamam do rio, que antes contribuía para a liderança dos Estados Unidos em agricultura a preços baixos; a mesma prática agora está lhes custando cerca de US\$ 100 milhões por ano em demoras. O Brasil, que sempre teve na logística de escoamento de sua safra seu principal gargalo, passa a ter uma vantagem competitiva com o Projeto fluvial pela bacia amazônica.

Nos últimos cinco anos, a parcela dos Estados Unidos nas exportações mundiais de soja sofreu baixa de 27%, caindo para cerca de 53% do mercado global. Durante esse período, os brasileiros mais do que duplicaram a sua participação no mercado de exportação do produto.

A figura 2.4, extraída da página governamental na internet, “Administração das Hidrovias da Amazônia Ocidental”, mostra o mapa representativo do trecho da bacia utilizado pelo projeto de Maggi.

A colaboração não ocorreu somente entre produtores, liderados por Maggi e o governo, mas também entre estes, empresários e mercados que participam com a carga no sentido contrário.

Há que se salientar ainda, sob os pontos de vista estratégico, político e econômico, os reflexos na expansão da fronteira agrícola, na formação de infra-estrutura, na disseminação das fontes de trabalho e renda e nos diversos níveis de atividades que dependem dos fluxos de produtos, mercadorias e serviços.

A importância de esforços e incentivos para a ampliação da malha hidroviária da Amazônia Ocidental se confirma pela necessidade de dotar a região de condições técnico-operativas para competir na conquista de novos produtos, processos e mercados, integrando-se mais fortemente ao contexto nacional produtivo. É marcante, sobremaneira, quando promove redução das diferenças regionais, através da adoção de tecnologias na infra-estrutura básica e ao permitir maior valor agregado, elevando índices de crescimento e desenvolvimento sócio-econômico.

São transportados nesse complexo, além da soja, diversos tipos de carga sendo os principais: fertilizantes, derivados de petróleo, cimento, frutas, eletroeletrônicos, veículos, produtos frigorificados, seixo, bebidas, carga geral etc.

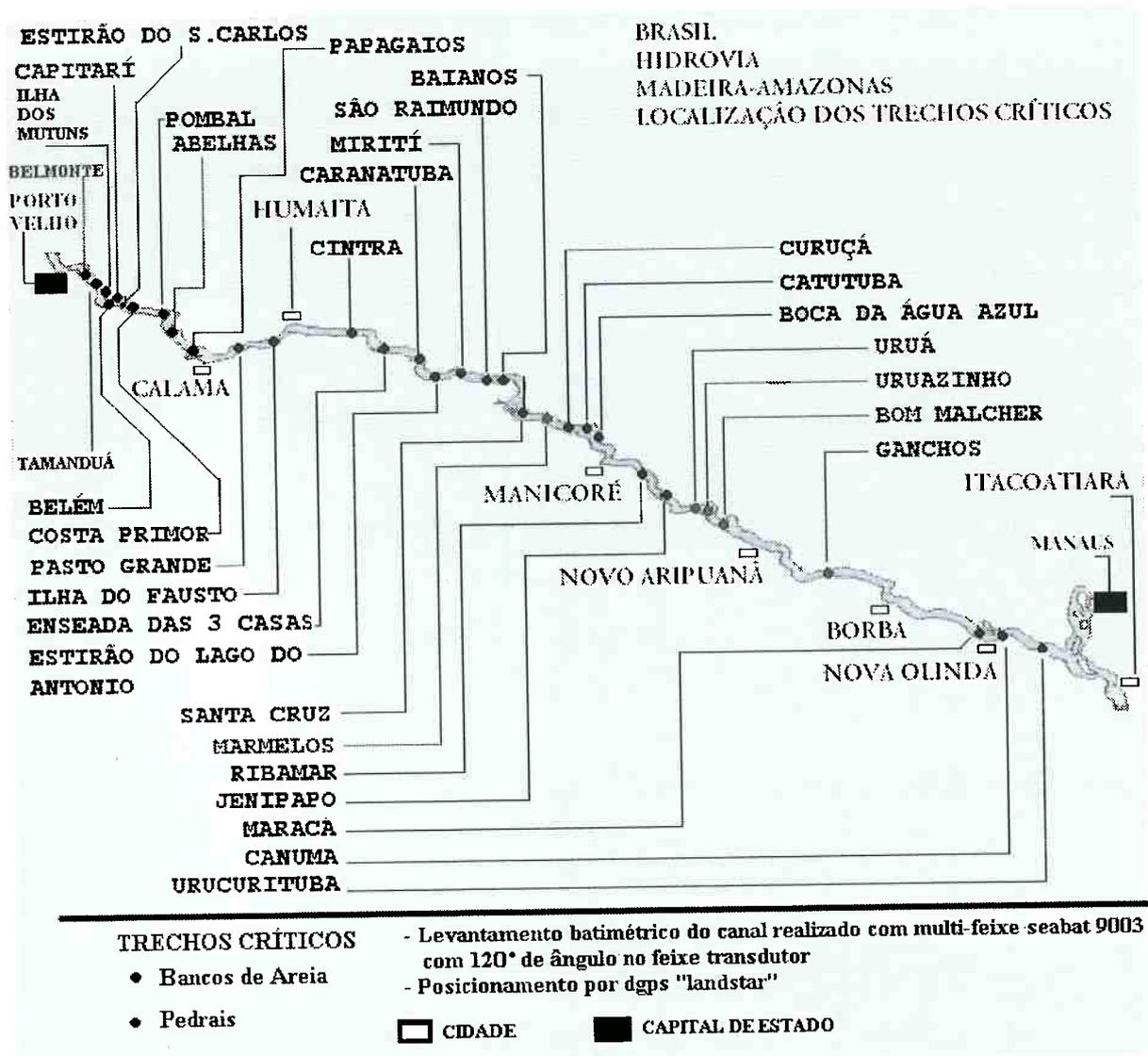


Figura 2-4: Mapa do trecho utilizado no Projeto de exportação de Soja

As figuras 2.5 e 2.6 ilustram as barcaças em operação.

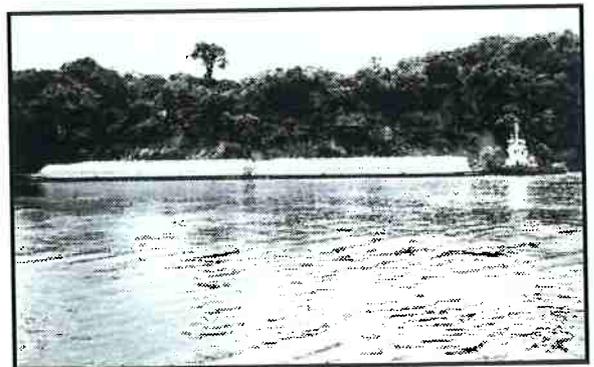
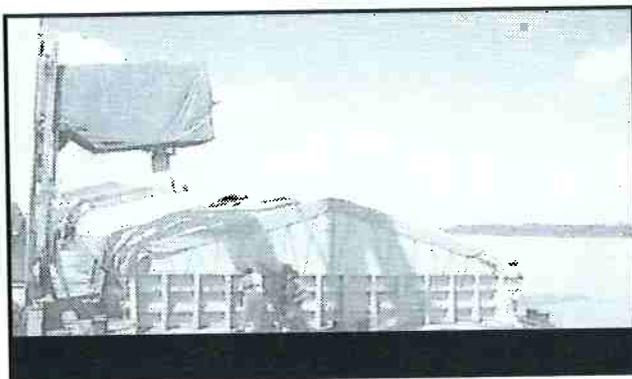


Figura 2-5 e Figura 2-6: Barcaças em operação

Os dados e informações para elaboração dessa descrição de caso foram extraídos de informes da imprensa e organismos vinculados ao governo brasileiro, citados no capítulo final (Referências Bibliográficas).

### **2.4.3 - Caso Cia Vale do Rio Doce**

A privatização da Cia Vale do Rio Doce (CVRD) fez surgir no mercado não só a mais importante mineradora e produtora de aço do Brasil e uma das maiores do mundo mas, também, uma empresa com grande força logística.

Esse texto procura mostrar o resultado do esforço da CVRD em integrar as suas cargas próprias com as cargas em sentido contrário captadas no mercado por sua divisão de serviços logísticos que se estendem e se complementam em outros serviços prestados.

Mesmo antes de qualquer movimento conceitual de “Logística colaborativa” visando a otimizar a utilização de seus ativos, a CVRD, assim que privatizada, buscou realizar a colaboração entre suas diversas divisões e entre seus parceiros e clientes.

A utilização de seus recursos, que até o momento da privatização servia somente ao propósito de movimentar a sua própria carga, desde então vem crescendo na prestação de serviços, tornando-se fundamental no cenário logístico do país e fazendo dessa empresa uma das maiores operadoras logísticas do Brasil (se não a maior em carga movimentada), reconhecida não só pelo transporte ferroviário mas por serviços portuários e armazenagem, entre outros.

Entre os ativos que suportam a cadeia logística da CVRD e que conferem segurança na prestação de serviços para seus clientes, destaca-se a mais extensa malha ferroviária do Brasil, responsável pelo transporte de dois terços de toda a carga ferroviária brasileira. A Companhia possui pátios, armazéns, terminais e complexos portuários nos estados do Maranhão, Sergipe, Pará, Espírito Santo, Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, que possibilitam a implementação de serviços especiais como a conectividade entre ferrovias, portos e modal rodoviário.

A experiência da CVRD atinge 60 anos de experiência e pertence a um dos maiores grupos privados do país, que possui uma sólida base de ativos localizados em regiões de grande importância estratégica e econômica.

A CVRD vem se atentando ao fato de que sua impressionante infra-estrutura logística, construída ao longo de décadas, poderia servir a outros propósitos além de garantir maior competitividade às suas exportações de minério de ferro, transformando-se em um lucrativo negócio; esta lucratividade seria resultado do fenômeno decorrente da integração de cargas, modais e empresas, a “Colaboração” de fato sem, contudo, aplicação do rigor da conceituação atual de “Logística Colaborativa”. Nota-se que os esforços no sentido de praticar a colaboração e empenhar-se em realizar investimentos nesse mercado vem trazendo resultado já que, em 2001, a logística correspondeu a 20% do faturamento bruto de R\$ 11 bilhões da CVRD. Até setembro de 2002, investindo cerca de US\$ 120 milhões na expansão e melhoria de seus serviços de logística, a área já respondia por 25% da receita bruta da empresa, apontando um crescimento de 20% ao ano.

A CVRD opera 17 mil quilômetros de malha ferroviária (o que corresponde a 61% do total brasileiro, malha dividida para quatro empresas); são oito terminais e complexos portuários no Maranhão, Sergipe, Pará, Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro além de pátios, armazéns e uma estação aduaneira interior (EADI). Com essa infra-estrutura, a CVRD é responsável por 16% da movimentação de cargas no Brasil e 65% da movimentação portuária brasileira de granéis sólidos (na sua maioria composta por minério de ferro extraído de suas minas).

Desde os anos 90, a meta da CVRD é ampliar cada vez mais a oferta de serviços para terceiros. Ao mesmo tempo em que ampliava sua carteira de clientes, a companhia investiu pesadamente na aquisição de novas ferrovias e terminais marítimos aproveitando a onda de privatizações. As novas aquisições, somadas à antiga infra-estrutura logística própria da CVRD, foram-se transformando em uma grande estrutura, até certo ponto, carente de organização. Como a gestão de ativos de logística da Vale era bastante descentralizada, faltava a integração de esforços e ordenação de recursos para se extrair a máxima produtividade de cada uma de suas partes.

Foram definidos então seis "corredores econômicos" que funcionam como se fossem fábricas, com gerentes próprios e metas de desempenho e lucro. São eles: Centro-Oeste à Santos; Campinas à Salvador; Centro-Oeste à Vitória; Vitória à Minas

Gerais; São Luís à Carajás; e Belo Horizonte à Vitória e Rio de Janeiro. O resultado esperado é o crescimento em transportes em mercados como: cargas gerais, soja, fertilizantes, aço, cimento, papel e celulose, combustível, produtos químicos e contêineres.

Com variedade de produtos de autopeças a soja, uma grande aposta são os serviços intermodais que permitem que contêineres sejam transportados por rodovia, ferrovia e porto, na modalidade porta a porta. Para oferecer esse serviço, a CVRD faz parceria com outras empresas, principalmente na contratação de frete rodoviário. Além disso, a empresa criou três roteiros de trens expressos: Vitória/Belo Horizonte/Uberlândia; São Paulo/ Campinas-Santos/Triângulo Mineiro /Centro-Oeste (Anápolis-Goiânia e Brasília) e São Paulo (Paulínia)/Belo Horizonte/Montes Claros/Salvador (Camaçari).

Uma das empresas que utiliza o trem expresso é a Ford. Desde setembro do ano passado, a CVRD transporta autopeças (motores, câmbios, pneus, rodas, suspensões e vidros) de Campinas para a fábrica da Ford em Camaçari (BA). A operação "porta-a-porta" para a Ford exigiu investimentos de R\$ 10 milhões no terminal de Camaçari (TERCAM) em ramais ferroviários, armazéns e equipamentos em parceria com a empresa Katoen Natie, encarregada da operação do armazém. O contrato tem duração de três anos.

Toda a carga dos fornecedores da Ford é centralizada em Campinas e embarcada para Camaçari em um percurso de cerca de 2,8 mil quilômetros, pela Ferrovia Centro Atlântica (FCA), uma das empresas controladas pela CVRD.

O contrato prevê: coleta dos contêineres na fábrica; o transporte rodoviário até o CD da Katoen Natie em Paulínia (SP); *handling* dos contêineres caminhão-vagão no CD Paulínia; transporte ferroviário até o Tercam em Camaçari e recepção da carga e transferência para a planta da Ford. O *transit time* é de sete dias.

Já para a Sementes Selecta, a CVRD montou um plano de logística que utiliza o transporte intermodal para a exportação de 250 mil toneladas de soja por ano. Fundada em 1984, a Selecta faturou R\$ 63 milhões no ano passado com a venda de soja.

A coleta do grão é feita por caminhões contratados pela CVRD em 17 armazéns espalhados por nove cidades de Goiás. De lá, os veículos levam o produto até um

terminal intermodal em Uberlândia (MG) onde a carga é transferida para os trens da FCA. Depois, o produto é novamente transbordado para a Estrada de Ferro Vitória-Minas (EFVM), também da CVRD, e chega ao Terminal de Produtos Diversos (TPD) de Tubarão, terminal da empresa no Espírito Santo. Lá os grãos são armazenados em silos e seguem para o embarque em navios pelo sistema de correia. Procura-se chegar a uma perda mínima de produtos; outra preocupação, nesse caso Selecta, é transportar os produtos de forma segregada, com o cuidado de separar, por exemplo, os produtos transgênicos dos demais, já que a venda da soja geneticamente modificada é restrita em determinados países da Europa. Assim, é necessário saber exatamente o que cada fazenda produz para segregar a produção e mandá-la para o mercado específico, utilizando para isso tecnologia de GPS que permite rastreamento por satélite das sementes saídas das fazendas. O “pacote de logística” já inclui o preço do seguro para o transporte intermodal que unifica, numa só operação, os modais rodoviário, ferroviário e marítimo.

Complementando sua oferta de modais de transporte, a CVRD também lançou, no final da década de 90, um serviço de cabotagem de carga geral operado por sua companhia de navegação, a Docenave. Os resultados surgiram rapidamente: a Docenave detém, segundo estatísticas da CVRD, 45% do mercado. Por esse modal são transportados 5 mil contêineres por mês. Além disso, a CVRD ainda investiu pesadamente em terminais portuários especializados em carga geral, o que permite que movimente atualmente mais de 19 milhões de toneladas. Dona dos maiores portos graneleiros do país - Tubarão, no Espírito Santo e Ponta da Madeira, no Maranhão -, a empresa venceu a licitação do Terminal de Vila Velha (TVV), cais público da Companhia Docas do Espírito Santo (CODESA), onde montou uma operação moderna de movimentação de contêineres. Só em equipamentos de última geração foram gastos US\$ 2,3 milhões no TVV, em 2001. A produtividade média do terminal aumentou de 15 para 50 movimentos por hora e a capacidade de movimentação chega a 180 mil TEUs (contêineres de 20 pés) anuais. Por contrato, o terminal deve movimentar pelo menos 70 mil TEUs por ano, o que já foi atingido. Em parceria com a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), a CVRD ainda detém o controle do Sepetiba Tecon, o terminal de contêineres do porto de Sepetiba (RJ), um

dos portos de maior calado do Brasil e candidato a ser um *hub port* (concentrador de cargas). Em 2002, o terminal obteve um crescimento de 132% no embarque de produtos siderúrgicos e de 43% na movimentação de carga geral, principalmente na área de apoio a indústria de petróleo e usinas termelétricas.

A CVRD trabalha buscando soluções para os problemas de calado de Tubarão, um de seus portos, já que, em operações de *cape size* para soja e farelo, há a necessidade de o navio fazer operações fragmentadas e, portanto, mais caras pois o carregamento é iniciado em outro porto e concluído em Tubarão, em uma operação conhecida como “*top off*”. Os custos, naturalmente, são mais elevados do que os de uma operação totalmente realizada em Tubarão. O terminal da CVRD garante redução do tempo de permanência dos navios no Brasil proporcionando fretes mais baixos para os clientes - cerca de US\$ 2 o menor, por tonelada - e maior competitividade para o produto brasileiro na Europa, o principal mercado consumidor da soja brasileira compensando, assim, o acréscimo da operação portuária por adição de mais um atracamento.

Na busca de soluções logísticas e bastante focadas na sua forte vocação ferroviária, só em 2001 a CVRD investiu na logística de minérios (ou seja, carga própria da CVRD) US\$ 20,6 milhões na compra de vagões e locomotivas e mais US\$ 9 milhões na aquisição de locomotivas e vagões para o transporte de carga geral.

Com base em contratos firmados com seus clientes, a companhia decidiu também abrir licitação internacional para comprar 3,5 mil novos vagões de transporte de carga geral e minério de ferro para suas malhas ferroviárias, além de 138 locomotivas. Em 2003 deverão chegar 1,8 mil vagões e 64 locomotivas para a Estrada de Ferro Vitória-Minas, para a FCA e para a Estrada de Ferro Carajás. O valor da transação do primeiro lote é de R\$ 180 milhões. O projeto será concluído em dezembro de 2004. A prioridade para as aquisições de vagões é no mercado interno mas, para garantir o suprimento da demanda de vagões, parcerias internacionais estão sendo estudadas; entre estes parceiros há fabricantes chineses.

A Estrada de Ferro Carajás (EFC) e a Estrada de Ferro Vitória-Minas, construídas pela CVRD inicialmente para o transporte de minérios, são consideradas exemplos de produtividade no setor.

Os investimentos da CVRD em logística em 2001 também foram relevantes na área portuária, para o que destinou US\$ 2,9 milhões na ampliação do terminal de Praia Mole, no Espírito Santo e US\$ 2,6 milhões no aumento de pátio para movimentação de gusa. No chamado Sistema Norte (composto pela Estrada de Ferro Carajás e pelo Terminal da Ponta da Madeira em São Luís, no Maranhão) foram destinados US\$ 6,3 milhões para a construção de um pátio de estocagem e US\$ 4,1 milhões na construção do Pier III do porto.

O projeto de construção do terceiro píer em Ponta da Madeira deve absorver mais de US\$ 29,7 milhões e sua conclusão está prevista para 2003. A capacidade do porto será elevada para 72 milhões de toneladas de minério e pelotas de ferro e manganês, o que deverá torná-lo o maior do país em movimentação. O píer poderá receber, em média, 50 graneleiros de até 200 mil toneladas por mês. Atualmente, o porto tem capacidade para embarcar 56 milhões de toneladas de carga por ano e atende a cerca de 28 navios por mês. O minério de ferro é responsável por 93% dos produtos embarcados nos dois píeres em operação mas ainda não passam por ali produtos como ferro gusa, manganês e soja.

À medida que a CVRD oferece soluções de logística integrada a suas próprias divisões produtivas, seus fornecedores e a seus clientes, pratica a “Colaboração” em larga escala já que, para fazer frente à sua grande estrutura, obriga-se a movimentar grandes volumes, sob pena de um revés financeiro grave.

A integração não acontece só com as cargas, mas nos serviços de logística como um todo. O porto se torna competitivo na medida em que recebe navios de importação de contêineres e fertilizantes e trabalha na exportação de soja e carros; os trens são dimensionados em uma logística capaz de movimentar a soja num sentido e fertilizantes no sentido contrário, sendo este assunto o objeto desta tese.

Este texto enfatizou a estrutura e investimentos da CVRD com o intuito de ratificar a convicção de que, mesmo em grande escala, é possível obter-se a colaboração entre as empresas na logística; mais do que isso, essa é uma questão de competitividade e sobrevivência no mercado atual.

## **CAPÍTULO 3 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DE APLICAÇÃO DO TRANSPORTE COLABORATIVO: SOJA E FERTILIZANTES.**

Neste capítulo, em que se apresenta a situação atual do agronegócio brasileiro, o objetivo é retratar os aspectos da produção agrícola, a agroindústria e a importância dessas atividades para a economia do País.

Com maior profundidade, será tratada a cultura de soja e o negócio fertilizante com ênfase para suas respectivas movimentações individuais e conjugadas, novamente contextualizando essas atividades na economia do país.

O foco principal desse capítulo é caracterizar o ambiente que servirá de esteio para o entendimento do problema a tornar-se foco nesta tese de doutorado.

### **3.1 - Características do Agro Negócio**

Faz-se necessário, antes de aprofundar a descrição do problema e o próprio objetivo deste capítulo, introduzir os aspectos mais relevantes do cenário agrícola brasileiro, especialmente a produção de grãos e demanda de fertilizantes, bem como ponderar sobre as características da movimentação dos produtos separadamente.

A abordagem dada à safra e movimentação de grãos será voltada para a soja, por ser este produto o de maior significância em volume e apresentar sinergia com a pesquisa.

O Agronegócio é responsável por 25% do PIB, 37% de mão de obra ativa do país, 40% das exportações e, em 2001, gerou um superávit de US\$ 20 bilhões para o Brasil (no tópico “Da Origem da Soja a sua importância para o Brasil” deste capítulo, há mais dados relativos às importações brasileiras do setor agrícola, principalmente da soja).

O país vem, sistemática e intencionalmente, colocando-se como uma potência mundial no Agro Negócio para, em algum tempo, ocupar o espaço de liderança mundial nesse campo.

É o único país do mundo com fronteiras agrícolas ainda a serem abertas e com potencial para grandes produções. Possui clima que permite plantar e colher durante o ano todo, nas quatro estações. A produção cresce a cada ano em proporções significativas por estar sendo incorporada maior tecnologia à agricultura. É certo que o momento do país é de uma agricultura empresarial e muito competitiva.

### 3.1.1 - A Produção Agrícola

A produção agrícola brasileira será abordada mais à frente com o aprofundamento necessário no que tange aos aspectos de movimentação da soja e fertilizante porém, visando a dar a dimensão adequada ao problema, a seguir será efetuada caracterização do cenário agrícola brasileiro, baseada em dados recentes de produção.

A tabela 3.1 mostra os principais produtos da safra agrícola no Brasil, e as respectivas produções para o ano 2001 e expectativas oficiais para o fechamento de 2002, alcançando cerca de 503 milhões de toneladas, significando 3% a mais que o ano anterior. Os dados são extraídos da página da internet do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Em 2001 a safra de grãos superou todas as expectativas e marcas anteriores atingindo valor de 98,54 milhões de toneladas; para 2002, dados já confirmados, a safra de grãos foi ligeiramente inferior com 96,86 milhões de toneladas.

É interessante notar que a produção aumentou em maior proporção que a área plantada, mostrando significativo ganho em produtividade, dado que será apresentado na análise das questões relativas ao Fertilizante. Na figura 3.1, extraída

também de arquivos do IBGE, apresenta-se a evolução da safra em relação à área colhida.

**Tabela 3-1: evolução da safra em relação à área colhida Fonte: IBGE.**

<b>Produtos Agrícolas</b>	<b>Produção (t)</b>		
	Obtida safra 2001	Esperada safra 2002	Variação %
<b>Algodão herbáceo (em caroço)</b>	2 640 122	2 160 025	-18,18
<b>Arroz (em casca)</b>	10 195 420	10 471 800	2,71
<b>Batata-inglesa 1ª safra</b>	1 356 056	1 425 171	5,10
<b>Batata-inglesa 2ª safra</b>	908 172	909 901	0,19
<b>Batata-inglesa 3ª safra</b>	523 154	548 141	4,78
<b>Cacau (em amêndoa)</b>	184 275	173 117	-6,06
<b>Café (em grão)</b>	1 918 232	2 440 587	27,23
<b>Cana-de-açúcar</b>	345 941 492	367 496 275	6,23
<b>Cebola</b>	1 030 668	1 166 682	13,20
<b>Feijão (em grão) 1ª safra</b>	1 203 079	1 623 799	34,97
<b>Feijão (em grão) 2ª safra</b>	914 962	1 059 213	15,77
<b>Feijão (em grão) 3ª safra</b>	318 315	367 192	15,35
<b>Laranja</b>	16 843 620	18 931 919	12,40
<b>Mandioca</b>	22 479 371	22 989 965	2,27
<b>Milho (em grão) 1ª safra</b>	35 100 398	29 298 146	-16,53
<b>Milho (em grão) 2ª safra</b>	6 338 768	6 203 527	-2,13

Soja (em grão)	37 683 083	41 936 663	11,29
Trigo	3 260 834	2 934 659	-10,00

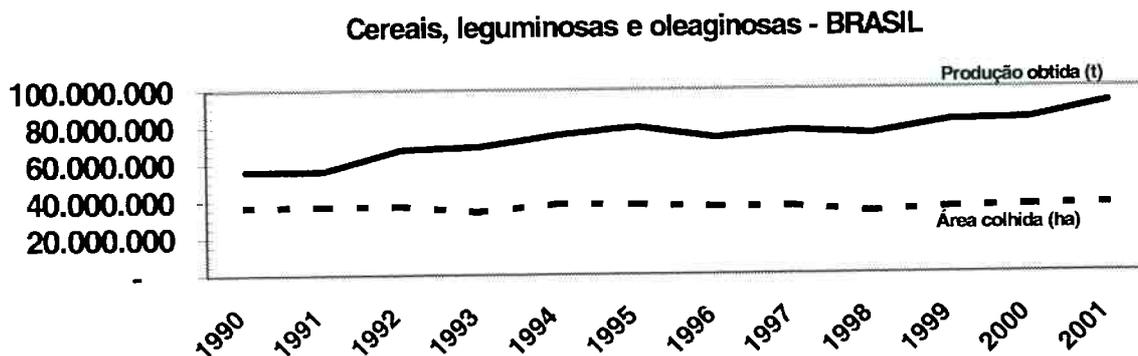


Figura 3-1: Evolução da produção X área colhida.

A tabela 3.2 mostra o percentual médio de produção de grãos por Estado da Federação, o que será útil e melhor explorado quando da abordagem logística do problema.

Tabela 3-2. Proporção de Produção de Grãos por Estado brasileiro

Produção de Grãos por Estado - % Médio			
Acre	0,1%	Pará	1,3%
Alagoas	0,2%	Paraíba	0,2%
Amapá	0,0%	Paraná	22,6%
Amazonas	0,1%	Pernambuco	0,3%
Bahia	3,4%	Piauí	0,8%
Ceará	1,0%	Rio de Janeiro	0,1%
Distrito Federal	0,3%	Rio Grande do Norte	0,1%
Espírito Santo	0,2%	Rio Grande do Sul	17,8%
Goiás	9,3%	Rondônia	0,5%
Maranhão	1,6%	Roraima	0,1%
Mato Grosso	12,8%	Santa Catarina	5,4%
Mato Grosso do Sul	5,9%	São Paulo	7,4%
Minas Gerais	7,6%	Sergipe	0,2%
Tocantins		0,8%	

### 3.2 - A Agroindústria no Brasil, evolução e principais resultados em 2002

Em 2002 a agroindústria teve o melhor desempenho dos últimos 11 anos; o crescimento foi de 7,9%, bem acima da taxa obtida pela média da indústria nacional (2,4%) no mesmo período e a maior marca da série histórica, iniciada em 1991.

A agroindústria também se expandiu em todos os trimestres deste ano, em relação a iguais períodos de 2001: 1,6% no primeiro, 13,8% no segundo, 8,7% no terceiro, e 6,1% no último. Mas, enquanto em 2001 o resultado da agricultura (2,0%) foi superado pelo da pecuária (5,6%), em 2002 os setores agrícolas (8,5%) cresceram mais pois a pecuária (6,5%) teve maior oferta de produtos e queda nos preços internacionais.

Pode-se atribuir o bom desempenho da agroindústria em 2002, além da ótima safra de grãos (como já citado: 98,54 milhões de toneladas), aos ganhos de produtividade obtidos tanto na indústria quanto no campo e à desvalorização cambial que, combinada com sucesso com os esforços de abertura de novos mercados, estimulou o crescimento das exportações. A figura 3.2 mostra a evolução da agroindústria.

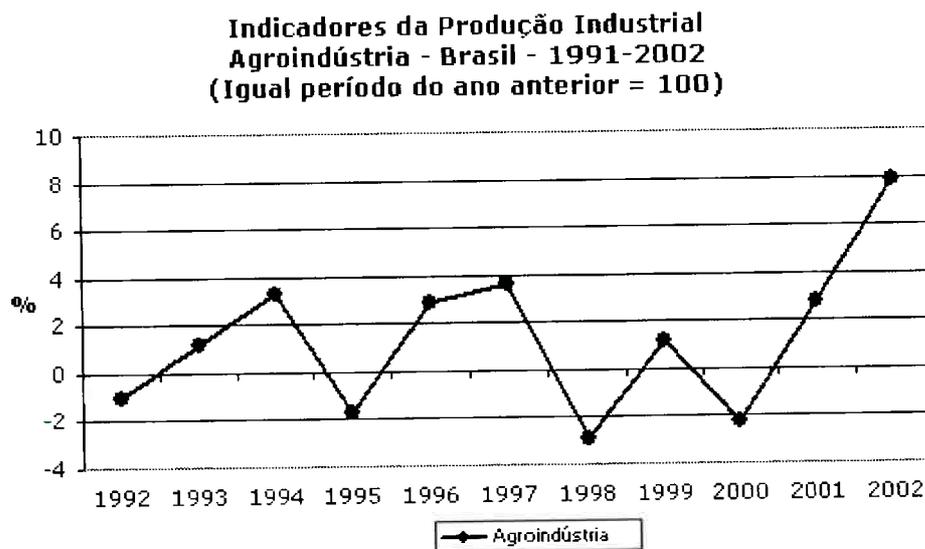


Figura 3-2 mostra a evolução da agroindústria. fonte: IBGE

Pelos resultados divulgados pela SECEX/MDIC, o volume das principais exportações da agroindústria aumentou 4,8% em relação a 2001, em especial: álcool (116,2%), carne suína congelada (99,5%), suco de laranja não fermentado (45,2%), carne de frango e peru em pedaços (28,0%), óleo de soja (22,3%), açúcar (19,5%), preparações e conservas de carne bovina (18,9%), carne bovina congelada/refrigerada (16,9%) e fumo (12,6%).

### ***PRODUTOS INDUSTRIAIS DERIVADOS DA AGRICULTURA***

No grupo de produtos derivados da agricultura, os principais impactos positivos pelo seu aumento de 6,7% vieram dos derivados de cana-de-açúcar (7,0%), da soja (8,1%), da laranja (25,4%), do arroz (3,8%), e do fumo (32,8%). O aumento no processamento pelas indústrias, tanto da cana-de-açúcar quanto da soja, foi influenciado pela taxa de câmbio, pela recuperação das cotações internacionais e pelo crescimento na produção de suas matérias-primas de 6,2% e 11,3%, respectivamente. Segundo o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA), a expansão na produção da cana refletiu, em grande parte, o aumento da produtividade decorrente de investimentos nos canaviais, conseqüentes à maior capitalização dos produtores nas duas últimas safras.

Já o acréscimo na produção de soja deve-se, basicamente, à maior área cultivada, em decorrência das expectativas de preços e mercados geradas no ano anterior. Retrações ocorreram nas produções dos derivados de milho (-12,3%), cacau (-6,9%), trigo (-1,0%) e café (-1,6%). Houve expansão nas exportações dos derivados da soja (6,6%) e cana-de-açúcar (19,5%) sendo estes os de maior importância.

### ***PRODUTOS INDUSTRIAIS UTILIZADOS PELA AGRICULTURA***

A expansão de 15,7% ocorrida com produtos industriais utilizados pela agricultura, substancialmente superior à de 2001 (2,5%), refletiu tanto o crescimento de máquinas e equipamentos agrícolas (17,7%) quanto o de adubos e fertilizantes (13,9%). O expressivo incremento na fabricação de máquinas e equipamentos foi alavancado, sobretudo, pelo crescimento da produção agrícola, pelos juros baixos do programa de modernização da frota agrícola – “Moderfrota” do Ministério da

Agricultura e BNDES- e pelo aumento da renda agrícola e das exportações. Nível tecnológico, preço e *marketing* agressivo da indústria brasileira de máquinas agrícolas promoveram aumento das exportações em 26,4% em 2002, segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA). Já o crescimento na fabricação de adubos e fertilizantes deve-se ao aumento da produção de grãos, sobretudo da soja (destino de quase 35% da produção do setor) e da cana-de-açúcar.

### **PRODUTOS INDUSTRIAIS DERIVADOS DA PECUÁRIA**

Em 2002, o setor de produtos industriais derivados da pecuária teve crescimento de 4,7% devido à ampliação na produção de todos os itens, exceto o de derivados do leite que sofreu redução de 1,2%. O maior aumento foi observado com derivados de suínos (15,2%) e derivados de bovinos (7,0%) cujo segmento é o de maior peso do grupo. Os derivados de aves e miúdos apresentaram acréscimos de 6,8% e 3,2%, respectivamente. Vale observar que o volume exportado de carnes cresceu cerca de 33,0%, destacando-se os derivados de suínos com aumento nas vendas externas de quase 100%. As importações feitas pela Rússia foram preponderantes na definição deste dado. O volume exportado dos derivados de frangos aumentou em aproximadamente 28,0% e o Brasil respondeu por cerca de 31,0% do comércio mundial. Esta expansão está associada à condição de sanidade do produto brasileiro, à sua divulgação no mercado exterior e, sobretudo, à competitividade gerada pelo desenvolvimento tecnológico. Já os derivados de bovinos apresentaram um crescimento de 17,4% em volume exportado, em função da ampliação do mercado através de um programa de *marketing* da carne brasileira no exterior. Atualmente, o Brasil é o terceiro maior fornecedor mundial de carne e exporta para mais de 80 países.

### **PRODUTOS INDUSTRIAIS UTILIZADOS PELA PECUÁRIA**

Repetindo o comportamento positivo dos últimos anos, o setor de produtos industriais utilizados pela pecuária apresentou um crescimento de 12,2%, quase o dobro do observado em 2001 (6,2%), decorrente do aumento na produção tanto de

soros e vacinas (26,3%) quanto de rações (8,8%). Vale ressaltar que o bom resultado da indústria de produtos veterinários deve-se, principalmente, ao incremento das exportações de carnes, à venda recorde de vacinas contra a febre aftosa e à ampliação de vendas ao segmento de pequenos animais.

### **SÍNTESE DO TÓPICO: AGROINDÚSTRIA EM 2002**

Em síntese, pelo segundo ano consecutivo a *performance* de setores industriais na agroindústria mostrou maior dinamismo que a produção industrial. Se em 2001 a agroindústria cresceu 2,7% e a média da indústria brasileira foi de 1,6%, em 2002 o resultado dos setores agro-industriais (7,9%) foi bem superior ao comportamento global da indústria (2,4%), para o que contribuíram: a desvalorização cambial, ganho de produtividade, a abertura de novos mercados, a melhora nas condições sanitárias e na qualidade de nossos produtos e os impactos positivos de programas de estímulo à produção agrícola, como o Moderfrota.

A tabela 3.3 traz os Indicadores da Produção da Agroindústria em 2002 (igual período de 2001) e mostra como cada item contribui para o crescimento do setor.

**Tabela 3-3: Indicadores da Produção da Agroindústria - Brasil 2002. Fonte IBGE**

Setores	Jan-Dez 2002
<b>Produtos industriais derivados da agricultura</b>	106,74
Cana-de açúcar	107,60
Trigo	99,09
Soja	108,14
Café	98,40
Cacau	93,10
Algodão	101,71
Milho	87,73
Laranja	125,43
Arroz	103,83

<b>Fumo</b>	132,82
<b>Produtos industriais utilizados pela agricultura</b>	115,67
<b>Máquinas e equipamentos</b>	117,72
<b>Adubos e fertilizantes</b>	113,92
<b>Total Agricultura</b>	108,49
<b>Produtos industriais derivados da pecuária</b>	104,69
<b>Bovinos</b>	106,95
<b>Suínos</b>	115,23
<b>Couros e peles</b>	86,38
<b>Aves</b>	106,78
<b>Leite</b>	98,88
<b>Miúdos</b>	103,23
<b>Produtos industriais utilizados pela pecuária</b>	112,17
<b>Soros, vacinas e suplementos</b>	126,34
<b>Rações</b>	108,79
<b>Total Pecuária</b>	106,51
<b>Inseticidas e fungicidas</b>	101,72
<b>Total Agropecuária</b>	107,89

### 3.3 - Soja

#### 3.3.1 - Da Origem da Soja a sua importância para o Brasil

Segundo informações da Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, estima-se que a soja possua cinco mil anos desde o início de seu cultivo no mundo. É uma planta originária do sudeste asiático e cultivada na China, Japão e Coreia, nativa da Mandchúria onde seu cultivo estava concentrado em áreas úmidas, próximas a lagos e rios, junto aos juncos.

Apesar de ser originária do Oriente, durante a primeira guerra a soja ingressou na América do Norte, América do Sul, quase todos os países da Europa e na África.

Ao lado do arroz, do milho e do trigo é uma das principais lavouras do planeta, com produção anual superior a 100 milhões de toneladas.

De extrema importância para o agronegócio brasileiro, foi introduzida no Brasil em 1908, inicialmente na Região de São Paulo por imigrantes japoneses. Teve sua cultura iniciada no Rio Grande do Sul por volta de 1914. No entanto, o maior desenvolvimento do cultivo desta leguminosa no estado gaúcho deu-se na década de 1970. Atualmente o amanho de soja tem maior desenvolvimento no centro-oeste brasileiro, onde se localizam os cerrados.

### 3.3.2 - A importância da Soja no cenário agrícola e econômico no Brasil

O superávit da balança comercial do agronegócio somou US\$ 20,347 bilhões em 2002, representando um crescimento de 7% em relação aos US\$ 19 bilhões do ano anterior. Dados da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX), divulgados em fevereiro/2003 pelo Ministério da Agricultura, mostram que as exportações cresceram 4,1% em relação a 2001 chegando a US\$ 24,839 bilhões, enquanto as importações caíram 7,3% chegando a US\$ 4,492 bilhões.

O “complexo soja” foi o grande destaque da balança comercial brasileira em 2002 apresentando alta nos preços internacionais e resultado positivo para embarques e receita cambial; esses fatores somados resultaram em **US\$ 6,008 bilhões em exportações**, valor superior em 13,4% aos US\$ 5,296 bilhões de 2001. As vendas de soja em grão atingiram US\$ 3,032 bilhões em 2002, excedendo em 11,2% o resultado de 2001. As receitas cambiais das exportações de farelo de soja somaram US\$ 2,199 bilhões, representando alta de 6,5%. Também vale destacar o aumento das exportações de óleo de soja bruto em 62,7% (de US\$ 415 milhões em 2001 para US\$ 675 milhões no ano passado). O resultado reflete o aumento de 33% no preço de exportação e a maior quantidade embarcada: 22,3% no mesmo período.

As exportações de produtos agropecuários devem gerar em 2003 uma receita da ordem de 27,5 bilhões de dólares atingindo, desta forma, 2,4 bilhões de dólares (ou 9,7%) a mais que em 2002, segundo dados de fevereiro de 2003 do Ministério da Agricultura brasileiro. A soja e seus derivados podem contribuir com aumento de **1,2 bilhão de dólares** nessa conta de exportação.

No primeiro mês de 2003, as exportações de produtos agropecuários renderam 1,969 bilhão de dólares, resultado recorde para um mês de janeiro e 32,6 % superior ao obtido no mesmo mês de 2002. Em doze meses (fevereiro de 2002 a janeiro de 2003), as exportações de produtos agropecuários somaram 25,32 bilhões de dólares; com importações de 4,52 bilhões de dólares no período, o saldo do setor foi positivo em 20,82 bilhões de dólares; sabe-se que boa parte dessa importação constitui-se de insumos para a produção de fertilizantes. É possível entender a importância da soja para a balança comercial brasileira pelo que ocorreu em janeiro (entressafra da produção de grãos) quando as exportações do “complexo soja” corresponderam à receita de 354,74 milhões de dólares, superior em 87 % à de janeiro de 2002.

A soja, como visto na tabela 3.1, apresentou uma produção de 37,7 milhões de toneladas no ano de 2001 e uma colheita superior a 42 milhões em 2002, projetando assim um crescimento de 12%.

A safra de soja brasileira deverá crescer 16,2 % em 2003, segundo as estimativas do IBGE para o ano, atingindo o recorde de 48,5 milhões de toneladas diante dos 41,6 milhões de 2002. Essa ótima perspectiva deve-se principalmente ao bom nível de preços da soja que estimulou os produtores a aumentar a área plantada em 9 % em relação ao ano passado, somando-se a esse evento o aumento constante da produtividade das lavouras no país.

No relatório de janeiro/2003 do IBGE consta que a área de soja cresceu 12,3 % no Mato Grosso (o maior produtor brasileiro) 11,6 % no Paraná (segundo maior produtor), e 34 % no Rio Grande do Sul.

O Ministério da Agricultura estima a safra de soja para 2003 em 47,6 milhões de toneladas, o que representa uma alta de 14 % sobre 2002. Outra fonte sempre importante é o USDA (Departamento de Agricultura dos EUA) que estima a safra de soja brasileira em 49 milhões de toneladas em 2003.

O Ministério da Agricultura Americano tem motivos importantes para observar a presente agricultura brasileira pelos progressos que o Brasil vem conseguindo no campo, principalmente nos resultados com a soja. Os EUA ainda são os maiores produtores mundiais de soja, mas o Brasil vem crescendo em participação, como mostram as figuras 3.3 e 3.4. Nos gráficos apresentados pelas figuras a seguir, é

possível notar a evolução da participação brasileira na safra mundial nos últimos dez anos.

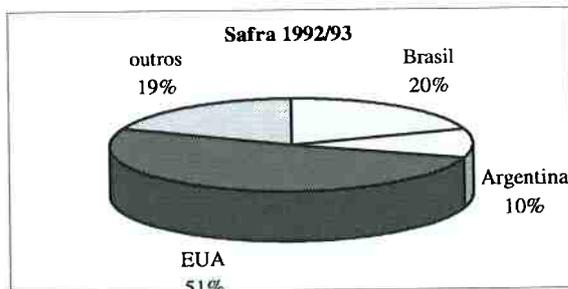


Figura 3-3: Safra 92/93 Mundial de Soja

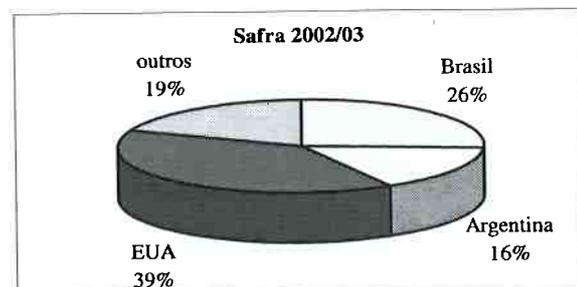


Figura 3-4: Safra 02/03 Mundial de Soja

Além de a área plantada ter crescido no Brasil de forma significativa, a produtividade também mostra uma evolução muito importante já comparada aos índices norte americanos, tido como padrão de excelência. A figura 3.5 é o resultado da compilação de um trabalho de pesquisa da Fundação MT e mostra que o Brasil está prestes a se equiparar aos índices dos norte americanos. A mesma pesquisa compara o desempenho dos EUA com os resultados obtidos com a cultura de soja no estado do Mato Grosso (pesquisa representada na figura 3.6), mostrando que o estado brasileiro já está à frente dos EUA.

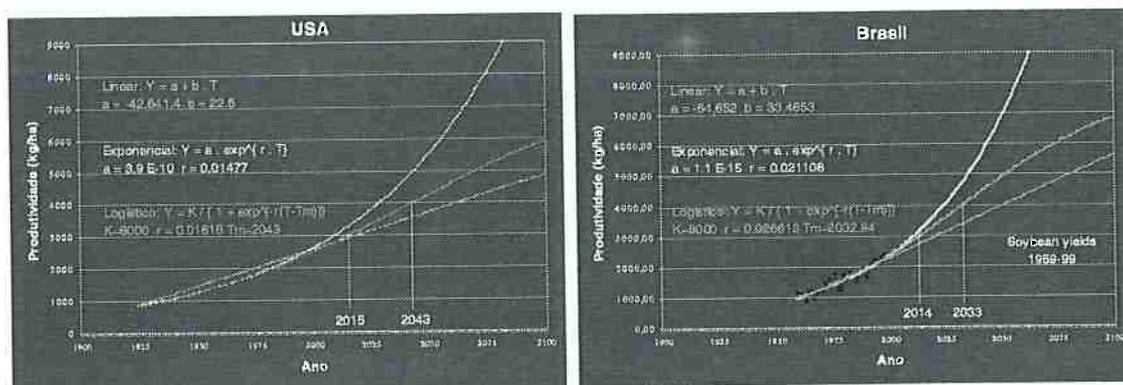


Figura 3-5: comparativo de produtividade da cultura da soja EUA X Brasil

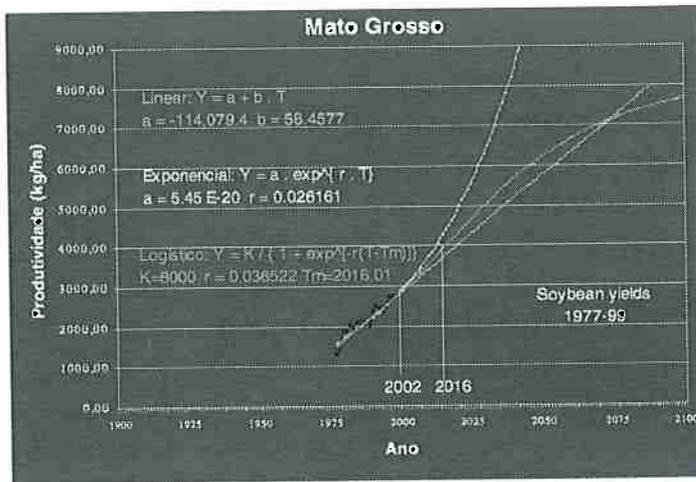


Figura 3-6: produtividade da cultura da soja no estado do MT.

A Figura 3.7, traz dados reais da evolução da área plantada e da produção de soja em grãos no estado do Mato Grosso. Esse estado é o primeiro do Brasil nesta produção com 11,6 milhões de toneladas em 2002.

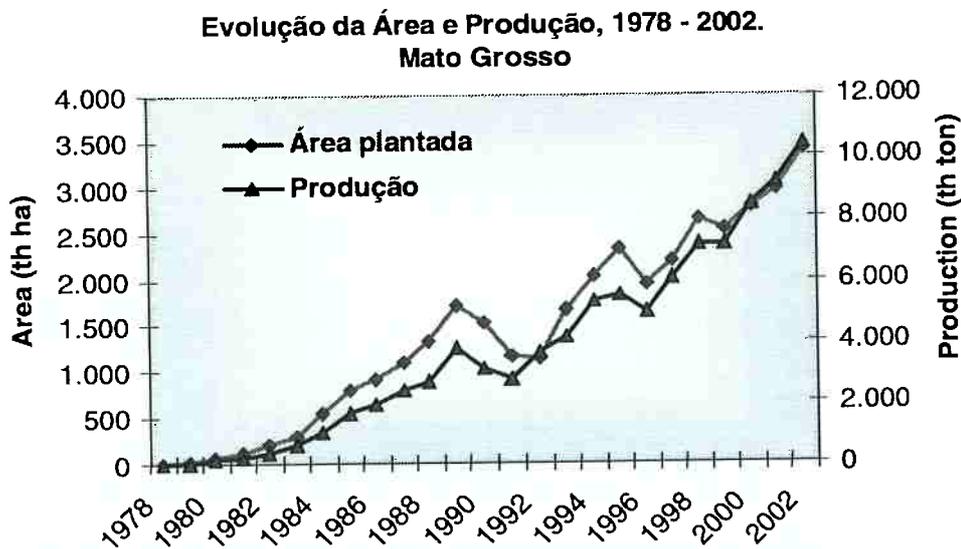


Figura 3-7: Evolução da área e produção de soja no MT

As informações de produtividade e área plantada, com ênfase para o Estado do Mato Grosso, permitem ótimas expectativas para o Brasil nos próximos anos, ratificando a

vocação do país para o agronegócio e projetando-o, ainda nessa década, como a maior potência mundial nesse campo.

A produção e importância da soja para o Brasil são muito grandes, enquanto cultura e negócio, fazendo deste um assunto amplo e interessante; mas a abordagem nesta tese já se faz suficiente para a caracterização do ambiente da pesquisa.

### 3.3.3 - Processamento da Soja

Com relação ao processamento da Soja, objetivando sua industrialização e destinação final, consideram-se três possibilidades:

1. Produto Integral
2. Produtos Sólidos
3. Produtos Oleaginosos

As figuras 3.8 e 3.9 ilustram e resumem as possibilidades geradas a partir das opções: “produto integral” e “produtos sólidos”. Não será aqui abordada a opção de Produtos Oleaginosos por não ser relevante para esta pesquisa.

A composição encontrada atualmente no agro-negócio brasileiro dos compostos da soja destinados às exportações para 2001 (fonte Gazeta Mercantil/SECEX) está na tabela 3.4, mostrando um forte domínio do grão “in natura”, porém o farelo de soja vem ocupando um papel de importância crescente.

**Tabela 3-4 Exportação de compostos de Soja – 2001**

Grão	60%
farelo	36%
óleo	5%

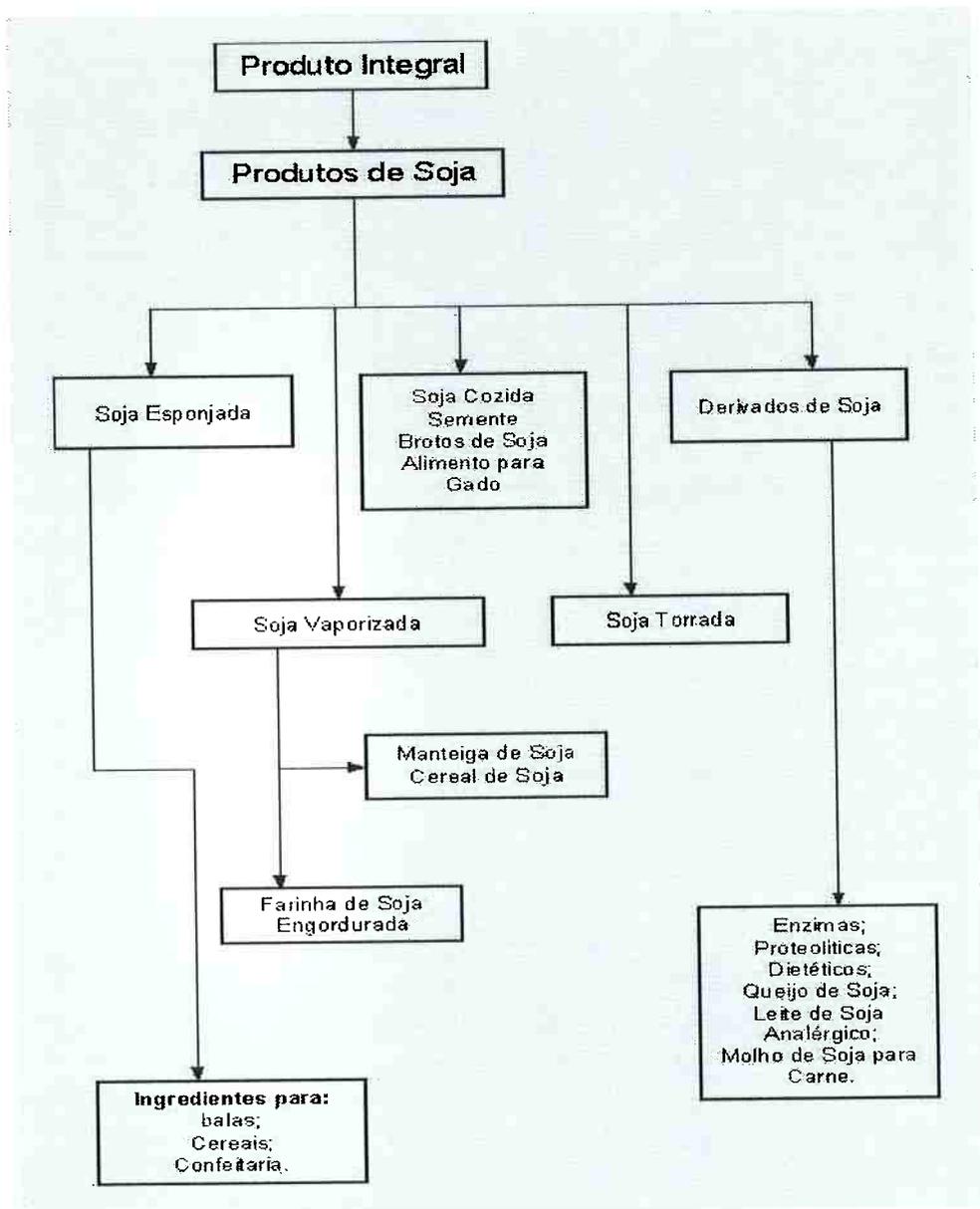


Figura 3-8: Produto Integral da Soja

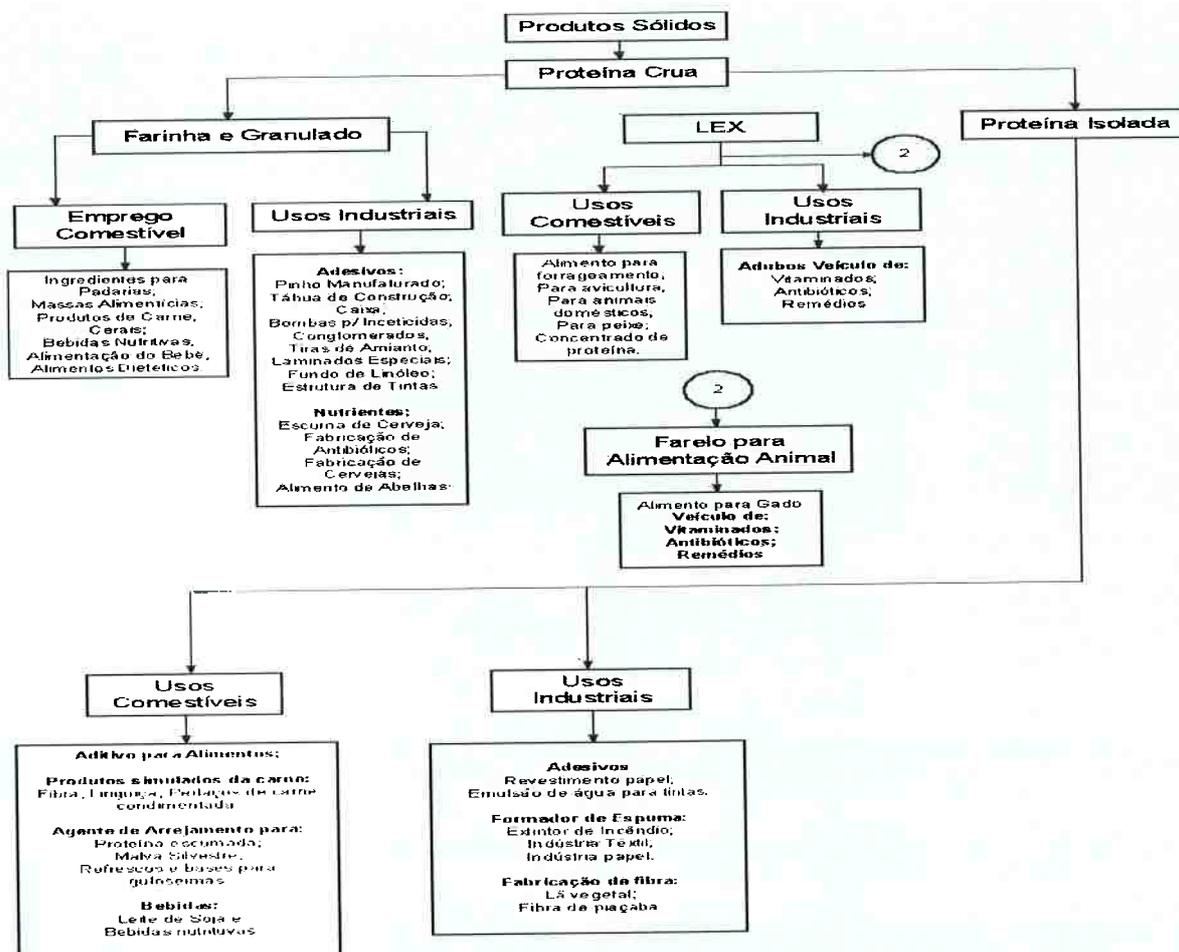


Figura 3-9: Produtos Sólidos da soja

### 3.3.4 - Movimentação da Soja

Quando se pensa na movimentação de grãos, deve-se tratar simultaneamente: do transporte do grão propriamente dito e do seu produto processado.

A produção de soja no Brasil está dividida entre grandes produtores e médios agricultores. As grandes processadoras e *trades* não produzem diretamente os grãos: participam diretamente do processo; porém fornecem recursos materiais fundamentais, como fertilizantes, à base de troca. Essa questão é de suma importância para esta pesquisa e será abordada com profundidade à frente.

Esses grandes processadores, ou produtores de derivados da soja (e demais grãos), também atuam como *trades* formando um reduzido grupo de mega empresas

responsáveis por toda a movimentação interna e exportação (e importação para os grãos de que o Brasil não é auto-suficiente).

Para a movimentação do grão inicia-se o processo de transporte a partir do agricultor (Originação – termo utilizado no mercado para expressar o local que expede o grão) para os silos de armazenamento e daí para as unidades expedidoras e/ou processadoras, não se descartando, entretanto, a possibilidade do transporte direto do produtor para as unidades processadoras ou portos, visando à exportação.

Essa possibilidade não é a regra aplicada pelas grandes *trades* que operam no Brasil.

Na movimentação desse grão processado, o transporte sai das unidades processadoras com destino a consumidores fabris, no mercado doméstico e à exportação (como o caso do farelo de Soja).

Então, a logística para a exportação torna-se de operacionalização mais complicada pela própria concorrência naturalmente formada, ou seja: o Brasil é grande exportador de farelo de soja e do grão *in natura*.

A figura 3.10 mostra esquematicamente o que foi colocado acima referente à movimentação de grãos.

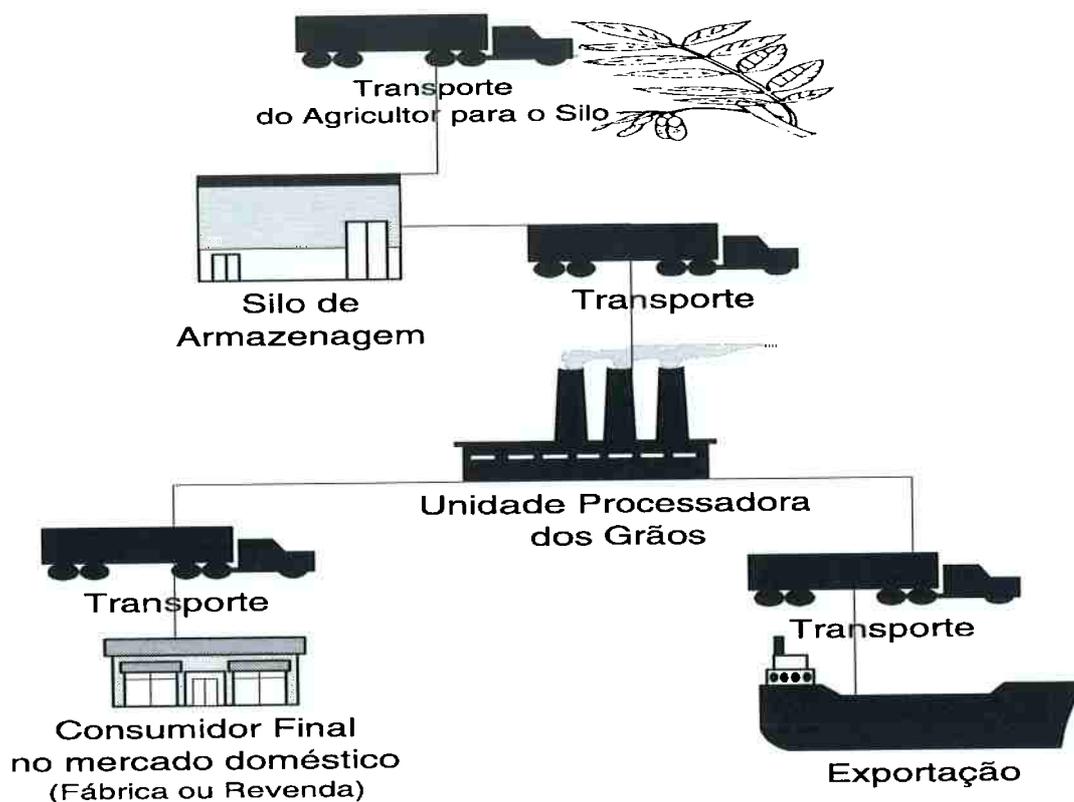


Figura 3-10:- Representação da Movimentação de Grãos

### 3.4 - Fertilizantes

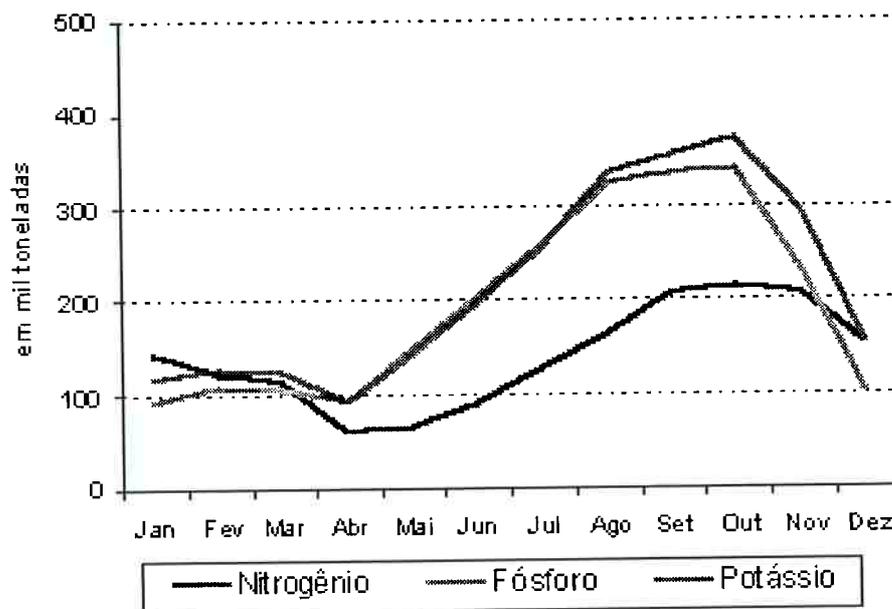
#### 3.4.1 - Nutrientes – Composição do Fertilizante

O Fertilizante é constituído basicamente de três elementos químicos: Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK) que, extraídos de diferentes fontes e em inúmeras formulações, dão origem a uma infinidade de produtos finais. Os componentes NPK formam a base dos nutrientes necessários para a terra e assim para as culturas.

O aumento do consumo de fertilizantes, principalmente nos últimos anos, deve-se em especial às culturas de cana-de-açúcar e de soja. Em 2000 houve uma recuperação nos preços de açúcar e álcool, incrementando a adubação nas áreas de cultivo de cana, pelas usinas. A lavoura que mais consumiu fertilizantes foi a de soja, cuja demanda atingiu quase 30% do total entregue no país. Esta cultura, juntamente com as de cana, milho e café consomem 70% do seu total de vendas.

Há um maior consumo de potássio e fósforo em relação ao nitrogênio já que a soja, por ser uma planta leguminosa, absorve o nitrogênio da atmosfera. A fórmula média da mistura NPK em 2000 foi a 10-14-16.

A figura 3.11, a seguir, mostra o consumo dos nutrientes ao longo dos meses de 2000



FONTE: ANDA

Figura 3-11: Nutrientes distribuídos no ano

Sessenta por cento em volume de toda matéria-prima utilizada para a produção do fertilizante são importados, representando 70% do montante financeiro gasto com esta aquisição.

Rússia, Canadá e Marrocos, entre outros, são os principais exportadores da matéria-prima de fertilizantes para o Brasil.

Os produtores brasileiros de matérias-primas somam um número bastante reduzido, sendo que os principais são: Ultrafertil; Fosfertil; Petrobrás; Bunge; Companhia Vale do Rio Doce (CVRD).

As figuras 3.12 e 3.13 mostram o cenário logístico: esses fabricantes e respectivos nutrientes produzidos.

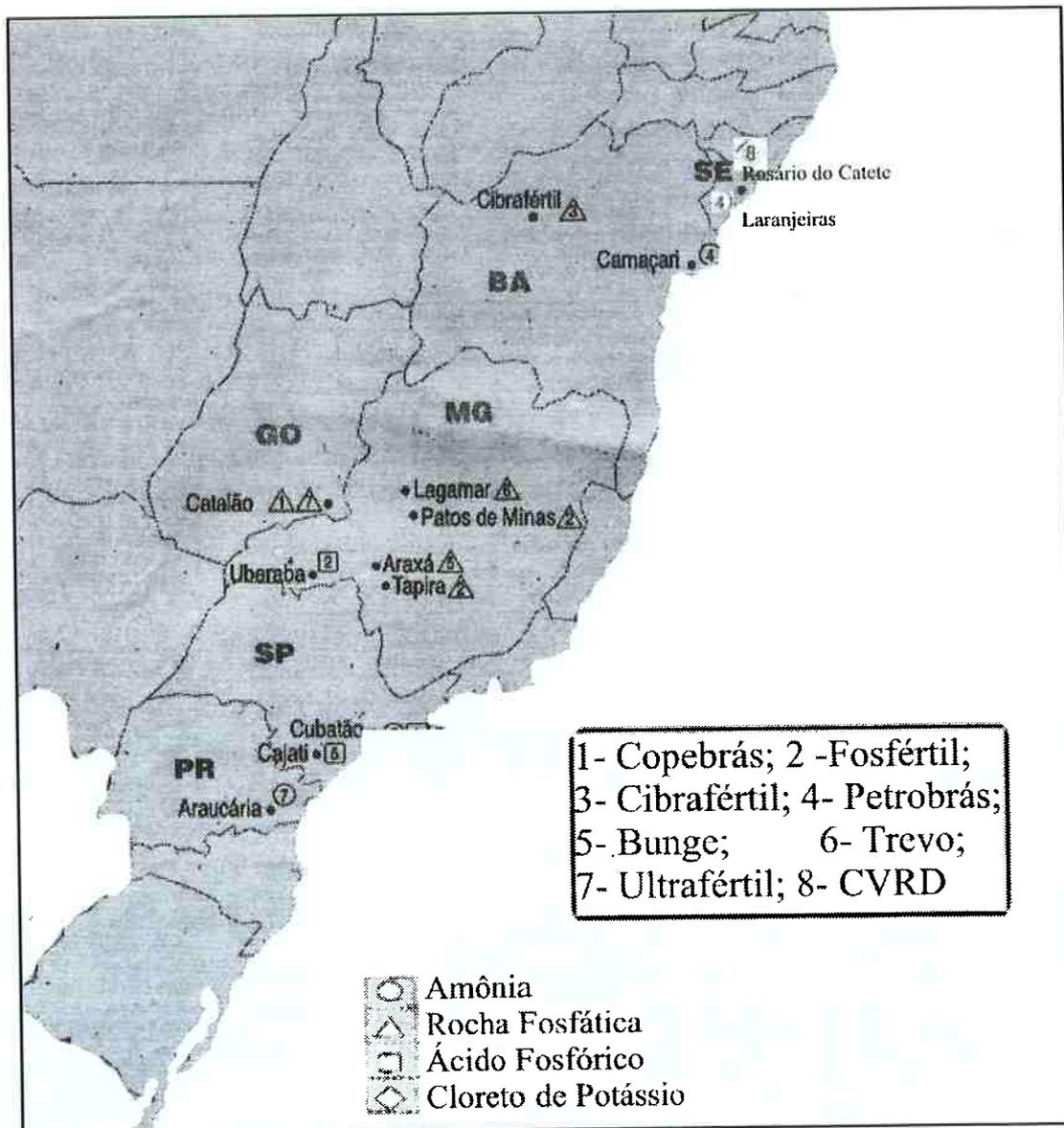


Figura 3-12: Localização dos nutrientes NPK no Brasil

(fonte: Gazeta Mercantil 27/06/2001/CPRM)

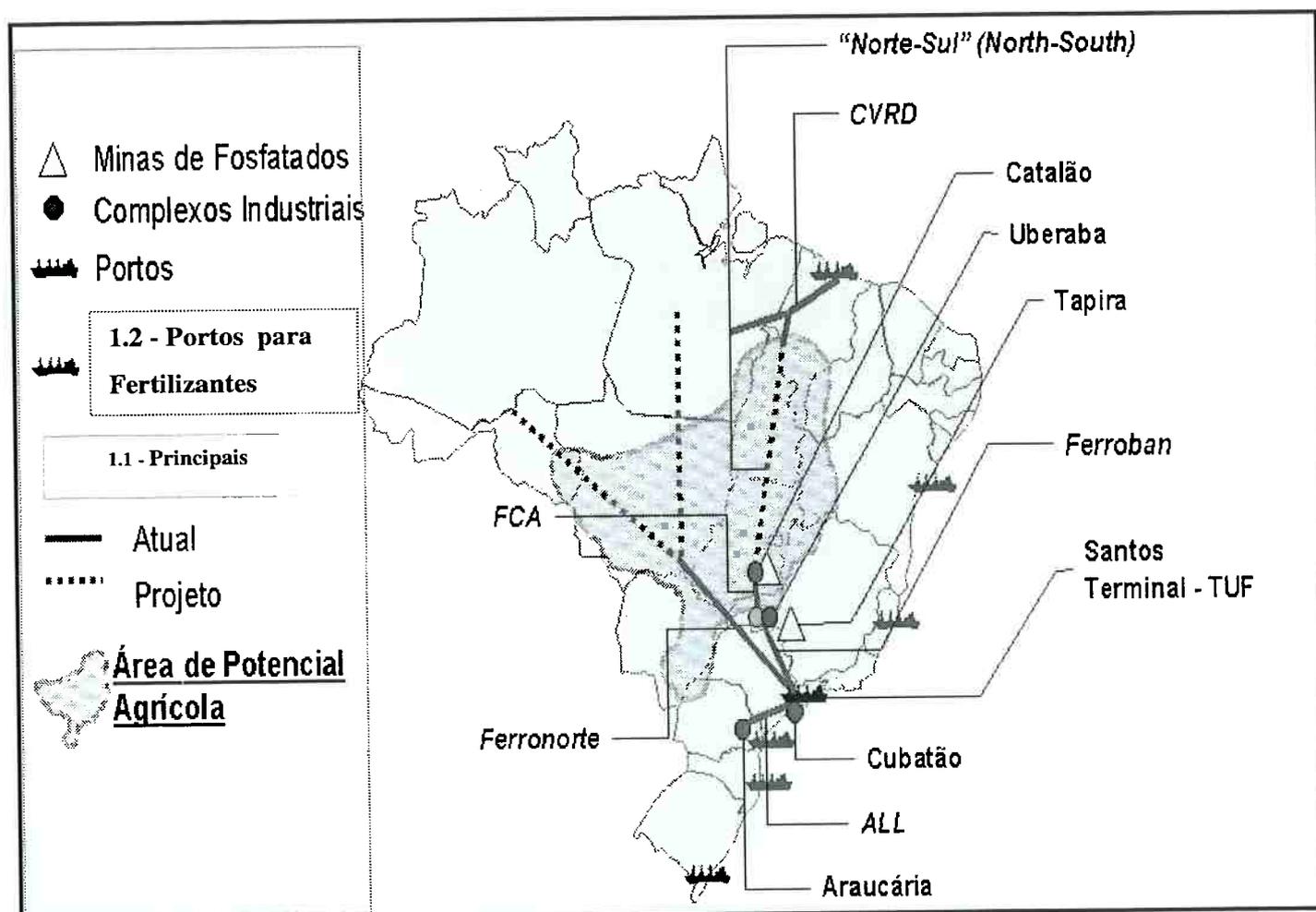


Figura 3-13: Ilustração do Cenário Logístico do Fertilizante no Brasil

### 3.4.2 - Consumos de Fertilizantes

A Indústria de Fertilizantes no Brasil, para o ano de 2002, tem números de fechamento da ordem de 18,5 milhões de toneladas. O mercado vem apresentando um crescimento significativo e projeta-se um aumento de cerca de 4% para este mesmo ano. O crescimento dos últimos anos é demonstrado no gráfico representado na figura 3.14.

O crescimento da produção e consumo do fertilizante deve-se a dois fatores básicos:

- Abertura de novas fronteiras agrícolas no País – nas regiões Norte e Centro-oeste principalmente
- Aumento da prática da agricultura técnica – aumento de tecnologia no plantio, gerando maior consumo de fertilizantes

O Brasil é dos únicos países no mundo que ainda apresenta fronteiras agrícolas a serem abertas; necessita e está buscando desenvolvimento tecnológico na produção agrícola.

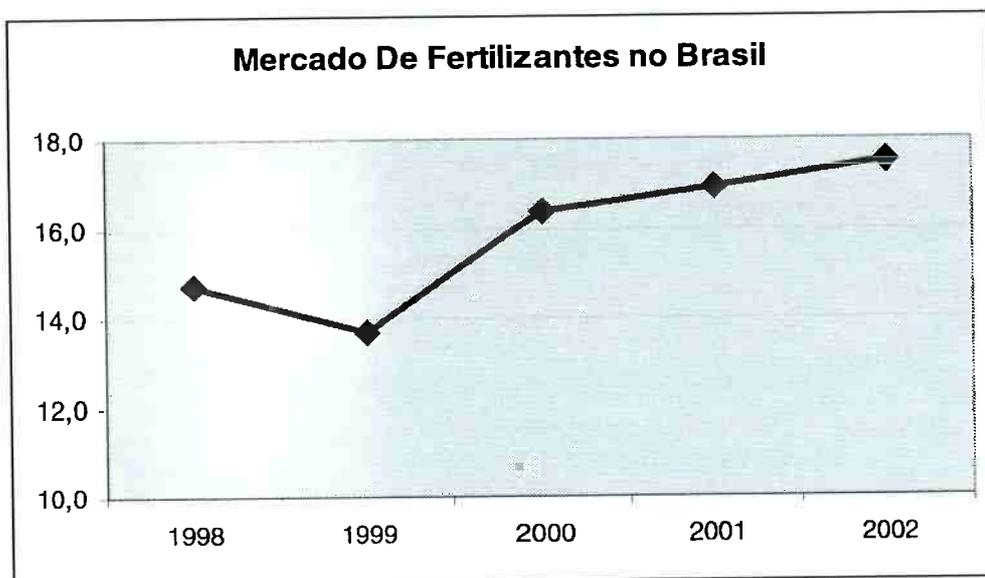


Figura 3-14: Mercado de Fertilizantes no Brasil

Tecnologia na produção agrícola relaciona-se, em grande parte, a aplicação de fertilizantes. É importante a realização constante e detalhada de análises agronômicas para a determinação da composição dos nutrientes que a terra precisa receber; a política de aplicação de fertilizante vem mudando de forma significativa, procurando corresponder à determinação de técnicos e contribuindo para a maximização da produção.

A aplicação de Fertilizantes está relacionada, então, com as características da terra mas também com a cultura à qual se aplica. A cultura demanda nutrientes específicos e este, certamente, é o fator mais importante a ser considerado na escolha dos componentes e proporção de NPK (Nitrogênio/Fósforo/Potássio) e na adição de micro nutrientes para a composição final do produto.

### 3.4.3 - Movimentação de Fertilizantes

O consumo de Fertilizantes distribuídos por cultura no Brasil, é mostrado no gráfico representado na figura 3.15, tendo como base o ano de 2000.

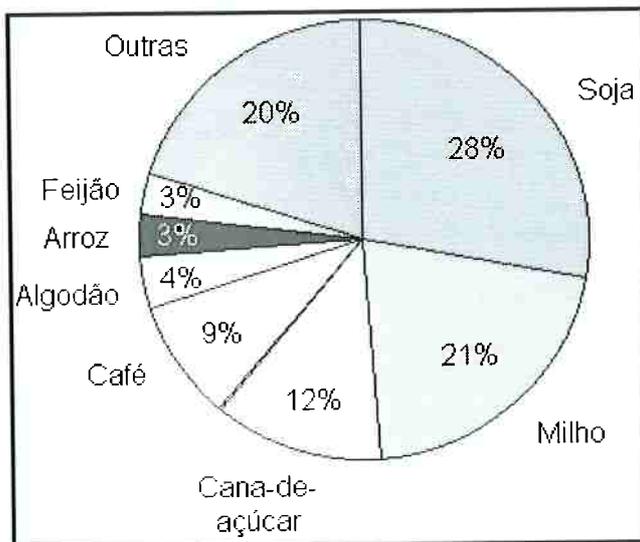


Figura 3-15: Fertilizantes por cultura

O consumo de fertilizantes no Brasil, distribuído por região, está representado na figura 3.16. Como colocado anteriormente, o Brasil ainda possui fronteiras agrícolas a serem abertas; assim, o perfil mostrado na figura abaixo deverá sofrer mudanças, num futuro próximo, em grandes áreas nas regiões Norte e Centro-oeste. No gráfico da figura 3.17 apresenta-se a produção agrícola de 2001 também distribuída nas regiões do Brasil.

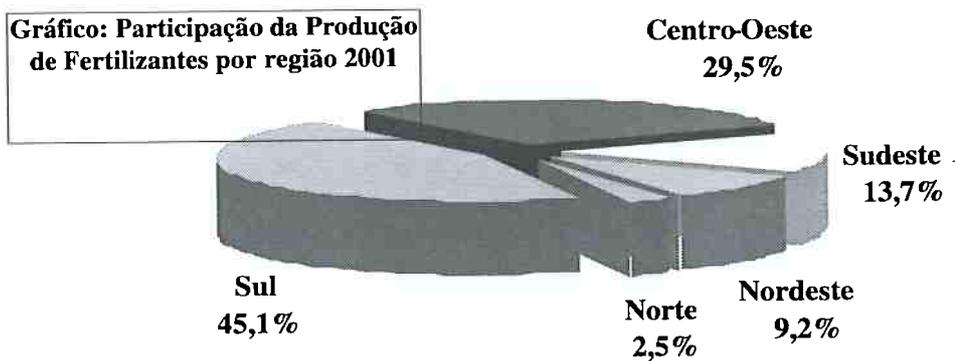


Figura 3-16:- distribuição da safra em 2001 por região, fonte: IBGE

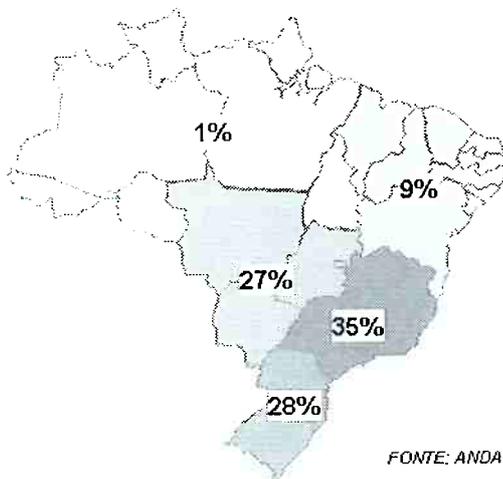
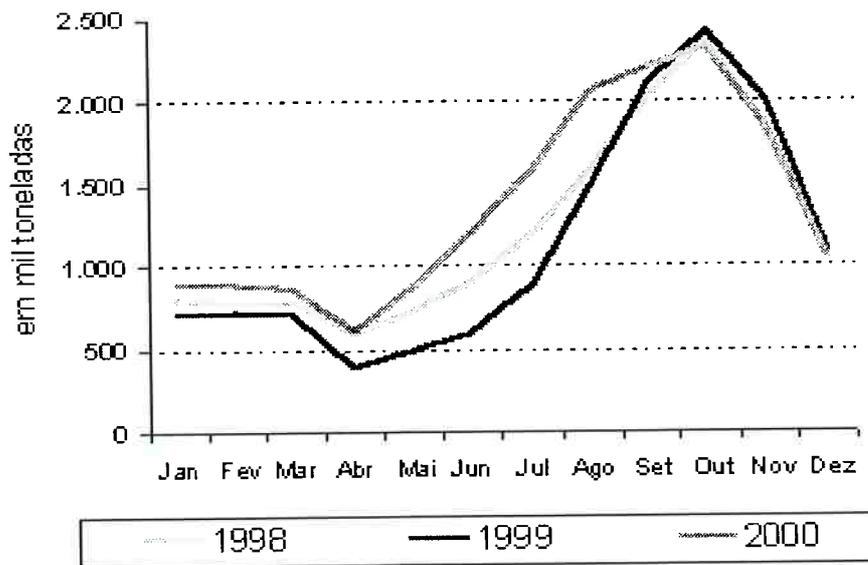


Figura 3-17: Consumo de Fertilizantes nas regiões do Brasil

Uma característica muito marcante no “Negócio Fertilizante” é a sazonalidade, que o torna bastante complexa é a logística de compra, armazenagem e distribuição do produto.

A figura 3.18 mostra o perfil dessa sazonalidade onde 60% a 70% de todo o fertilizante produzido são consumidos no segundo semestre.



FORNTE: ANDA

Figura 3-18: Sazonalidade no consumo de Fertilizantes

### 3.5 - Características Operacionais do Transporte de Grãos e Fertilizantes.

O transporte de grãos e o transporte de fertilizantes apresentam muitas semelhanças, principalmente quanto às suas características operacionais, sendo que ambos podem ser enquadrados numa classificação de mercado denominada “carga geral”.

A maior fração da carga transportada por rodovia no Brasil é feita através da carga geral. Dentro desta modalidade o produto é transportado a granel ou em embalagens absolutamente convencionais, sem nenhum tipo de acondicionamento ou amarração especial, de modo a não especializar ou particularizar o equipamento de transporte. São exemplos de carga geral: sacaria; minérios; fertilizantes; grãos; tambores; “bags”, dentre muitos outros.

No transporte rodoviário de carga, os equipamentos que tecnicamente podem ser utilizados são: carga seca; graneleira; basculante (todas são denominações usuais do mercado).

Por questões operacionais e para melhor adequação à legislação vigente quanto à quantidade de carga transportada por viagem (lei da balança), esses equipamentos,

apesar de aptos a transportar qualquer tipo de carga geral como as citadas, não necessariamente representam a melhor opção, de maneira generalizada.

A carreta “graneleira” é o equipamento mais versátil e mais utilizado, podendo transportar além de grãos, *bags*, sacos, minérios e fertilizantes. O volume grande da safra agrícola movimentado por rodovia, complementado pela carga geral, faz deste equipamento o de maior participação no transporte rodoviário de carga. Um fator muito importante a favor da carreta graneleira é o surgimento das composições multi-articuladas (equipamentos de transporte que possuem mais do que uma articulação) pois esse tipo de carreta é o que melhor se adapta a essa inovação. As composições de transporte multi-articuladas por cambão ou quinta roda transportam mais carga respeitando a legislação vigente de comprimento e peso bruto total (mediante uma licença concedida para esse fim).

Esse tipo de equipamento pode transportar 36, 40, e até 54 toneladas por viagem; essas composições são conhecidas no mercado por bi-trem, rodo-trem, e treminhão. De fato, essa inovação foi fundamental para que a quantidade de recursos de transporte não fosse ainda mais crítica para atender à demanda de carga crescente no Brasil, principalmente a carga agrícola, cujo crescimento é substancialmente maior que todos os outros segmentos da economia e onde a soja e o fertilizante são expoentes.

Um fator desfavorável à carreta graneleira é que esta exige equipamentos suplementares para alguns tipos de granéis sólidos, em função da necessidade de certa especialização nos pontos de descarga (moega ou tombador); já as carretas tipo basculante transportam os granéis com maior adequação operacional, já que não exigem nenhum dispositivo para descarga (como o próprio nome diz, a caixa de carga é autobasculável); sua característica construtiva, no entanto, não é a mais adequada para as cargas embaladas, demanda adaptações e apresenta custo aquisitivo e de manutenção maior; além disso, não é muito apropriada para a construção de composições multi-articuladas.

Um breve descritivo sobre as características operacionais de equipamentos de transporte rodoviário é apresentado como apêndice no capítulo 4.

### 3.5.1 - A Matriz de Transporte e o Impacto no Escoamento da Carga Agrícola.

Quanto à forma ou modais de transporte a ênfase maior, nesta pesquisa, será para o transporte de soja e fertilizantes através dos Modais Rodoviário e Ferroviário, ainda com maior atenção para o primeiro. Os gráficos (representados pelas figuras 3.19 e 3.20) na seqüência do trabalho justificam a afirmativa. O Brasil é um país eminentemente rodoviário. A distância média até os portos no Brasil é de 900km; apesar de esta característica aliada a todas as demais condições operacionais e financeiras elegerem a ferrovia como a opção mais racional, a matriz de transporte não permite efetivar esta escolha, o que acaba por trazer adicionais representativos de custos, prejudicando a competitividade do produto frente ao mercado externo.

A comparação com os Estados Unidos, onde a produção de soja é ainda maior e a distância média aos portos é semelhante (900km), leva à observação de uma matriz completamente diferente, favorecendo o transporte de altos volumes com custos operacionais certamente mais baixos.

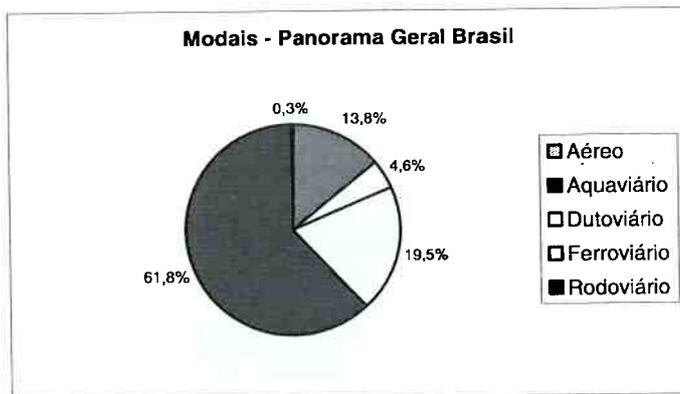


Figura 3-19: Gráfico da distribuição dos modais de Transportes no Brasil (fonte: GEIPOT)

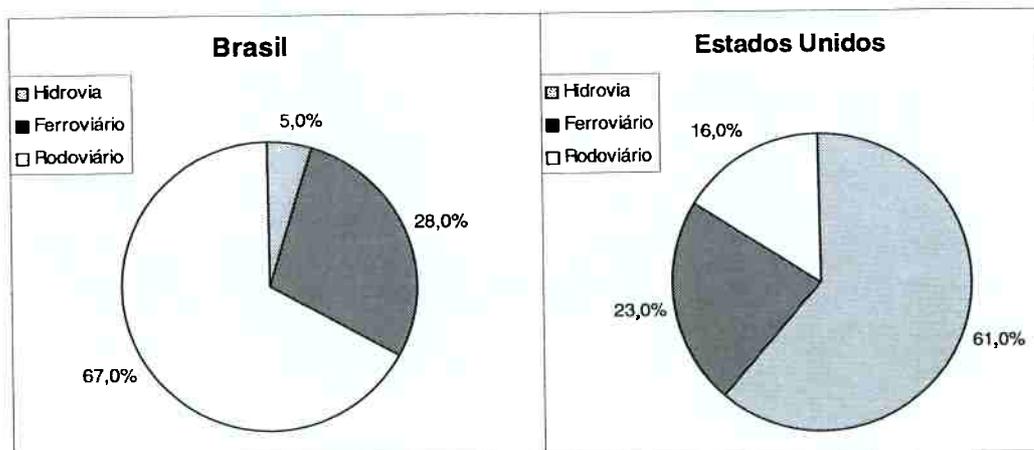


Figura 3-20: Modais na Soja - Brasil & EUA (fonte: Gazeta Mercantil 07/04/2001)

Para um país de dimensões continentais e tão dependente do modal rodoviário, era de se esperar que a frota de caminhões e malha rodoviária fossem adequadas e recebessem os investimentos mínimos da iniciativa pública e privada para que a estrutura atendesse às necessidades e pudesse fazer frente ao crescimento da economia; mas a realidade não mostra isso. A frota de caminhões está deteriorada e envelhecida, pelo menos aquela frota pertencente ao pequeno transportador e ao carreteiro autônomo, fato muito grave já que essa é a categoria que responde pelo maior volume de transporte. A tabela 3.5 mostra que a idade média dos veículos de transporte de carga no Estado de São Paulo (estado mais abastado do país) é superior a 20 anos, pois 73% da frota é anterior a 1989; os dados são oriundos do GEIPOT e DETRAM/SP e datam do ano 2000. A falta de investimentos na renovação da frota de caminhões no Brasil mostra claramente que o carreteiro não tem sido adequadamente remunerado abrindo mão, sistematicamente, de parte de seus custos fixos, mormente os custos de capitais; além de encontrarmos esse fato na prática a todo momento, autores importantes o confirmam, como Caixeta Filho (2000) em seu artigo “Logística e Transporte no Agronegócio Brasileiro”, enfatizando esse problema no agronegócio, questão que também se torna foco desta pesquisa. O Prof. Caixeta em seu artigo, bem como em outras publicações suas, vem alertando para o risco que o país corre mostrando grande preocupação com o seu “futuro logístico”. Vale complementar que no artigo citado (devidamente referenciado neste trabalho) a carga de retorno no agronegócio merece análise especial.

**Tabela 3-5: Idade da frota de veículos de carga no Estado e São Paulo**

Ano de fabricação	Quantidade	%
até 1988	405.788	73%
1989	17.233	3%
1990	14.857	3%
1991	13.846	2%
1992	8.178	1%
1993	10.722	2%
1994	16.174	3%
1995	24.530	4%
1996	12.938	2%
1997	19.780	4%
1998	14.503	3%
TOTAL	558.549	100%

FONTES: DETRAM/SP e GEIPOT.

O perfil da malha viária do Brasil também é inadequado à sua economia e grandeza de dimensões.

As ferrovias são insuficientes, correm paralelas ao litoral prejudicando o escoamento do interior onde estão as produções agrícolas. De amplo conhecimento é o fato de bitolas diferentes dos trilhos instalados, o que constitui outro forte impeditivo, limitando ainda mais esse modal. A falta de visão dos governantes quando da construção das ferrovias era total; cuidaram em construir propositadamente bitolas diferentes dos países vizinhos temendo invasão em caso de guerra. As ferrovias todas, privatizadas há uma década, ainda não conseguiram tornar seus ativos operacionais suficientes para atender à demanda existente, tamanho era o atraso nos investimentos. Não diferente é a situação dos equipamentos de transporte ferroviário: vagões e locomotivas são escassos e apresentam situação técnica e operacional aquém do mínimo necessário para uma boa operação.

A malha rodoviária brasileira também é pequena, há muito não recebe recursos para expansão e vem, sistematicamente, tendo as suas verbas de manutenção subtraídas do orçamento governamental. Os números mostram 1,7 milhão de quilômetros de estradas, sendo apenas 10% delas pavimentadas (fonte IBGE, 1996).

Em suma, se compararmos a malha viária brasileira com a de outros países é possível perceber a defasagem. Países com dimensão territorial muito menor possuem mais ferrovia e mais rodovia, conforme é mostrado na tabela 3.6, extraída do GEIPOT e Almanaque Abril, 1998.

**Tabela 3-6: Malha ferroviária e rodoviária frente a extensão territorial**

<b>País</b>	<b>extensão km<sup>2</sup></b>	<b>ESTRADAS km</b>	<b>FERROVIA km</b>
Alemanha	357.000	231.076	40.826
Argentina	2.780.000	211.410	35.753
Brasil	8.550.000	1.658.677	29.301
Canadá	9.970.000	901.904	80.326
Estados Unidos	9.940.000	6.331.135	170.235
França	544.000	964.577	31.852
Rússia	17.000.000	994.971	87.066

Fontes: GEIPOT e Almanaque Abril 98

### 3.5.2 - A Utilização dos Recursos Logísticos e o impacto nos custos do transporte da carga agrícola.

A falta de recursos logísticos adequados, tanto equipamentos quanto malha viária, não deixam esperanças de um futuro promissor. É unânime a posição dos especialistas no sentido de que esses recursos vão ser o gargalo para o crescimento anunciado da safra brasileira, repercutindo no negócio soja e fertilizante.

Iniciativas como a do Grupo Maggi buscando saídas hidroviárias (como relatado no capítulo 2) parecem ser o caminho mais viável.

A carga de retorno, sinergia para o transporte colaborativo de soja e fertilizante, também é uma solução relevante porque, além de trazer redução direta de custos para o sistema logístico como um todo, traz ganhos importantes de produtividade. Ganho de produtividade significa valorizar o recurso escasso, transportar mais carga com menos caminhões ou vagões.

A economia obtida com a aplicação desta tese pode ser reinvestida em frota, devolvida ao sistema de forma equânime.

Os avanços tecnológicos aplicados nos caminhões vêm melhorando seu desempenho operacional; quem possui mais condição econômica e discernimento consegue obter custos variáveis mais baixos, mas a falta de produtividade, tarifas inadequadas e pouca eficácia na prospecção e operacionalização da carga de retorno mantêm os custos fixos elevados.

A tabela 3.7 traz, de forma sumarizada, os principais custos fixos e custos variáveis incidentes na composição dos custos totais do transporte rodoviário de carga.

Tabela 3-7: Descrição dos custos do transporte rodoviário de carga

<i>Item</i>	<i>Descrição</i>
<b><i>Custos Diretos Fixos (mensal) :</i></b>	
Custo do Capital / aluguel	Remuneração do capital investido ou aluguel do equipamento
Licenciamento	taxas normais e obrigatórias por lei
Seguro	Seguros dos equipamento e contra danos a terceiros
Motoristas	Salário- remuneração fixa (piso da classe)
Estrutura	Pessoal e demais recursos usados na operação
Administração	Lucro (pode também estar alocado nos custos variáveis)
Pis e Cofins	Imposto (4,65%)
<b><i>Custos Diretos Variáveis ( por km rodado) :</i></b>	
Manutenção	Custo o referente a manutenção (peças e MO)
Combustível	Custo referente ao gasto com óleo diesel
Lavagem	Custo das lavagens e lubrificação
Pneus	Custo =(aquisição+consertos+recapagens-residual/carcaça)
Comissão	Salário- remuneração variável do motorista

Nas condições normais de câmbio e de preços de combustível, o custo de capital representa cerca de 31,5 % do custo total para uma jornada mensal na faixa 13.000 km; o segundo custo mais alto, de combustível, situa-se na faixa de 21%; com as distorções atuais os valores estão invertidos e o diesel alcança 40%.

A tendência é que, com a situação normalizada, os índices de combustíveis não voltem ao padrão anterior de 20% mas é razoável que fique no mesmo patamar do custo de capital, em torno de 30%. Em qualquer situação de mercado, o custo de capital é muito importante, se não o mais importante, uma vez estabelecidos os preços de compra dos equipamentos pelos padrões internacionais.

A operação de transporte torna o custo de capital mais ou menos “pesado” no custo total de transporte sendo este um custo fixo, ou seja não se altera em nenhuma situação, será mais significativo quanto menos produtivo for o caminhão. O custo por quilômetro percorrido carregará uma parcela do custo fixo; assim, quanto maior a produtividade menor a parcela do custo do quilômetro relativo ao custo fixo e menor o peso do custo de capital.

O custo total de um caminhão convencional (cavalo mecânico pesado+carreta graneleira) é atualmente cerca de R\$ 17 mil para 13.000 km por mês de produtividade; portanto, o custo de capital representa R\$ 5,1 mil mensais ou R\$ 0,39 por km. Se o caminhão for mais produtivo e alcançar a marca de 15.000 km por mês, perfeitamente factível, o custo de capital por quilômetro cai para R\$ 0,34, com redução de 14,7%. De forma inversa, se a produtividade cai para 10.000 km por mês o custo de capital por quilômetro sobe para R\$ 0,51, com acréscimo de 17,3%.

O custo de capital e a produtividade são fatores de extrema importância, motivando o desenvolvimento desta pesquisa. À medida que o veículo não perde tempo procurando carga de retorno, está operando de forma sinérgica em ciclo de viagens, caracterizando-se o transporte colaborativo; a produtividade cresce bastante e a redução do custo total de transporte é sentida conforme pequena demonstração realizada no parágrafo anterior.

O transporte colaborativo tende a ser uma ferramenta muito importante na logística do agronegócio, na disponibilização de mais recursos (entenda-se caminhões e vagões) e na diminuição dos custos de transporte do sistema.

No decorrer da pesquisa serão tratadas, com maior profundidade, as características específicas do transporte de Soja e do transporte de Fertilizantes, bem como a realização do transporte de ambos de forma conjugada, com o desenvolvimento de uma metodologia visando à redução de gastos com fretes que é, em suma, a proposta desta tese de doutorado.

## CAPÍTULO 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

### 4.1 - Introdução

#### 4.1.1 - Critérios para a Pesquisa.

Como foi mostrado nos capítulos iniciais, este trabalho tem como objetivo realizar um estudo de Transporte Colaborativo para grandes volumes, especificamente para conjugação de cargas no transporte rodoviário. A pesquisa bibliográfica procurou abranger os assuntos mais importantes de campos relacionados a esta tese, desde temas clássicos como transporte com programação dinâmica de frota, programação de frota em tempo real, operações de transporte sujeitas às restrições e flexibilizações de janelas de tempo, roteamento, planejamento de frota e gestão (mais especificamente níveis hierárquicos de decisão) até inovações tecnológicas ligadas a sistemas de informação e estudos em desenvolvimento como o próprio conceito do “Transporte Colaborativo”.

Desta feita, buscaram-se na literatura temas (ou palavras chaves) que contribuíssem com o objeto do trabalho, sempre relacionados com “transporte rodoviário de carga”. São eles:

- Transporte Colaborativo
- Serviços de transporte com Conjugação de Cargas (*load Matching Service*)
- Transporte com carga de retorno (*backhaul*)
- Carga Fechada ou Completa (*truck load*)
- Programação Dinâmica (*dynamic programming*)
- Restrições de Janelas de Tempo (*time windows*)
- Problemas de Roteamento de Veículos (*vehicle routing*)

- Transporte/programação em tempo real (*real time*)
- Planejamento de frota (*Fleet Planning*)
- Modelagem de transporte (*Transportation modeling*)
- Expedição/designação de frota (*Scheduling*)
- Sistema de Informação de Viagem/Viajante (*Traveller Information System*)
- Inteligência Artificial (*Artificial Intelligence*)
- Sistemas de apoio à decisão
- Níveis hierárquicos de decisão
- Sistemas de Gerenciamento da Cadeia Logística
- Sistemas de Gerenciamento de Transporte

Para o estudo das opções de ferramentas matemáticas e computacionais para a modelagem matemática, foram investigados os seguintes temas (ou palavras-chaves):

- Simulações através de Heurísticas (*simulated heuristics*)
- Programação Linear
- Relaxação langrangiana (*langrangian relaxation*)
- Busca tipo “tabu” e local (*tabu/local search*)
- Algoritmos genéticos (*Genetic Algorithms*)
- Lógica fuzzy

#### **4.1.2 - Fontes para a Pesquisa e Autores**

A pesquisa abordou um espectro amplo alcançando entidades, publicações e autores sem restrições de países procurando trazer as fontes mais recentes.

As entidades foram pesquisadas e alcançadas através do convênio da Universidade de São Paulo denominado ProBE ([www.probe.br/](http://www.probe.br/)), utilizando também com destaque para o site de pesquisa científica Scirus ([www.scirus.com](http://www.scirus.com)).

Especificamente, o ProBE reúne, em consórcio, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, a Universidade de São Paulo – USP, a Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho"- UNESP, a Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, a Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, a Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP e o Centro Latino-Americano e

do Caribe de Informação em Ciências da Saúde – BIREME/OPS/OMS. Além disso, há um consórcio com mais 33 (trinta e três) Instituições de Ensino e Pesquisa situadas no Estado de São Paulo e três Fundações.

O Programa disponibiliza o acesso eletrônico aos textos completos de 840 títulos de periódicos internacionais da editora *Elsevier Science Inc*, 178 títulos da *Academic Press*, 38 títulos da *HighWire Press*, 682 títulos de diversas editoras das áreas de Ciências Humanas e Exatas fornecidos pelo *Gale Group*, 498 títulos das editoras *MIT Press*, *Blackwell Science* e *Blackwell Publishers* fornecidos pela Ebsco, 63 títulos brasileiros, 20 títulos chilenos e 5 cubanos do Scielo.

Através do **ProBE** e de outros sítios eletrônicos da rede mundial de computadores (Internet), realizou-se a pesquisa de forma bastante abrangente e satisfatória, permitindo a coleta de mais de 90 (noventa) publicações (*papers*), das quais metade foi referenciada e/ou revisada.

Desta forma, além do ProBE e Scirus, as páginas eletrônicas da internet que contribuíram com informações importantes ou para a obtenção de literatura são relacionados na seqüência:

- Colorado University, [www.aerospace.colorado.edu](http://www.aerospace.colorado.edu)
- Council of Logistics Management, [www.clm1.org](http://www.clm1.org) . (importante ressaltar que esta revisão bibliográfica contempla a pesquisa realizada por este autor no Congresso anual de 2002 em São Francisco, EUA)
- Departamento de Agricultura dos EUA (*United States Department of Agriculture*), [www.usda.gov/](http://www.usda.gov/)
- Empresa brasileira de planejamento de transportes (GEIPOT), [www.geipot.gov.br](http://www.geipot.gov.br)
- *European Journal of Operational Research*, Sponsored by the Association of European Operational Research Societies (**EURO**) within **IFORS**, <http://www.elsevier.nl/homepage/sae/orms/eor/menu.htm>
- *Journal of Management Information Systems*, [www.rmm-java.stern.nyu.edu](http://www.rmm-java.stern.nyu.edu)
- *Journal of Transportation and Statistics*, [www.bts.gov/programs/jts/](http://www.bts.gov/programs/jts/)
- *Logistics Articles and White Papers*, [www.navesinklogistics.com/whitepapers.html](http://www.navesinklogistics.com/whitepapers.html)

- *Logistics Online*, [www.logisticsonline.com/content/homepage/default.asp](http://www.logisticsonline.com/content/homepage/default.asp)
- *MIT Center of Transportation Studies*, [www.web.mit.edu](http://www.web.mit.edu)
- Ministério dos Transportes Codomar - Companhia Docas do Maranhão Administração das Hidrovias da Amazônia Ocidental, [www.ahimoc.com.br](http://www.ahimoc.com.br)
- *Purchasing and Supply Chain Web Sites and Discussion Lists*, [www.cwlpub.com/pslinks.htm](http://www.cwlpub.com/pslinks.htm)
- Universidade de São Paulo (bibliotecas Virtuais), [www.usp.br/sibi/](http://www.usp.br/sibi/)
- *University of Texas*, [www.utexas.edu/](http://www.utexas.edu/)
- *VICS – Voluntary Inter Industry Commerce Standards Association*, [www.vics.org/commit.htm#Logistics Committee](http://www.vics.org/commit.htm#Logistics%20Committee)

Além da pesquisa eletrônica, o trabalho mereceu uma procura detalhada nas bibliotecas da EPUSP e busca em livrarias nacionais e virtuais sendo que, dentro desta última categoria, foi dada preferência à Amazon, uma das principais do mundo, com sede em Nova Iorque. Esta busca levou à compra de vários livros, que contribuem tanto para a análise e construção do modelo quanto para as opções de ferramentas para a sua solução.

Vale também citar a aproximação realizada com a Universidade de Montreal no Canadá através do “*Centre for research on transportation*”. Esse centro reúne autores importantes que vêm realizando, no presente, pesquisas relacionadas com o tema em questão; esta aproximação permitiu o recebimento de impressos dos trabalhos mais recentes correlatos com o objeto da pesquisa.

A busca mostrou a recorrência de autores com publicações de trabalhos importantes e de interesse para o tema desta tese, tanto nos diversos “*Journals*” quanto nos livros; são os autores:

- Crainic, G. T.; Leclerc, F.; Potvin, J.Y.; Séguin, R.; Golden, B. L.; Psarafits, H.N.; Rousseau, J. M.; Thangiah, S. R.; Gendreau, M. Karolefsky, J.

Foram relacionados estes pesquisadores pelo fato de serem citados com maior frequência nesta revisão e porque também são, como colocado anteriormente, os que mais têm desenvolvido pesquisas (divulgadas) na área de Transporte Rodoviário com

Carga de Retorno, Janela de Tempo, Programação Dinâmica e em Tempo Real e “Transporte Colaborativo” (Karolefsky). Entre os autores brasileiros, vale destacar o trabalho de: Caixeta-filho, J e Novaes, A. G., contendo importantes pesquisas nas áreas de Transporte em Sistemas Agroindustriais e Gestão de Transporte.

Outros autores são citados e tiveram seus trabalhos revisados nesta tese de doutorado ou contribuíram como leitura complementar, sendo que todos eles são relacionados na Bibliografia.

#### **4.1.3 - Organização da Revisão Bibliográfica e a Contribuição para a Tese**

Para uma melhor análise e organização da Revisão Bibliográfica, foi elaborada sua divisão em sete tópicos. O critério para a escolha dos tópicos baseou-se nos temas enumerados no item 4.1.1; esses temas foram agrupados por semelhança no tratamento dos dados ou objetivos para favorecer a análise dos textos escolhidos na revisão e emprestar um caráter didático ao trabalho. Ressalta-se que o tópico 7 não reflete uma revisão de literatura clássica, mas uma resenha com apelo prático visando defender pontos relevantes para a aplicação desta pesquisa. Os sete temas são:

1. Expedição e Programação de Veículos em Tempo Real
2. Roteamento de Veículos - Carga de Retorno e Janela de Tempo - Conjugação de Cargas
3. Gerenciamento e Planificação de Frota
4. Sistema de Informação de Viagem através de Inteligência Artificial
5. Sistemas de Apoio Hierarquizado à Decisão e Sistemas Comerciais de Gerenciamento de Transporte
6. Transporte Colaborativo
7. Carga Geral e Equipamentos de Transporte Rodoviário

Nos tópicos 4.2 a 4.6 apresenta-se uma introdução ao tema, na qual se propõe uma visão mais abrangente do tópico, já que a revisão pura e simples dos textos pode, por vezes, ser focada em um objetivo muito específico, a ponto de não contribuir de forma satisfatória. O objetivo desta introdução é também realizar uma ligação do tema e dos textos revisados com o objetivo da tese.

A seguir à introdução, são colocadas as revisões dos textos propriamente ditos, de onde foram extraídas figuras, tabelas e equações dos trabalhos originais, visando ao melhor aproveitamento do conteúdo da pesquisa.

Para o tópico “Transporte Colaborativo” (4.7 na organização desta revisão bibliográfica), foi realizada uma resenha resultante de pesquisa em literaturas especializadas e de participação em fóruns brasileiros (COPEAD) e internacionais (CLM – Conferência anual em São Francisco, EUA, 2002).

Os textos pesquisados que trazem uma contribuição suplementar ao assunto e abordados com muita semelhança em outros textos já revisados, foram introduzidos em forma de um breve *abstract*, possibilitando ao leitor uma pesquisa complementar.

Pode-se considerar a pesquisa realizada como abrangente o bastante, já que foram consultadas edições e entidades especializadas e autores importantes e recorrentes na publicação de trabalhos relativos aos temas de interesse desta tese. A rede mundial de computadores, internet, permite ao pesquisador uma varredura na sua busca até há pouco tempo impossível. A facilidade na obtenção de livros e periódicos também foi fator relevante para o sucesso da pesquisa. Na revisão dos textos houve o cuidado de reiniciar-se a busca a partir da citação de novo autor ou pesquisa, ligando-a, assim, a outro trabalho. É seguro afirmar então ser pequena a possibilidade de um trabalho de referência importante para esta tese não ter sido encontrado.

Estas considerações conferem credibilidade suficiente à revisão bibliográfica e também garantem a condição “Inédita” ao tema escolhido, para a aplicação em transporte rodoviário de grandes volumes, já que em nenhum dos trabalhos pesquisados foi possível encontrar semelhanças significativas com este tema. Acredita-se que condição inédita do tema, exigida pela Universidade de São Paulo para teses de doutorado, foi atingida.

Para o assunto Transporte Colaborativo, ênfase em Expedição de Veículos com Carga de Retorno com Restrições de Janela de Tempo, principal foco da pesquisa bibliográfica, nenhum trabalho anterior mostrou tipo de cargas ou características operacionais semelhantes, ocorrendo o mesmo com os demais temas como: programação dinâmica, expedição em tempo real, planejamento e planificação. A

tabela 4.1 aponta as principais diferenças entre o encontrado na literatura e a proposta desta pesquisa:

**Tabela 4-1: Diferenças entre a literatura e a proposta desta pesquisa**

<u>Tópico</u>	<u>Literatura</u>	<u>Abordagem desta Pesquisa</u>
<u>Problemas de Roteamento de Veículos</u>	A grande maioria dos textos traz casos de coleta e entrega e/ou carga parcial.	O objetivo é tratar cargas fechadas de grandes volumes.
<u>Planejamento de frota</u>	As abordagens buscam redução de frota.	Busca da redução de custo por contratação de fretes mais baixos no mercado, eliminando intermediários
<u>Expedição e designação de frota em tempo real</u>	A literatura atual é farta em casos de contratação de transporte em tempo real para aplicações urbanas, como entregadores, cargas expressas, e atendimento de pequenos consumidores (Business to Consumer)	O objetivo do trabalho com “tempo real” é a utilização da informação da carga através das características agrônômicas da região, visando a deslocar a frota para o local certo no melhor momento (Business to Business).
<u>Transporte com carga de retorno</u>	Também aqui a abordagem é coleta e entrega e/ou carga parcial; os casos de sucesso normalmente apresentados visam a otimizar a cadeia de suprimentos na relação cliente fornecedor.	O objetivo é conjugar cargas fechadas de grande volume, onde as movimentações não se completam na mesma cadeia de suprimentos mas podem tornar-se complementares em um ciclo logístico.

Estas ponderações não diminuem a contribuição que a pesquisa bibliográfica traz ao trabalho.

## 4.2 - Expedição e programação de veículos em tempo real.

### 4.2.1 - Introdução ao tema

Problemas de decisão em tempo real são cada vez mais comuns na economia atual, principalmente em função dos avanços da comunicação e tecnologias da informação. Faz-se cada vez mais necessário que as informações cheguem em tempo real e sejam imediatamente processadas. Nessa linha as questões de transporte também ganham nova dimensão. Autores renomados que pesquisaram os problemas clássicos (como o “Problema de Transporte”, e “Caixeiro Viajante”), e suas inúmeras variantes, sempre o fizeram através de uma abordagem “estática”, agora trabalham os mesmos problemas agora em tempo real, ou seja de forma “dinâmica”.

Os autores na atualidade distinguem uma determinada classe de problemas, denominando-os de “Problemas de Transporte Dinâmico”, esta classe inclui por exemplo:

- Expedição e roteamento dinâmico;
- Gerenciamento dinâmico de frota;
- Controle de tráfego terrestre;
- Controle de tráfego aéreo;

Tratando especificamente de expedição e roteamento dinâmico, a primeira divisão a ser identificada é quanto ao tipo de movimentação, isto é Carga parcial (LTL), sujeita à consolidação e normalmente para entregas a mais de um destino diferente, ou Carga completa (TL), em que o veículo é enviado para um único destino.

A questão que tem o maior interesse dos pesquisadores é o posicionamento do veículo, assim que termine a viagem, de modo a antecipar a próxima demanda, com isso gerar ganhos em produtividade, bem como buscar e qualidade e rapidez no atendimento aos clientes.

A literatura atual é bastante farta na abordagem de problemas de carga parcial (LTL), e mais ainda nessa categoria para entregas urbanas (na revisão de textos à frente, serão apresentadas pesquisas nesta de LTL). Esta categorização classifica-se como transporte tipo “coleta e entrega”, em que ainda os problemas podem ser tipificados

como “muitos para muitos”, ou “um para muitos”, no primeiro caso coletas em vários pontos para entrega em vários pontos, no segundo coleta em um ponto para entrega em vários pontos (que pode ser o inverso: “muitos para um”).

Muitos casos podem servir como exemplos do colocado acima, como: carros para atendimento a emergências; *courier*; entregas rápidas pedidas por telefone; etc. Para todos eles a roteirização devera ser dinâmica suficiente para que atenda rapidamente todo e qualquer pedido, feito via de regra por telefone diretamente do cliente requisitante, ao mesmo tempo otimizar o uso da frota existente buscando a otimização de sua carga. A seguir se coloca uma breve introdução aos problemas mais importantes nesta caracterização, que também são os mais estudados pela literatura:

#### Problemas de “Pedidos por telefone” (*Dial-a-Ride Problems*)

“*Dial-a-Ride Problems*” em sua maioria são problemas de demanda reativa para o transporte, isto é, o sistema de transporte só é ativado quando da solicitação direta do cliente, servindo normalmente a pequenas comunidades ou passageiros com necessidades específicas (deficientes físicos, por exemplo). Esses problemas são do tipo “muitos para muitos” com restrições para a capacidade de carga e restrições de janelas de tempo. A quantidade de estudos recentes nesse tema é bastante significativa.

#### Serviços de Reparos e *Courier*

Entende-se aqui como serviços e reparos àqueles prestados por firmas de serviços em eletricidade, telefonia, gás, etc.; e serviços de *courier* aqueles de entregas de correspondências e encomendas, como Federal Express, por exemplo.

Nesse tipo de problema, diferentemente do “*Dial-a-Ride*”, os clientes requerem alocação simples, e a capacidade do veículo não é fator restritivo, e também existe restrições ligadas à janela de tempo.

#### Entrega expressa de correspondência

Para esta aplicação a coleta e a entrega precisam ser realizadas pelo mesmo caminhão (ou veículo), sendo que a carga sai de um único ponto e é entregue em outro único ponto. De fato a carga é transferida de uma cidade a outra, por exemplo, e de um ponto específico, a carga é redistribuída para que se efetuem as entregas aos

clientes. Nesse tipo de problema a capacidade de carga do veículo é importante e as restrições quanto às janelas de tempo ainda mais rígidas.

Pode-se dizer que para todos os problemas caracterizados como Problemas de Transporte Dinâmico, as questões mais relevantes são:

Quando se deve encerrar um determinado roteiro e expedir a carga? Até que momento pode-se aguardar o telefonema do “último” cliente?

Estas questões são abordadas nas pesquisas de diversos autores, que utilizam ferramentas matemáticas complexas na busca de soluções, como por exemplo, algoritmos genéticos de busca, lógica Fuzzy, heurísticas de aproximação, programação inteira mista, etc.

Aplicações para carga fechada (TL) são menos comuns, pois a literatura trata de forma mais freqüente o “*Dial-a-Ride Problem*” e os demais tipos de problemas apresentados, todos visando às solicitações dos clientes e/ou expedição dos veículos em tempo real, e assim mais ligados ao varejo.

Esta situação difere da proposta de aplicação desta tese, porém é semelhante nos conceitos. É certo também que a revisão bibliográfica desse tópico apresenta premissas e principalmente ferramentas matemáticas de solução, que formam um conjunto de contribuições importantes para esta pesquisa.

#### **4.2.2 - Genetic Algorithms for Vehicle Dispatching**

(Algoritmos genéticos para Expedição de Veículos (*Vehicle Dispatching*)). Leclerc et al, 1997.

Neste texto, os autores propõem algoritmos genéticos como meio para apoio na expedição de veículos tipo mensageiro ou serviço de entrega expressa. Sabe-se que as decisões relativas à expedição de veículos desse tipo de transporte, são normalmente impulsionadas por pedidos de clientes em tempo real, e o despacho (ou expedição) dos veículos é principalmente baseado na habilidade individual do profissional responsável por esta expedição.

O problema de “*Vehicle Dispatching*” é encontrado no “mundo real” em diversas atividades ligadas a logística e transporte, como por exemplo: serviço de “*courier*”, entregas de correspondências expressas, serviços de emergências, etc

Nesta pesquisa o problema de “*Vehicle Dispatching*” é modelado primeiramente como um problema de escolha “multi-atributo”; então, um algoritmo genético é usado para determinar a escala de valores para os atributos que melhor reproduzem o processo de decisão de despacho.

Em primeiro lugar, distingue-se entre a versão estática do problema em que todos os pedidos de serviço são conhecidos com antecedência; e a versão dinâmica, em que os pedidos acontecem em tempo real. No primeiro caso, as rotas podem ser construídas bem antes da execução, desde que toda a informação seja conhecida anteriormente. No segundo caso, devem ser levadas decisões enquanto a execução do transporte de fato acontecer. Alguns problemas podem exibir características estáticas e dinâmicas simultaneamente; isso pode acontecer em serviços em que a demanda pelo transporte é conhecida, ou seja, a maioria dos pedidos é fornecida com antecedência (estático), embora novos pedidos aconteçam pra atendimento imediato e freqüentemente aceitos e incorporados em tempo real nas rotas (dinâmico).

Esta pesquisa aborda a versão dinâmica do problema. Os autores citam pesquisadores de Problemas de transporte dinâmicos, e suas respectivas linhas de estudo, sendo:

- a) Programação e roteamento dinâmico de veículos (Psaraftis, 1988, 1995; Bertsimas e Van Ryzin, 1991, 1993);
- b) Gerenciamento dinâmico de Frota (Powell, 1988; Frantzeskakis e Powell, 1990; Crainic et al., 1993);
- c) Designação Dinâmica de tráfico (Friesz et al., 1993; Ran et.al, 1993);
- d) Caminho mais curto Dinâmico (Psaraftis e Tsitsiklis, 1993).

A maioria dos processos dinâmicos de despacho de veículos envolve gerenciamento de frota e programação. Na prática, há muitas variáveis neste problema, envolvendo:

- a) o tipo de pedidos de serviços (transporte das pessoas ou bens; um ponto ou dois pontos; com ou sem janelas de tempo, veículo dedicado ou não; nível de prioridade, etc.);

- b) o tipo de veículos de transporte (um ou muitos veículos; frota homogênea ou heterogênea; capacidade máxima);
- c) o tipo de rotas (local, regional, nacional, internacional; aberto ou fechado);
- d) a função objetivo (minimizar custos operacionais, tempo de viagem vazio, que tempo gasto de veículo, etc.; maximizar a satisfação de cliente, processamento, etc.).

Seguindo a metodologia proposta, os autores passam a etapa do “**Modelo de Escolha através de Multi-atributo**”. A principal questão é hierarquizar critérios para admissão e inclusão de novos pedidos na medida que o processo de transporte está instalado e em desenvolvimento, ao mesmo tempo em que faz-lo de tal forma a minimizar custos, distância, maximizar eficiência e satisfação dos clientes, enfim como colocado anteriormente, atender as restrições otimizando o processo. Para tanto é criado um vetor dos valores do atributo que faz parte do algoritmo de inserção de novos pedidos.

Nesta aplicação, os atributos ou variáveis de decisão sugeridos são:

- (x1) tempo de coleta do novo pedido;
- (X2) tempo de entrega do novo pedido;
- (X3) tempo gasto para o efetuar o desvio para atender o novo pedido;
- (X4) atraso para o efetuar a coleta para atender o novo pedido;
- (X5) atraso para a entrega do novo pedido;
- (X6) numero de atrasos nas coletas na rota planejada;
- (X7) numero de atrasos nas entregas na rota planejada;
- (X8) soma dos atrasos nas coletas na rota planejada;
- (X9) soma dos atrasos nas entregas na rota planejada;
- (X10) número de pedidos na rota planejada;
- (X11) relação de tempo de viagem vazio no tempo de viagem de total - tempo de viagem vazio acontece quando o veículo for deslocado para um atender um novo pedido sem nenhuma entrega a bordo.;
- (X12) distância em linha direta entre o local atual do veículo e o ponto de coleta para atender o novo pedido.

Nesta aplicação, os atributos ou variáveis de decisão sugeridos são:

- (x1) tempo de coleta do novo pedido;
- (X2) tempo de entrega do novo pedido;
- (X3) tempo gasto para o efetuar o desvio para atender o novo pedido;
- (X4) atraso para o efetuar a coleta para atender o novo pedido;
- (X5) atraso para a entrega do novo pedido;
- (X6) numero de atrasos nas coletas na rota planejada;
- (X7) numero de atrasos nas entregas na rota planejada;
- (X8) soma dos atrasos nas coletas na rota planejada;
- (X9) soma dos atrasos nas entregas na rota planejada;
- (X10) número de pedidos na rota planejada;
- (X11) relação de tempo de viagem vazio no tempo de viagem de total - tempo de viagem vazio acontece quando o veículo for deslocado para um atender um novo pedido sem nenhuma entrega a bordo.;
- (X12) distância em linha direta entre o local atual do veículo e o ponto de coleta para atender o novo pedido.

Desta forma uma função utilidade pode ser construída para avaliar cada veículo  $v$  com respeito ao novo pedido, baseada em seu vetor de atributo  $(X1v, X2v, \dots, X12v)$ . Então, o Veículo que atingir a máxima utilidade será escolhido para atender o novo pedido.

A função utilidade proposta pelos autores:

$$U_v = \sum_{k=1,2,\dots,12} \alpha_k^x x_{kv}^{norm}$$

onde:

$U_v$  é a função utilidade;

$\alpha_k$  para  $(k$  variando de 1 a 12) representando a ponderação dos atributos

$V$  é a frota de veículos;

$v$  é o veículo pertencente à frota a  $V$ ;

$x_{kv}^{norm}$  é a normalização de cada um dos atributos

Após a etapa de hierarquização dos atributos escolhidos e implementação da função utilidade; a seqüência da pesquisa trata da implementação de **Algoritmo Genético**.

Algoritmos genéticos são procedimentos randômicos de procura que imitam (a um nível alto de abstração) o processo de evolução observado na natureza. Uma população de soluções em que cada solução é codificada como uma cadeia de valores, evolui de uma geração para a próxima, isto é pela aplicação de operadores, num processo de mutação, semelhante a encontrado na natureza. O operador dessas mudanças (operador de “*crossover*”) produz duas soluções novas de descendência, fundindo as partes de duas boas “soluções de parentesco”. Se o operador de *crossover* faz uma boa projeção, a descendência deveria herdar as melhores características dos pais. A Mutação modifica fortuitamente uma parte pequena de uma solução. Este operador é usado para evitar a perda completa de valores a determinadas posições do encadeamento da população inteira.

Através dessas transformações, é esperado que uma população inicial de soluções, geradas fortuitamente ou produzidas através de métodos heurísticos, que exploram o domínio do conhecimento, soluções que serão melhoradas como soluções de substituições por descendência melhores. A construção de um algoritmo genético padrão é sugerido pelos autores, como segue:

1. Crie uma população inicial de  $n$  soluções e avalie cada solução.
2. selecione  $n$  soluções de descendência (pai), com substituição, da população atual por seleção proporcional.
3. Escolha um par de soluções “pai” ao acaso e junte-os (acasale-se) por crossover para produzir duas soluções de descendência.
4. Modifique randomicamente cada solução de descendência, com uma probabilidade pequena, por mutação. Avalie cada descendência nova.
5. Repita os passos 3 e 4 até todos os pais juntem-se ( $n$  descendências são criadas);
6. Substitua a população velha pela população nova de descendência.
7. Volte ao passo 2 se o número de gerações for menor ou igual a algum salto superior (ou se a população ainda puder ser melhorada).

No passo 2, a probabilidade de seleção de um cromossomo por “acasalamento” é proporcional à qualidade da solução correspondente. Assim deste modo, cromossomos melhores serão selecionados para reproduzir, e assim, propagar as melhores características à próxima geração.

O texto então passa a aplicar a metodologia proposta nos passos descritos, finalizando a pesquisa com o estudo de um caso prático em uma empresa de “*courier service*”. Os autores concluem a pesquisa afirmando que o método de função de utilidade linear, computado através de algoritmo genético, pode ser bastante útil para aplicações em problemas despacho com a implementação de novos pedidos em tempo real.

#### **4.2.3 - Real Time Decision Problems: an Operational Research Perspective.**

(Problemas de decisão em Tempo Real: uma Perspectiva em Pesquisa Operacional). Séguin et al, 1997.

Este trabalho aborda a classe de problemas dinâmico e estocástico conhecidos como problemas de decisão em tempo real; o texto também procura trazer um panorama através de revisões da literatura em inteligência artificial propostas para a questão; e o potencial de utilização da pesquisa operacional para a solução desses problemas.

A característica principal dos problemas tipo Sistema de decisão em tempo real (RTDS *Real time decision System*) é a habilidade necessária para analisar fluxos irregulares de recebimento de informações, num ambiente dinâmico; e tomar decisões com recursos limitados no tempo disponível, e diversas outras limitações inerentes a esse processo.

##### Serviço de “*Courier*”

Como ilustração da questão do RTDS, os autores apresentam o caso já clássico da expedição de veículos para um processo de serviço de “*courier*”. O princípio básico analisado é: cada pedido implica a alocação e uma determinada data de coleta e entrega, sendo que a maioria dos clientes quer que seu pedido seja entregue muito rapidamente, assim a programação e a expedição dos veículos tem de ser feito em tempo real. A cada instante, os pedidos são divididos em dois conjuntos:

1. Um conjunto de pedidos aceitos e expedidos, para os quais não há nada mais há fazer;

2. Um conjunto de pedidos ainda a serem processados, ainda esperando para serem coletados, e alocados na frota que os atenderá.

Como novos pedidos podem ser colocados a todo instante, é gerado um “trade-off” perene entre custos operacionais a plena satisfação dos clientes para atender os seus pedidos no prazo solicitado, ou seja redução de custos operacionais X qualidade no serviço.

RTDS, envolve um vasto conjunto de componentes funcionais, em que cada um deles é uma fase distinta do problema a ser resolvido; os principais componentes funcionais enumerados pelos autores são:

1. Gerenciamento da Informação e fusão dos dados. O RTDS precisa ser alimentado num fluxo contínuo de informações. Atualmente essas informações são obtidas através sensores, radar, GIS, GPS, etc.
2. Avaliação da Situação. Nem todo evento vai gerar uma reação no sistema, porém todas devem ser avaliadas.
3. Análise das alternativas. Avaliar e analisar todas as alternativas possíveis para o conjunto de informações disponíveis.
4. Decisão. A decisão consiste em reagir para a situação apresentada, ou não fazer nada. Abrange:
  - Planejamento reativo. Sem planejamento, ocorre na medida que a situação se apresenta.
  - Plano de implementação. Modificações no sistema de forma mais elaborada.
  - Planejamento deliberativo. É o estado da arte para efetivar a ação, ocorre de forma absolutamente planejada.

A intenção dos autores aqui é exemplificar a partir do caso “*Courier Service*” uma condição genérica atual e bastante comum; na seqüência passam a tratar das Perspectivas da Inteligência Artificial como ferramenta de auxílio para o tratamento

dos dados em tempo real, e na própria solução do problema de expedição e roteamento.

Os autores fazem então uma revisão da literatura para Inteligência Artificial aplicada ao assunto, a revisão apresentada é de fato bastante ampla e apresenta uma contribuição importante para o tema; seu detalhamento não cabe nesta revisão, mas poderá ser utilizada no momento adequado quando da evolução da pesquisa desta tese de doutorado.

#### Potencial de Contribuição da Pesquisa Operacional.

Recentemente a comunidade especializada em Pesquisa Operacional tem voltado esforços para o desenvolvimento de modelos para a aplicação em RTDS, com maior ênfase na última década com a criação de importantes e poderosas ferramentas, como meta-heurísticas, “*tabu search*”, algoritmos genéticos entre outras .

Na seqüência da pesquisa então é apresentada uma proposta de modelagem matemática, que se coloca na seqüência, e em seguida nova revisão da literatura tratando das ferramentas de pesquisa operacional, citadas acima

Os autores definem as variáveis para a modelagem proposta como segue:

$W_t$  = conjunto de informações do mundo externo no instante t, como condições de clima, tráfego, acidentes, etc;

$A_t$  = conjunto de ações programadas;

$R_t$  = conjunto de ações requeridas;

$C_t$  = descreve os recursos computacionais disponíveis;

Definição dos vetores:

$s_t^a = (s_t^a(a_i))$ ,  $a_i \in A_t$ , representa o vetor de ações programadas

$s_j^r = (s_j^r(r_j))$ ,  $r_j \in R_j$ , representa o vetor de ações requeridas

$\sigma_t = (w_t, s_t^a, s_t^r, c_t)$ , define o estado do sistema no instante  $t$ , sendo portanto o vetor de estado do sistema;

$\alpha_t = f(\sigma_t)$ , onde  $\alpha$  representa o vetor resultante, e normalmente pertence ao conjunto de ações pré-determinadas.

$d_t$ , representa a decisão no instante  $t$  e pertence ao conjunto  $D_t$ , que por sua vez representa o conjunto de decisões disponíveis.

O problema pesquisado é probabilístico e portanto, define-se a probabilidade  $p$  do estado atual do sistema (no instante  $t$ ) apresentar –se nas condições de todos os vetores colocados acima.

Assim para cada par  $(\sigma_t, d_t)$  tem-se uma função utilidade randômica em progresso

$\mu_{\sigma_t, d_t}$ , que depende das ações externas

O objetivo é obter-se o  $d^*$  que é a melhor decisão no instante  $t$ . Essa decisão precisa Maximizar a Utilidade esperada, sobre um conjunto de decisões disponíveis:

$$d_t^* = \arg \max_{d \in D_t} [\mu_{\sigma_t, d}]$$

Os próprios autores admitem que o modelo matemático apresentado requer um alto grau de abstração, e precisa ser generalizado para outras aplicações, além de ser de difícil calibração.

#### 4.2.4 - Semi-Variable delivery routes and efficiency of outbound logistics

(Rotas de entregas Semi Variáveis e a eficiência da logística de “outbound”).

Haugton, et al, 1997

As informações das demandas dos clientes em tempo real, permitem aos operadores do sistema de transporte (expedição e roteamento) modificar a situação de modo a obter resultados mais satisfatórios. Existem custos associados à obtenção dessas informações e redesenho do sistema em tempo real, assim é preciso que os operadores do sistema possam ao menos aquilatar as vantagens que estas ferramentas podem trazer ou não, antes de decidir como vão processar a expedição dos veículos. Esta pesquisa tem como objetivo desenvolver um modelo de regressão, comprovadamente preciso, com a finalidade de antecipar os resultados e trabalhar com informações de demanda dos clientes em tempo real, aplicando assim estas informações para a definição (ou redefinição) da operação na expedição e roteamento dos veículos.

O texto traz já em sua introdução a questão de como saber se os custos adicionais, inerentes ao processo de trabalhar com as informações das necessidades dos clientes em tempo real, geram o resultado esperado. Sabe-se que essa forma permite aos profissionais que elaboram o roteamento e planejamento do transporte obter maior eficiência; mas é preciso ter a dimensão dos ganhos que serão obtidos com essa prática, daí a proposta dos autores de se criar e aplicar uma fórmula de regressão trabalhando a previsão da eficiência.

#### Considerações sobre o problema gerencial e Rotas Semi Variáveis.

Quando as demandas dos clientes são aleatórias ou pouco previsíveis, faz-se necessário um gerenciamento efetivo da operação, sob pena de chegar-se a conseqüências indesejáveis no resultado da operação da empresa; isto ocorre em qualquer caso em que a operação é a expedição diária de uma frota de caminhões a partir de um depósito central para realizar a distribuição de produtos geograficamente dispersos.

A aleatoriedade com que os clientes colocam os pedidos também pode ser na forma, e não só de colocar ou não o pedido.

Esta alternativa dá a chance de eliminar as rotas inexistentes naquele dia, o que é uma vantagem operacional, condição que os autores denominam de Rotas Semi Variáveis.

Essa condição de eliminar rotas poderá ser efetivada em trechos do percurso diário tradicional, que poderá gerar uma nova rota de menor distância total percorrida, trazendo economia no transporte realizado.

A proposta da pesquisa então, é apresentar uma formulação que permita estimar de forma precisa e eficiente os ganhos obtidos com a técnica de tratar as rotas Semi Variáveis, eliminando as inexistentes no momento da programação da expedição da frota de caminhões.

#### Fórmula proposta

A Fórmula proposta, através da equação 4.2.4-1, não trata de regiões geográficas específicas, ou pré-determinadas, mas considera as distâncias em medições euclidianas, e somente aplica-se a áreas de serviço de transporte retangular.

$$\hat{S} = f(\rho, N, Q, \mu, \bar{\rho}) \quad (\text{equação 4.2.4-1})$$

onde:

$\hat{S}$  = distância (em unidade de distância) estimada para a viagem esperada, já computada a economia decorrente do processo de rota semivariável, isto é sem as rotas com demanda zero.

$\rho$  = a probabilidade de cada cliente colocar pedido a cada dia.

$N$  = Número de Clientes.

$Q$  = a capacidade diária de entrega de cada veículo

$\mu$  = a expectativa de demanda zero por cliente para cada cliente

$\bar{\rho}$  = a distância média (euclidiana, em um sentido) do depósito ao cliente

A metodologia proposta indica a seguir a regressão estatística da fórmula apresentada.

Os autores finalizam o texto, detalhando a forma com que realizaram a pesquisa, embasada em uma revisão bibliográfica consistente, e uma aplicação prática para a modelagem matemática proposta.

### **4.3 - Roteamento de Veículos com Carga de Retorno e Janela de Tempo**

#### **4.3.1 - Introdução ao Tema**

A Literatura mostra uma clara evolução de problemas clássicos de transporte, e assim acontece com o problema de roteamento (VRP).

VRP envolve o roteamento de uma frota de veículos de capacidades conhecidas, de um depósito central para um conjunto de clientes com demandas conhecidas, sob o objetivo de minimizar a distância total de viagem, depois de completados todos os ciclos do sistema.

Todas as viagens devem-se originar e terminar em um depósito central, cada cliente tem de ser servido por um só veículo e a demanda de todos os clientes atendida, não podendo o veículo designado para a viagem ter a sua capacidade excedida .

A primeira variação importante do VRP, é a introdução da restrição tempo no problema. Essa restrição tem o formato no modelo de “Janela de Tempo”, designado de forma genérica como Problema do Roteamento de Veículos com Janela de Tempo (VRPTW).

VRPTW, então é a variação do VRP onde o serviço a cada cliente tem de ser programado dentro de uma ou mais janelas de tempo associadas com os serviços a todos os demais clientes. As propriedades principais do VRPTW no contexto da realidade de mercado, podem ser assim resumidas:

- Existe uma janela de tempo para serviço associada a cada cliente, e um tempo fixo para o atendimento, ou seja, a duração do tempo em que o veículo permanecerá no cliente é fixa;

- A frota não é necessariamente homogênea. Para cada veículo está associada uma capacidade específica;
- As rotas, não precisam iniciar-se a partir do depósito ao mesmo tempo, isso pode ser modelado por uma janela de tempo adicional do depósito representando a viabilidade dos tempos iniciais de cada rota. Todas as rotas, porém, devem terminar antes do prazo final;

Outra variação importante do VRP é o Problema do Roteamento de Veículos com Carga de Retorno (VRPB), e pode ter seu estado assim definido:

- dado um depósito central, há uma frota de veículos e um conjunto de clientes que possuem demanda conhecida para o serviço de transporte; deseja-se então encontrar um conjunto de rotas, com origem e retorno para o depósito central, atendendo aos clientes com o mínimo custo.

A mais completa variação do VRP, e a que de fato importa para esta tese é a conjugação dessas variações, ou seja, agregar ao VRP, as duas principais variações, qual sejam:

- introdução da Janela de tempo para o atendimento aos clientes;
- introdução da condição (ou busca) da carga de retorno.

Essa conjugação, denominada de Problema de Roteamento com Carga de Retorno e Janela de Tempo (VRPBWT), pode então ser assim caracterizada:

- A partir de um depósito central, como origem, há uma frota de veículos de capacidade conhecida e um conjunto de clientes que possuem demandas conhecidas para o serviço de transporte; deseja-se então encontrar um conjunto de rotas, com retorno para esse mesmo depósito central, sendo que o veículo não pode chegar em um cliente depois de esgotado o prazo estabelecido na sua janela de tempo. Entretanto esse veículo poderá chegar a esse cliente antes de iniciar o período de recebimento estabelecido na sua janela de tempo. Se isso ocorrer dar-se-á início ao período de espera do veículo, podendo incorrer no que se denomina comumente no mercado de transporte brasileiro de “estadia”. Busca-se então atender os clientes dentro

dos limites das restrições impostas, minimizando os custos de transporte e as distâncias totais percorridas.

A abordagem do **VRPBTW** é normalmente utilizada para problemas mais complexos de coleta e entrega (*pick-up & delivery*), e aí difere da proposta desta pesquisa, que trata de cargas fechadas de um ponto a outro. Porém traz uma importante contribuição não só aos conceitos como às formas possíveis de soluções dos modelos. Essa é a razão para introdução desse tema na revisão bibliográfica desta tese.

O primeiro texto apresentado (Psarafits, 95) traz, em seu corpo, uma importante apresentação de trabalhos e autores que vêm pesquisando o tema na atualidade, e na sua pesquisa propriamente dita, procura definir a fronteira entre a antiga abordagem estática e a atual abordagem dinâmica dada aos problemas de roteamento. Os demais textos revisados já introduzem a questão da carga de retorno e janelas de tempo.

#### **4.3.2 - Dynamic vehicle routing: Status and Prospects**

(Roteamento Dinâmico de Veículos: Avaliação de Resultados e Avanços). Psarafits et al, 1995.

A proposta desse texto é avaliar os resultados recentes obtidos com a pesquisa de roteamento dinâmico, com ênfase para a diferenciação entre a abordagem tradicional – Estática e a abordagem Dinâmica, em tempo real, na solução de problemas práticos

O autor justifica a pesquisa, enfatizando que, nos cenários atuais, as informações devem chegar em tempo real, portanto fornecendo um caráter ‘dinâmico’ ao roteamento dos veículos de entrega ou distribuição, fato cada vez mais comum. Entenda-se aqui como caráter dinâmico a programação dos veículos, ou seu roteamento, ou enfim a designação de sua carga como acontecendo em tempo real.

Avanços tecnológicos têm contribuído bastante para a utilização da programação ou roteamento em tempo real dos veículos, principalmente nas áreas da comunicação da informação, também em tempo real.

O autor passa a enumerar pesquisas relevantes realizadas recentemente na área em questão, e a contribuição que essas trouxeram ao tema, sendo:

1. Distribuição de derivados de petróleo, gases industriais e afins. Autores: Brown et al., Dror et al., Fisher et al., Trudeau e Dror. O suprimento de combustível precisa ser organizado em um conjunto de rotas de modo a abastecer os tanques dos diversos clientes. A quantidade de combustível que os clientes precisam, não é necessariamente conhecida *a priori*, como também a quantidade disponível no tanque do caminhão pode não ser suficiente para abastecer totalmente o tanque do cliente. A possibilidade de desabastecimento é bastante grave e custosa e precisa ser evitada, assim a expedição dos caminhões precisa ser feita de forma eficiente;
2. Serviço de “Courier:”. Autores: Mabert et al.. Uma mini-van percorre a cidade coletando e entregando encomendas expressas. É necessário que o serviço seja realizado dentro de exigências rigorosas quanto a prazo de chegada aos clientes, portanto com a programação dos veículos acontecendo em tempo real, ou seja enquanto a demanda de serviços ocorre. As vans possuem computadores de bordo, que em contato com o computador central, recebe e processa a programação, consolidando sua rota;
3. Serviço de transporte Intermodal. Autores: Crainic et al., Min. Quando um navio de carga geral chega a um porto desencadeia uma série de ações, como: descarga dos volumes e transporte até uma central, uma frota de caminhões para transporte para um ponto de consolidação (com outras cargas) fora do porto, e finalmente entrega aos clientes finais. Como nem todos os clientes são conhecidos até a consolidação da carga, novos clientes são adicionados ao processo automaticamente, daí a necessidade da coordenação e programação da frota acontecer em tempo real.

4. Operação de “Tramp Ship”. Autores: Garmila, Ronen, Speidel. Uma frota de “Tramp Ships” é usada por uma companhia industrial para cargas de retorno de *commodities* transportados a granel (como: óleo, carvão, minério, cimento, etc.) de pontos de produção para pontos de consumo. A demanda desses pontos de consumo é dinâmica e normalmente não conhecida com precisão, além do que as condições de navegação variam muito em função das condições meteorológicas. Essas variáveis influem na programação da frota de navios;
5. Serviços de Coleta e Entrega Combinados. Autores: Min, Psaraftis et al., Thompson e Psaraftis. Nesse caso a frota de veículos é disponibilizada para o serviço. Esse serviço pode ser solicitado por telefone ou outra forma de comunicação a uma central de atendimento ou expedição de veículos. A solicitação dos serviços não é conhecida antecipadamente, mas deve ser entregue no momento solicitado, portanto programação acontece em tempo real, além de ser passível de modificação (rota) também enquanto o transporte acontece;
6. Gerenciamento de terminal de Contêiner e Carga e Descarga. Autores: Aslidis, ISL. Os contêineres são descarregados de um navio, armazenados em um terminal de contêiner, carregados em outro navio (ou em um trem, ou em uma frota de caminhões). As informações e instruções pra a movimentação desses contêineres acontecem em tempo real. A medida de eficiência desse processo também precisa ser otimizada.

Os avanços tecnológicos na área de comunicação e informação aumentam a importância da programação (ou roteamento) em tempo real, ao mesmo tempo em que também criam a necessidade de sua própria evolução. Os principais avanços tecnológicos citados pelos autores são:

- EDI (Electronic data Interchange);
- GPS (Global Positioning Systems);
- GIS (Geographic Information Systems);
- IVHS (Intelligent Vehicle-Highway Systems).

A troca eletrônica de informações comerciais ou logísticas (EDI), a localização através de satélites ou gerenciamento do veículo através de tráfego pesado (GPS, GIS, e IVHS), são os avanços tecnológicos citados acima pelos autores, que se transformaram em ferramentas de apoio à logística em tempo real, pois permitem o roteamento dinâmico da frota de veículos, ao mesmo tempo em que criam demanda dos serviços de transporte também em tempo real, pois é desta forma que os clientes podem solicitar o serviço. Os autores enfatizam que o termo dinâmico, está relacionado com “tempo real” (*on line*) e que contrapõe os métodos de abordagem e solução embasados em processos “Estáticos”. Na seqüência do trabalho os autores passam a colocar alguns exemplos teóricos com a principal finalidade de ratificar o conceito.

Os exemplos teóricos remetem a uma taxonomia que será utilizada adiante na pesquisa, e que pode ser bastante útil para caracterizar os atributos da informação:

- a) Evolução da informação (estática/dinâmica);
- b) Qualidade da informação (conhecida - determinística/ previsão/ probabilística/ desconhecida);
- c) Disponibilidade da informação (local/global);
- d) Processamento da informação (centralizada/descentralizada).

O autor na seqüência da pesquisa sumariza as principais diferenças entre roteamento de veículo estático e roteamento dinâmico:

1. A dimensão tempo é essencial;
2. o problema pode estar aberto quando terminado;
3. As informações futuras podem ser imprecisas ou desconhecidas;
4. Eventos de condição próxima são mais importantes;
5. Mecanismo de atualização de informação é essencial;
6. Decisões de resequenciamento e redesignação devem estar garantidas;
7. São necessários tempos de rápido processamento computacional;

8. Mecanismos de atrasos temporários indefinidos;
9. A função objetivo pode ser diferente;
10. As restrições de tempo podem ser diferentes;
11. A flexibilidade para variar o tamanho da frota é pequena;
12. As considerações sobre as filas podem se tornar importantes.

O autor procura enfatizar em sua pesquisa que a abordagem dos problemas, até então, sempre foram de caráter estático, e em sua maior parte com características que permitiam soluções com aproximações estocásticas.

Os tempos atuais acabam por exigir uma abordagem completamente nova dos mesmos problemas de transporte; uma abordagem dinâmica enfatiza que o que ocorre é uma evolução do processo, necessária pelo surgimento de novas demandas das pessoas em nosso tempo.

Assim, os mecanismos de solução para os modelos denominados “VRP” (problema de roteamento de veículos) que apresentam um caráter estático e estocástico, agora podem ser re-designados como: “DVRP” (problema de roteamento de veículos dinâmico).

A abordagem dinâmica para o problema de roteamento forma a base para a pesquisa de outros problemas clássicos no assunto, como por exemplo o “DTSP” (“Problema do caixeiro viajante Dinâmico”) que objetiva minimizar o tempo médio do sistema de entrega (ou transporte).

Outras situações e abordagem são tratadas na revisão desse trabalho de doutorado.

O autor finaliza o texto com algumas considerações de fundamento matemático, comprovando os atributos e as características que marcam a diferença entre processos estáticos e dinâmicos, bem como o princípio do DTSP.

#### **4.3.3 - A Tabu Search Heuristic for the Vehicle Routing Problem with backhauls and time Windows.**

(Uma heurística tipo “*Tabu Search*” para o Problema de Roteamento com carga de retorno e janela de tempo). Potvin et al, 1994.

O Texto descreve uma heurística baseada em “*Tabu search*”, para o problema de roteirização de veículos com carga de retorno e janela de tempo (*backhauls/Time Windows*).

No caso apresentado, tanto a coleta quanto a entrega ocorrem na mesma rota, e a entrega ocorre sempre antes da coleta, além disso o tempo de serviço para cada cliente é restrito a um intervalo de tempo específico.

Os resultados computacionais são apresentados na forma de um conjunto padrão de problemas testados, e as comparações são estabelecidas com outras heurísticas através de soluções ótimas.

Nesse problema, cada veículo atende tanto aos pontos de entrega aos clientes, quanto às rotas de retorno ao depósito central. Em muitas aplicações reais, a coleta precisa ser realizada depois da entrega ser concluída em cada rota. Essa restrição aumenta na prática por causa do freqüente inconveniente de ter-se que re-arranjar as cargas dentro do caminhão para poderem-se acomodar novas coletas e entregas que surgem de última hora como prioridade. Adicionalmente a esta restrição, existe a capacidade física de carga do caminhão que não pode ser ultrapassada.

Nesta pesquisa os autores consideram uma variante do problema, em que cada cliente deve ser atendido num intervalo específico de tempo (ou janela de tempo), assim cada veículo não pode chegar ao destino esgotado o prazo estabelecido na sua janela de tempo. Porém o veículo poderá chegar a esse cliente antes de iniciar o período de recebimento estabelecido na sua janela de tempo, acontecendo o período de espera do veículo. Como se mostrou na introdução teórica deste tópico, essa restrição caracteriza o problema como de roteamento com carga de retorno e janela de tempo (VRPBTW).

Nesse trabalho os autores definem dois diferentes objetivos para a pesquisa:

1. Minimizar a distância total da viagem;
2. Minimizar em primeiro lugar o número de rotas, então, para o mesmo número de rotas, minimizar o tempo de rota total (incluindo o tempo de espera).

#### A construção da heurística.

Os autores tiveram como motivação e base para a construção de sua Heurística o trabalho de Solomon, 87. Nesse trabalho, Solomon trabalha com VRPTW, ou seja a

roteirização de veículos com janela de tempo, porém sem carga de retorno, e lá apresenta muitas formas diferentes de construções de heurísticas para esse tipo de problema, sendo a que Solomon denomina I1, a que traz o melhor desempenho.

A Heurística I1 de Solomon constrói as rotas uma a uma. No início um cliente utilizado como “semente” é selecionado para criar a primeira rota. Essa rota inicial serve apenas a esse cliente (veículo deixa o depósito central, atende àquele cliente (semente) e volta diretamente para o depósito). Então, os clientes remanescentes são introduzidos um a um na rota até que aconteça a restrição capacidade total do veículo ou a restrição janela de tempo sejam atendidas

Nesse ponto um novo cliente semente é escolhido para a criação da segunda rota, e a rota preenchida com os clientes remanescentes até acontecer novamente a restrição capacidade total do veículo ou a restrição janela de tempo. O procedimento é repetido até que todos os clientes estejam servidos e alocados em alguma rota. A cada passo, antes do próximo cliente a ser inserido, e da rota a ser escolhida, são criados algoritmos que computam os custos operacionais correspondentes.

O trabalho desenvolvido pelos autores nessa pesquisa visa, numa primeira etapa, a adaptar e complementar o trabalho acima descrito de Solomon para torná-lo compatível com o VRPBTW, ou seja, adicionar a questão da carga de retorno.

Conceitualmente a proposta contempla as seguintes inserções para a complementação da Heurística de Solomon:

- Entre o depósito Central e a primeira rota de atendimento ao cliente (*linehaul*);
- Entre duas linhas de clientes (*2 linehauls*)
- Entre a última linha (*linehaul*) de cliente e a primeira carga de retorno de cliente (*backhaul*);
- Entre a última linha de cliente e o depósito, se não existirem rotas de retorno de cliente.

Desta forma os autores afirmam que naturalmente serão obtidas soluções possíveis para o VRPBTW através da aplicação da heurística proposta. O próximo segmento da pesquisa trata especificamente da proposta do trabalho, ou seja o desenvolvimento

e a apresentação da heurística “*tabu search*” visando a melhorar a solução inicialmente conseguida.

#### A construção da heurística “*Tabu Search*”.

A heurística “*tabu search*” foi primeiramente desenvolvida por Fred Glover, e sua completa descrição pode ser encontrada em Glover, 89 e Glover, 90. A cada iteração, uma vizinhança da solução atual é gerada através de diversos tipos de transformações.

Assim, a melhor solução dentro da vizinhança é gerada como uma nova solução, e o procedimento repetido. Entretanto, ao contrário da solução clássica obtida através da heurística de busca local, a “*tabu search*” não pára no primeiro ótimo local encontrado, quando não há mais a possibilidade de encontrar soluções melhores. A melhor solução na vizinhança é sempre selecionada, até mesmo se ela é pior que a solução atual. Essa abordagem propicia ao método “fuga” de ótimos locais para explorar fração maior do espaço de busca.

A fim de se evitar ciclos, transformações controladas para soluções recentemente encontradas na busca são proibidas, para isso as informações são estruturadas em forma de uma lista, como uma “*tabu*” lista sendo formada para “lembrar” a trajetória de busca recente. Normalmente a “*tabu*” lista não contém soluções completas, porque a comparação entre duas soluções completas ficaria muito custosa. Na prática para evitar os ciclos, sem criar listas múltiplas de soluções completas, trabalha-se “proibindo” que sejam introduzidas ligações removidas recentemente da solução; é por isso que normalmente a *tabu* lista é referenciada como possuindo memória de curto prazo, pois seu registro é apenas da última modificação.

Outros mecanismos usando memórias de médio e longo prazos são utilizados para guiar a busca, por exemplo, técnicas de intensificação de busca em áreas de espaço de busca maior. Esta área pode ser identificada fixando-se elementos que estavam associados com boas soluções no passado, isto é, fixando algumas ligações na rota. Também técnicas de diversificação podem ser planejadas para dirigir a investigação para uma nova área de busca; desta feita, pretende-se introduzir elementos que não estavam presentes em iterações passadas mesmo que não representem ligações com

boas soluções anteriores, mas é importante só fornecerem uma nova área complementar de busca.

Para esta pesquisa, os autores não consideram que memórias de médio e longo prazos tragam uma melhora importante para o resultado final, portanto optam por trabalhar apenas com “*tabu search*” de curto prazo, e apresentam a sua construção da heurística de “*tabu search*”, que se resume a seguir.

#### As vizinhanças

As transformações implementadas na pesquisa são de diferentes tipos e aplicadas na ordem em que são gerados diferentes tipos de vizinhanças. Essas transformações são baseadas nos procedimentos de ligação ou troca de nós, partindo-se da premissa de que as vizinhanças pesquisadas trarão sempre soluções possíveis, assim as soluções possíveis são verificadas a cada transformação, e as soluções inviáveis descartadas.

**2-opt\***. É uma extensão da Heurística de intercâmbio (troca) **2-opt** para problemas com rotas múltiplas. Aqui, duas ligações são removidas de rotas diferentes, e duas novas ligações são introduzidas; a ligação do primeiro cliente da primeira rota com o último cliente da segunda rota e vice-versa.

Para que se possa satisfazer a relação de precedência estabelecida na linha (*linehaul*) e na rota de retorno (*backhaul*), algumas restrições são aplicadas para a seleção das ligações a serem removidas.

O ponto de ruptura da ligação (*break point*) precisa ocorrer entre duas *linehaul* ou duas *backhaul*, em ambas as rotas.

Na figura 3.1 a seguir, representando o procedimento 2-opt\*, o depósito central está representado por um quadrado, e os clientes por círculos marcados pela letra L (*linehaul*) ou B (*Backhaul*). Neste exemplo ilustrado nesta figura, o *break point* ocorre entre duas rotas a clientes (*Linehaul*) ou em ambas, então as linhas de retorno (*Backhaul*) continuam na seqüência da mesma linha das viagens a clientes (*Linehaul*) das rotas resultantes.

A nova rota resultante é viável e respeita as janelas de tempo estabelecidas, sendo que os primeiros clientes atendidos estão adiantados na janela de tempo e os últimos clientes serão atendidos na parte mais tardia da janela de tempo. Desta forma realiza-se a ligação dos primeiros clientes com os últimos em uma outra rota que também é viável e satisfaz às restrições das janelas de tempo.

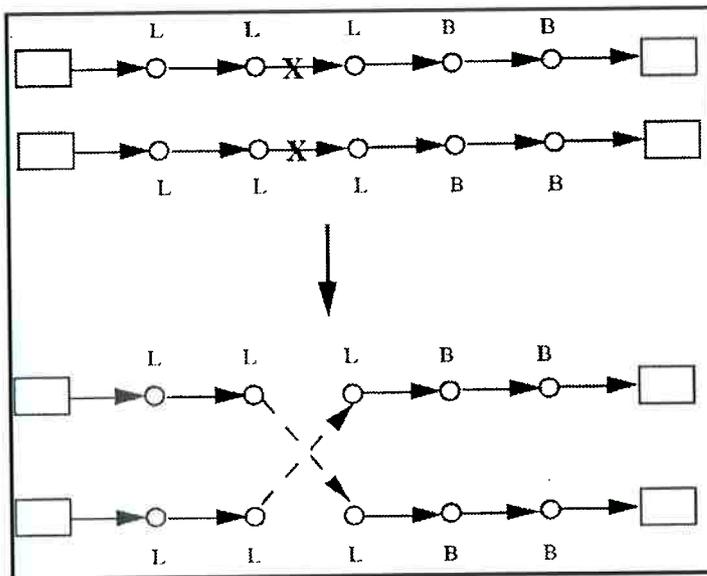


Figura 4-1: Ilustração representando o procedimento 2-opt\*

Na seqüência do trabalho, os autores apresentam outros dois procedimentos para a realização das trocas (ou intercâmbio) e busca de soluções viáveis visando à formação da “tabu list”, são eles: “Or-opt” e “Swap”, esses procedimentos são representados pelas figuras 3.2, e 3.3, que acabam por explicar seus princípios.

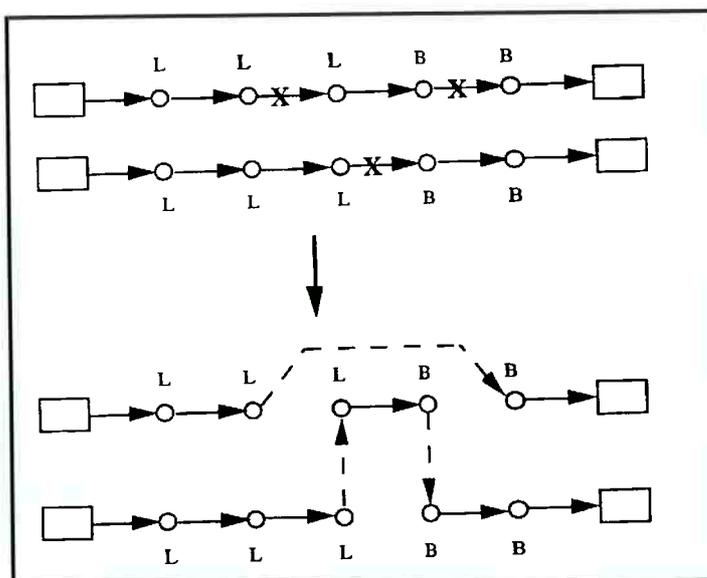


Figura 4-2: Exemplo ilustrativo de “Or-opt”

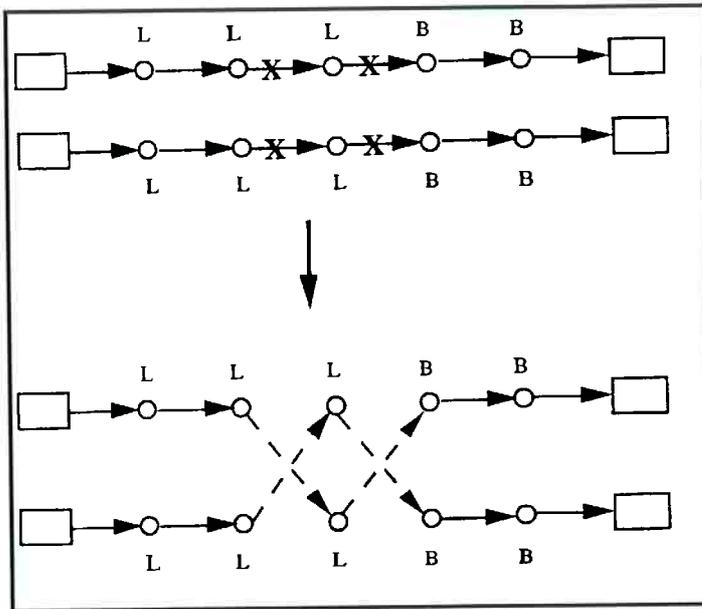


Figura 4-3: Exemplo ilustrativo de “Swap”

### Tabu list

A lista resultante deverá conter as ligações descartadas da solução atual durante as cinco últimas iterações. Então, uma transformação é declarada tabu se cada nova ligação introduzida dentro da solução é encontrada na *tabu list*.

### A Heurística

A Heurística é construída com as seguintes variáveis:

- Número máximo de iterações;
- Número máximo de iterações consecutivas sem qualquer contribuição para a melhor solução conhecida;
- Número de iterações correntes;
- Número de iterações correntes consecutivas sem qualquer contribuição para a melhor solução conhecida;

Com esses elementos a heurística é construída, utilizando randomicamente os tipos de transformações apresentados (2-opt\*; Or-opt; swap).

Montada a heurística os autores apresentam resultados computacionais, buscando os dois objetivos iniciais:

- a. Minimizar o número de rotas;
- b. Minimizar a distância total.

### Resultados

Os resultados apresentados são comparados com outros tipos de heurística (“*Exchange*”, “*Genetic*”). A conclusão é que os custos computacionais do método “*exchange*” são mais baixos dos que os encontrados nos métodos “*tabu search*” e “*Genetic*”, porém com resultados não tão satisfatórios.

A comparação também mostra que os resultados obtidos pelo procedimento “*tabu search*” foram melhores do que os resultados conseguidos com o método “*Genetic*”, ainda com a vantagem de um custo e tempo computacional menores.

Os autores finalizam a pesquisa com a constatação de que outras novas iterações não melhoram significativamente os resultados, para tanto seria interessante a aplicação em computadores paralelos.

### Bibliografia citada nesta revisão:

Glover, F. Tabu Search – Part I, ORSA Journal on Computing 1, 1989.

Glover, F. Tabu Search – Part II, ORSA Journal on Computing 2, 1990.

Solomon M.M. Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems with time Window Constraints, Operation Research, 1987.

### **4.3.4 - Heuristics Approaches to Vehicle Routing With Backhauls and Time Windows**

(Heurísticas para roteirização de veículos com carga de retorno e Janela de Tempo).  
Potvin et al, 1996.

O escopo desse trabalho baseia-se na roteirização de veículos com carga de retorno (*backhauling*), onde as rotas são construídas de forma que os caminhões precisem visitar fornecedores e clientes, iniciando a operação a partir de um depósito central. As mercadorias são primeiramente entregues aos clientes, então os caminhões coletam novos produtos com destino, novamente, ao depósito central. Nesse estudo, os autores consideram uma janela, ou um intervalo, de tempo em que os clientes devem ser atendidos.

O objetivo é apresentar heurísticas buscando aproximar a metodologia da solução ótima, estas heurísticas foram testadas em 45 problemas com tamanho de 25, 50 e 100 pontos, com resultados práticos importantes.

Os autores consideram uma variante do VRPB para realizar esta pesquisa, onde cada cliente deve ser atendido dentro de um intervalo de tempo determinado (ou janela de tempo). Daí então se ter a variante do problema inicial, este denominado VRPBTW.

Os limites inferiores e superiores da janela de tempo definem o mais cedo e o mais tarde que o pedido pode ser entregue ao cliente. Isto significa que um caminhão não pode ser alocado para servir a um cliente depois do limite superior da janela de tempo, como também o veículo é submetido a um tempo de espera se chegar ao cliente antes do limite inferior da janela de tempo. Cada cliente também especifica o tempo máximo para as operações de carga e descarga. Assim o tempo total da viagem é determinado pela soma dos tempos de carga, descarga, tempos de espera, e trajeto (proporcional à distância).

Quando todos os clientes estão programados para as rotas de entrega (*linehaul*) ou rotas de retorno (*backhaul*), o problema de VRPBTW, fica reduzido ao problema de VRPTW.

Os autores propõem uma heurística com base no trabalho de Kontoravdis e Bard, para obter a solução inicial do VRTBWT. Essa Heurística, denominada pelos autores de Heurística de inserção “*push-forward*” (PFIH), trata-se de um modelo onde os veículos são “empurrados” um a um nas rotas, procedimento que será explicado à frente.

Então as soluções iniciais são melhoradas através de “ *$\lambda$ -interchange e 2-opt\* exchange*”. Esta Heurística de “duas fases” foi utilizada para resolver problemas de tamanho 25, 50, e 100, para os quais a solução ótima é conhecida para a maioria dos casos. Os resultados computacionais mostram que, segundo os autores, conseguiu-se uma solução até 2,5% melhor do que a otimização média. Adicionalmente a Heurística foi testada em novos problemas criados de tamanho de 250 a 500.

A seguir, apresenta-se nesta revisão a sinopse da pesquisa com ênfase para a metodologia e construção da Heurística proposta, iniciando-se pela notação.

**Notação**

- $K$  Número total de Veículos
- $N$  Número total de Clientes
- $P_i$  Conjunto de predecessores do cliente  $i$  se  $i$  está inserido em uma rota, onde  $i=1, \dots, N$
- $S_i$  Conjunto de sucessores do cliente  $i$  se  $i$  está inserido em uma rota, onde  $i=1, \dots, N$
- $p_i$  Predecessor imediato do cliente  $i$ , onde  $i=1, \dots, N$
- $s_i$  Sucessor imediato do cliente  $i$ , onde  $i=1, \dots, N$
- $d_{ij}$  Distância euclidiana (proporcional ao tempo e viagem) entre os clientes  $i$  e  $j$ , onde:  $ij=0, \dots, N$  ( $0$  é o depósito central)
- $q_i$  Demanda do cliente  $i$ , onde  $i=1, \dots, N$
- $a_i$  Tempo de serviço no cliente  $i$ , onde  $i=1, \dots, N$
- $e_i$  Tempo mais cedo para início do atendimento do cliente  $i$ , onde  $i=1, \dots, N$
- $l_i$  Tempo mais tarde para início do atendimento do cliente  $i$ , onde  $i=1, \dots, N$
- $t_i$  Tempo para chegada para o veículo no cliente  $i$ , onde  $i=1, \dots, N$
- $b_i$  Tempo para iniciar o serviço no cliente  $i$  (i.e  $b_i = \text{Max}[t_i, e_i]$ ), onde  $i=1, \dots, N$
- $u_i$  Urgência do cliente  $i$  (i.e  $u_i = l_i - t_i$ ), onde  $i=1, \dots, N$
- $wt_i$  Tempo de espera no cliente  $i$  (i.e  $wt_i = \text{Max}[e_i - t_i, 0]$ ), onde  $i=1, \dots, N$
- $R_k$  Rota do Veículo  $K$ , onde  $k=1, \dots, K$
- $O_k$  Total de carga a maior (excesso de carga) para o veículo a rota do veículo  $k$ , , onde  $k=1, \dots, K$
- $T_k$  Total de atraso para a rota do veículo na rota  $k$ , onde  $k=1, \dots, K$
- $D_k$  Distância total da viagem, ou tempo de viagem, para o veículo na rota  $k$ , onde  $k=1, \dots, K$
- $W_k$  Tempo total da rota (i.e distância total ou tempo de viagem + tempo de espera+ tempo de serviço) para o veículo na rota  $k$ , onde  $k=1, \dots, K$
- $C(R_k)$  Custo da rota  $R_k$  baseado na função custo  $C$
- $C(S)$  Soma dos custos das rotas individuais  $C(R_k)$
- $\alpha$  Fator de Peso para a distância total de percorrida por um veículo
- $\beta$  Fator de Peso para a urgência de um cliente
- $\phi$  Fator de Peso para o tempo total da rota de um veículo

- $\eta$  Fator de Peso para a carga a maior (excesso de carga) de um veículo  
 $\kappa$  Fator de Peso para o tempo total de atraso da rota do veículo  
 $\gamma$  Fator de Peso para o ângulo polar

#### A Heurística de inserção “push-forward” (PFIH)

A construção da Heurística proposta pelos autores, foi concebida de modo a construir as rotas uma a uma. Uma importante simplificação: os autores assumem que o tempo de serviço em cada cliente é igual a zero, segundo eles, sem prejuízo ao processo. Na prática sabe-se que essa perda normalmente ocorre.

Primeiro é escolhido um cliente para a inicialização da rota, isto é a rota inicial atenderá só os serviços pertinentes ao cliente inicial (*seed customer*) escolhido. Então os clientes que ainda não foram incluídos na rota, passam a ser incluídos um a um, respeitando-se as restrições de capacidade e janelas de tempo. Nesse ponto a Heurística inicia uma nova rota, e esta rota é preenchida novamente com os clientes remanescentes. Este procedimento é repetido até que todos os clientes sejam atendidos.

A Heurística requer várias medições de custo para:

- a. Selecionar o cliente inicial;
- b. Selecionar o próximo cliente a ser incluído na rota atual;
- c. Encontrar o melhor lugar viável para inserir o cliente selecionado

*Os autores consideram os itens b e c o mesmo para esse trabalho.*

A metodologia então apresenta:

Primeiro: para calcular o custo selecionado do cliente inicial  $u$ , utiliza-se a fórmula:

$$-\alpha d_{0u} + \beta l_u + \gamma \text{ângulo}_u \quad (\text{equação 4.3.4-1})$$

onde o  $\text{ângulo}_u$  é o ângulo polar entre o cliente  $u$  e o último cliente da rota prévia construída (se ela existe). Desde que o procedimento da Heurística selecione um cliente que tem custo adequado para se inserir numa rota, clientes que estejam com mais tempo para serem atendidos e longe do depósito, porém próximos ao último cliente atendido, acabam por ser incluídos e portanto, beneficiados.

Os pesos dados às constantes da fórmula (1) priorizam: distância, urgência, e ângulo polar, nesta ordem.

Segundo: a inserção do custo do cliente  $u$ , entre dois clientes  $i$  e  $j$  na rota  $k$ , é computada usando-se a seguinte fórmula:

$$D_{\text{Novo}(i,u,j).k} + \phi W_{\text{Novo}(i,u,j).k} \quad (\text{equação 4.3.4-2})$$

( $\phi$  recebe o valor de 1% na pesquisa).

A equação 4.3.4-2 traz uma soma ponderada para uma nova viagem, considerando distância e tempo para a rota  $k$  (com o cliente  $u$  inserido entre os clientes  $i$  e  $j$ ). Este custo é minimizado para cada cliente não atendido após uma inserção possível na rota. Se o cliente não possui uma inserção possível, então o custo será ajustado para tender ao infinito.

Passos para a Heurística de construção da rota:

- 1 Iniciar com  $k=0$
- 2  $K=K+1$  Computar os custos de iniciação da rota de acordo com (1), para cada cliente não atendido  $u$ . Selecione o cliente  $u^*$  que minimiza o custo e utiliza o cliente inicial (*seed customer*) para a rota  $k$ . Se ainda existem clientes não atendidos, vá para o passo 3.; caso contrário PARE.
- 3 Para cada cliente não atendido  $u$ , encontre a melhor inserção possível na rota  $k$  de acordo com a equação 4.3.4-2
- 4 Se não há posição para inserção possível na rota  $k$ , para qualquer cliente não atendido, vá para o passo 2
- 5 Selecione o cliente  $u^*$  com o menor custo de inserção possível, e insira este cliente na melhor posição possível na rota  $k$ . Atualize a rota  $k$ . Se ainda existem clientes não atendidos, vá para o passo 3; caso contrário PARE.

#### Verificando soluções possíveis (viáveis)

- a) Restrições de tempo. A possibilidade relativa ao tempo é mantida na rota se a inserção de um novo cliente não “empurrar” o tempo de chegada do veículo em qualquer cliente  $i$  sobre seu limite superior da janela de tempo  $l_i$ . Entretanto o cliente pode ser visitado mais cedo do que  $l_i$  para possibilitar a viabilidade de seus sucessores na rota.

Sendo  $l_i$  o tempo mais tarde que o cliente  $i$  pode ser atendido, tem-se uma rota possível particular, onde  $l_i$  é dado por:

$$l_i = \text{Min}[l_i, l_{s_i} - d_{isi}] \quad (3)$$

onde:  $s_i$  é o sucessor do cliente  $i$  na rota; O valor  $l_i$  para o depósito corresponde ao tempo máximo do veículo servindo aquela rota.

b) Restrições de capacidade. Sendo  $AC_i$  a capacidade disponível do veículo na chegada ao cliente  $i$  e  $DC_i$  a capacidade disponível do veículo na partida do cliente  $i$ . Embora,  $DC_i$  poderia ser  $AC_i$  menos a carga entregue no cliente  $i$  em um ponto de entrega ou,  $AC_i$  mais a carga coletada no cliente  $i$  em um ponto de coleta. Lembrando que o cliente  $u$  é um cliente inserido entre os clientes  $i$  e  $j$

c) a viabilidade com relação à restrição capacidade, é dada por:

$$q_u \leq \begin{cases} MAC_j & \text{se } u \text{ é um ponto de entrega} \\ MDC_i & \text{se } u \text{ é um ponto de coleta} \end{cases}$$

Onde:

$$MAC_j = \min_{m \in P_i \cup (i)} AC_m$$

$$MDC_i = \min_{m \in S_i \cup (i)} DC_m$$

d) Restrição de retorno (*backhaul*)

Os autores tratam essa questão de forma bastante simplista, apenas inserem a carga de retorno entre duas rotas convencionais de entrega ou coleta, respeitando-se as janelas de tempo estabelecidas.

Na seqüência da pesquisa, os autores apresentam duas ferramentas para incrementar a Heurística PFIH, são elas: “ $\lambda$ -interchange e 2-opt\* exchange”, trata-se de Heurísticas de busca local, colocadas de forma sintética a seguir.

$\gamma$ -Interchange

O mecanismo de geração de “ $\gamma$ -Interchange” é baseado no intercâmbio (*interchange*) de clientes entre conjunto de rotas. Pode ser descrito assim:

- Geração de Vizinhança. Dada uma solução para o problema representado por um conjunto de rotas  $S=\{R_1,\dots,R_p,\dots,R_q,\dots,R_k\}$ , onde cada rota é o conjunto de clientes atendidos na rota, um “ $\gamma$ -Interchange” entre  $R_p$  e  $R_q$  é a reposição (ou troca) de um sub-conjunto de clientes  $S_1\subseteq R_p$  de tamanho  $|S_1|\leq\lambda$  por outro sub-conjunto  $S_2\subseteq R_q$  de tamanho  $|S_2|\leq\lambda$ , e vice-versa, para conseguir duas novas rotas e uma nova solução de vizinhança.
- Seleção de uma solução. A partir das novas rotas e soluções de vizinhança obtidas, deve-se escolher (ou aceitar) a solução; para isso propõem-se duas estratégias:
  - optar pela primeira solução (FI –*First improvement*) que diminui custo atual, ou
  - optar pela melhor solução (BI –*Best improvement*) que diminui custo atual.
- Faz-se necessário então o implemento de uma Função Custo. A função apresentada no texto é:

$$C(S)=\sum_{k=1}^K D_k=\phi W_k+\eta O_k+\kappa T_k \quad (6)$$

Onde  $\eta$  e  $\kappa$  são parâmetros de penalidades para excesso nos carregamentos e atraso respectivamente.

- A Heurística “ $\gamma$ -interchange” iterativa
  - 1 Iniciar com solução viável **S obtida no processo PFIH**
  - 2 Se todas as soluções dentro da vizinhança de  $N_\gamma(S)$  foram geradas (i.e não há movimentos que melhorem S), então PARE com a solução S.
  - 3 Gerar a solução  $S' \in N_\gamma(S)$  usando a ordem indicada em (5)
  - 4 Se o custo de S for mais baixo que o custo S, então  $S=S'$ .
  - 5 Vá para o passo 2.

### 2-opt\* exchange

O segundo mecanismo proposto para a melhoria da Heurística PFIH é o modelo 2-opt\* exchange.

O procedimento 2-opt\* exchange, inicialmente, “quebra” duas rotas por eliminação de uma ligação em cada rota. Então, os primeiros clientes da primeira rota são ligados aos últimos clientes da segunda rota, e os primeiros clientes da segunda rota são ligados aos últimos clientes da primeira rota.

O método 2-opt\* exchange, pode ser, segundo os autores, facilmente adaptável ao VRPBTW. O ponto de quebra da rota consiste de linhas de ida e retorno, e não pode ser selecionado aleatoriamente, caso contrário as novas rotas correm o risco de ser inviáveis, isto é, não ser possível a inserção de uma carga de retorno em uma linha determinada. O procedimento adequado é inserir a quebra da rota entre a última linha e o primeiro retorno na rota escolhida.

Depois da realização da troca de clientes no procedimento descrito, aplica-se novamente o modelo de  $\gamma$ -Interchange, para melhorar as novas rotas criadas e a obtenção de uma solução viável.

A seqüência do trabalho traz a aplicação computacional de exemplos numéricos e quadros comparativos desde o modelo inicial até as otimizações propostas na ordem:

**PFIH → FI-LB → BI-LB → FI-2-opt\* → BI-2-opt\***

### Considerações

Os resultados comprovam a efetividade dos modelos, mas têm que ser testados em casos reais e em realidades mais próximas.

As simplificações propostas pelos autores, indicada pelos próprios, e apontadas com ênfase necessária nesta revisão, certamente devem limitar sua aplicação.

Essas considerações em nada diminuem o ótimo trabalho deles e a importante contribuição de sua pesquisa.

#### 4.3.5 - Outros Trabalhos Importantes Sobre o Tema

*Dynamic Routing-and-inventory problems: a Review*, Baita, et al, 1998.

Abstract:

Trata-se de uma revisão e classificação de textos da literatura sobre Estoque e roteirização dinâmicos.

*A parallel Tabu Search Heuristic for the Vehicle routing problem with time Windows*, Badeau, et al, 1997

Abstract:

O texto se propõe a apresentar soluções para o problema de roteirização com janelas de tempo, através de heurísticas resolvidas com "parallel tabu search" e implementadas para uma rede de estações de trabalho.

*The Freight routing problem of time-definite freight delivery common carriers*. Lin, 2001

Abstract:

A pesquisa aborda o problema de roteirização de viagens com tempo-definido para empresas de transportes comuns, que buscam minimizar seus custos, dentro de seus serviços e restrições normais. O autor então apresenta duas formas de solução, relaxação lagrangiana e algoritmo de enumeração implícita.

*The simulated Trading Heuristic for solving Vehicle Routing Problems*, Bachem, et al, 1993

Abstract:

Trata-se de uma ampla aplicação de simulações através de Heurísticas para soluções de problemas clássicos de roteirização de veículos. Esse texto é bastante citado como importante referência em pesquisas mais avançadas de problemas com "backhauls" e "Time Windows".

*A two-commodity flow formulation for the travelling salesman and the makespan problems with time windows*, Desrochers, et al, 1990.

Abstract:

O trabalho se propõe a apresentar uma nova formulação para o fluxo de “dois-commodities” para o problema do caixeiro viajante. Cada *commodity* corresponde a um recurso que é distribuído ou coletado ao longo do trajeto por todos os nós. A formulação é particularizada e bem trabalhada no que se refere às restrições de janela de tempo; o recurso então mais utilizado é o tempo. O problema pode ser estendido para o caso do “*makespan*”. A implementação matemática apresentada abrange 40 nós.

*A constraint programming framework for local search methods*, Gendreau et al, 1998.

Abstract

O trabalho propõe uma integração móvel de algoritmos de busca local com uma programação de restrições, estruturada por uma otimização combinatória; numa tentativa de obter ganho de eficiência tanto nos métodos de busca local, quanto na flexibilidade dos problemas com restrições, enquanto apresenta uma clara separação entre a restrição do problema e os procedimentos atuais de busca. Cada vizinhança explorada é submetida ao método de busca de “*branch-and-bound*”.

*A Genetic Algorithm for Vehicle Routing With backhauling*, Potvin, et al, 1994.

Abstract

Neste trabalho, os autores trazem uma heurística, através de um algoritmo genético, bastante focado para a construção de roteirização de veículos com carga de retorno (“*backhauling*”). Esta Heurística insere clientes um a um dentro da rota, usando seus pedidos pré-fixados. Então, o algoritmo genético é proposto para identificar os pedidos que vão gerar as melhores rotas. O trabalho traz um algoritmo exato e uma aplicação numérica para um conjunto de problemas utilizados como teste. Uma versão deste trabalho foi revisada integralmente nesse tópico (acima).

*A heuristic algorithm for the symmetric and asymmetric vehicle routing problems with backhaul*, Toth, et al 1999

Abstract

Os autores consideram essa pesquisa uma extensão de capacidade do Problema de roteamento de veículo (VRP), conhecida (e amplamente abordada nesta revisão) como o Roteamento de veículos com carga de retorno (VRPB), no qual um conjunto de clientes é dividido em dois sub conjuntos: cargas de rota principal (rota principal) e cargas de rotas de retorno (retorno). Cada cliente da rota principal requer a entrega de uma dada quantidade de produto do (origem) depósito, por outro lado uma dada quantidade de produto precisa ser coletada de cada cliente de retorno e transportadas para (destino) o depósito. VRPB é conhecido como NP-hard, e muitos algoritmos têm sido propostos para encontrar se soluções aproximadas através de matrizes de custos simétricas ou Euclidianas.

Os autores nessa pesquisa apresentam uma heurística que denominam: “segmentação – primeiro – rota – segundo”. Utilizando um novo método de segmentação que pode ser usado para resolver problemas com Matrizes de Custos assimétricas.

A abordagem explora a informação de soluções do VRPB normalmente inviáveis associadas com um baixo limite. Os limites usados são os da Relaxação Lagrangiana previamente propostos pelos autores. O conjunto final, de rotas viáveis, é construída a partir da heurística do problema do caixeiro viajante (TSP) modificada, e intercâmbio de arcos intra - rotas e inter – rotas.

Extensivos testes computacionais em instâncias simétricas e assimétricas encontradas na literatura mostram a efetividade, segundo os autores, da abordagem da proposta desta pesquisa.

## **4.4 - Gerenciamento e Planificação de Frota**

### **4.4.1 - Introdução ao Tema**

O problema de planificação e designação de veículos às rotas (originalmente: “*the vehicle scheduling problem*”, denominado nesta revisão VSP), consiste em consolidar uma programação de viagens e a respectiva designação de veículos, que atenda ao conjunto de restrições correspondentes, ao mesmo tempo em que venha a otimizar a função objetivo do problema.

Segundo Crainic, et al,1998, o desafio na construção de controles operacionais em tempo real, com qualidade, para sistemas complexos, como acontece em transporte, requer a participação de diferentes grupos de pessoas que contribuem de diferentes formas. Numa visão macro é possível identificar quatro grupos que devem contribuir para o projeto e implementação de sistemas de controle em tempo real; são eles:

1. Industrial;
2. Projetos, e modelagem;
3. Pesquisas em algoritmos;
4. Pesquisas em *softwares*

Dentro de cada um desses grupos existem numerosos subgrupos trabalhando para o desenvolvimento do sistema controle em tempo real. No trabalho de Crainic, et al, 1998 mais especificamente no capítulo 6 (pág. 127 a 157) os autores desenvolvem a questão da linguagem para a construção do sistema de modo a ser uniforme entre as áreas envolvidas.

O problema de designação tem um espectro amplo e não trata apenas de um problema específico de alocação simples, ou designação do veículo de transporte, mas pode estar relacionado a um número grande de possibilidades; sem a intenção de esgotá-las. Seguem-se alguns exemplos:

- O veículo (caminhão, navio, avião, etc.) a uma determinada rota;
- O veículo a um determinado cliente, ou a conjuntos de clientes;
- O veículo a uma determinada carga, ou a um conjunto de cargas;
- O veículo a um ponto de originação ou destino, como caminhões às garagens, navios aos portos, aviões aos aeroportos, etc;
- Motoristas ao veículo, tripulações aos navios ou aviões

A literatura recente é bastante farta nesse tópico, porém nem tanto para a planificação e designação de veículos rodoviários de carga; encontra-se um número muito maior para frotas de navios, e ainda referências para planejamento de frotas de aeronaves.

Dentre os textos selecionados para esta revisão, detalhamos dois deles, sendo o primeiro (Powel, et al) para frota de veículos rodoviários de carga e o segundo (Xinlian) para frota de navios. No terceiro texto (Baita, et al) revisado de maneira

mais sintética, o foco é para a planificação de frota de veículos rodoviários de carga, porém para transporte urbano. Os demais textos selecionados são inseridos neste capítulo através de seus *abstracts*, e tratam de frotas de navios e aviões.

#### **4.4.2 - Dynamic Control of Multi-commodity Fleet Management Problems.**

(Problema de Controle Dinâmico para o Gerenciamento de uma Frota de “*Multi-Commodity*”). Powell, et al, 1997.

O objetivo do trabalho é formular o problema de gerenciamento dinâmico de frota de veículos rodoviários de carga, como um problema de controle dinâmico (designação), e mostrar que é possível produzir soluções com 4% ou 5% de proximidade a uma relaxação linear. A pesquisa também se propõe a criar ferramentas para a resolução de uma gama muito grande de problemas relativos ao tema sobre o qual a quantidade de aplicações encontradas na literatura vem crescendo.

A proposta do trabalho é desenvolver uma solução flexível e rápida para uma abordagem do problema baseado no controle dinâmico de logísticas em redes de filas (*logistics queuing networks*, ou LQN nesta revisão).

A estrutura do LQN olha o sistema como uma rede de filas duplas: uma de veículos aguardando para servir o próximo cliente, e outra de clientes aguardando para ser servidos por um veículo. Quando um veículo se movimenta de um cliente  $i$  para  $j$ , ele é retirado da fila de veículos em  $i$ , e adicionado à fila em  $j$  no mesmo ponto no futuro. Ele então volta a aguardar na fila em  $j$  até que seja designado para um cliente que está aguardando. Este, ao mesmo tempo, deve ser posicionado em uma fila de outro cliente esperando nova designação de um veículo para atendê-lo. Entretanto, enquanto o veículo vislumbra a expectativa de uma espera indefinida, existe a expectativa de que o cliente deixará a fila do sistema no final de uma janela de tempo pré-determinada.

Diferentemente de outros trabalhos prévios, aqui os autores aplicam essa metodologia para uma frota heterogênea de veículos, com possibilidades de substituições flexíveis de tipos de diferentes veículos para tipos diferentes de clientes.

A figura 4.4 ilustra o descrito acima, através de um exemplo hipotético de uma rede de serviços de transporte com dois tipos de veículos e dois tipos de cargas e a matriz resultante do sistema (*matching matrix*).

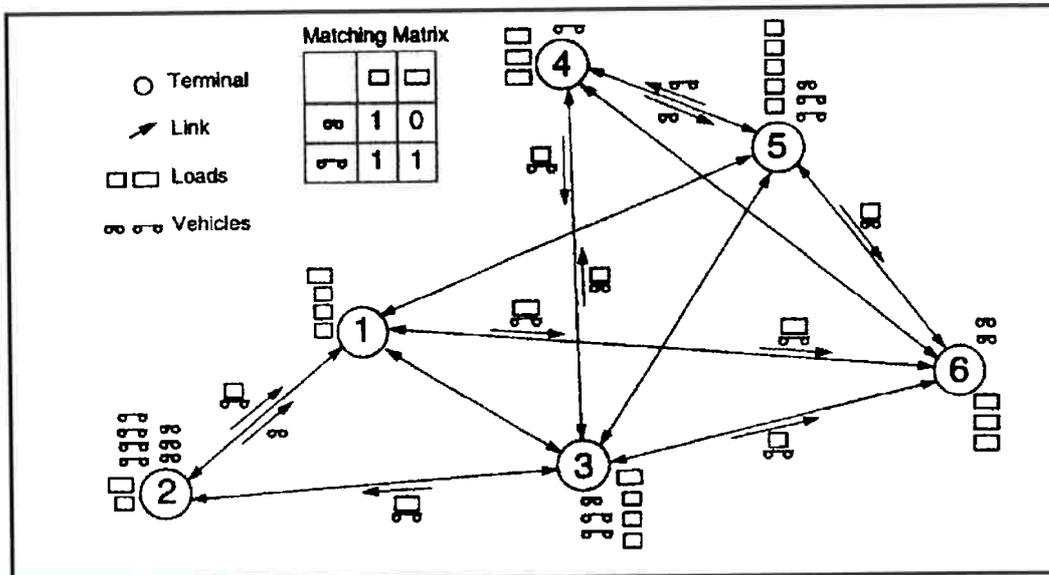


Figura 4-4: Exemplo de rede se serviços com 2 tipos de veículos.

### Modelo de Programação Linear

#### Notação:

##### Rede

- $C$  conjunto dos terminais  $i$  na rede;
- $A$  conjunto do tipo de veículos;
- $\tau$  tempo de viagem para o veículo tipo  $a \in A$  entre o terminal  $i \in C$ ;
- $N$  Conjunto de nós  $(i,t), i \in C, t \leq T$  na rede dinâmica;

##### Variáveis ativas

- $B$  conjunto do tipo de cargas;
- $\Gamma$  indicador da matriz de viabilidade do par carga/veículo, sendo que o veículo tipo  $a$  possa ser designado para a carga tipo  $b$ , então  $\Gamma_{ab} = 1$ ; ou em contrário  $\Gamma_{ab} = 0$ ;
- $J$  conjunto de carregamentos  $l$  de todos os tipos disponíveis no horizonte de planejamento  $T$ ;

$J^b$  conjunto de carregamentos  $l$  do tipo  $b$ , para cada tipo  $b \in B$ , disponíveis no horizonte de planejamento  $T$ ;

$T_l$  conjunto tempos de partida viáveis para satisfazer a carga  $l \in J$ , caso contrário dado como partida da janela de tempo;

$J_{ijt}^b$  conjunto de cargas  $l \in J^b$  com origem  $i$  e destino  $j$  fazendo de  $t$  um tempo de partida viável;

$R_{ait}$  rede interna do sistema ( $R_{ait} > 0$ ), ou rede externa do sistema ( $R_{ait} < 0$ ) na de veículos do tipo  $a$  no terminal  $i$  no tempo  $t$ ;

$r_{alt}$  lucro gerado pela escolha do veículo tipo  $a$  e tempo  $t$  para satisfazer a carga  $l$ ;

$C_{aij}$  custo de reposição de um veículo tipo  $a$ ;

Variáveis de decisão:

$x_{alt} = 1$  se a carga  $l$  é atendido por um veículo tipo  $a$  e tempo  $t$ ;

$z_l = 1$  se a carga  $l$  nunca é atendida (dentro da janela de tempo);

$y_{aijt}$  número de veículos do tipo  $a$  sendo repostos vazios ao longo da ligação  $(i, j, t)$ . Se  $i = j$ ,  $y_{aijt}$  representa o número de veículos do tipo  $a$  disponíveis no terminal  $i$  desde o tempo  $t$  até o tempo  $t+1$ ;

$w_{aijt}$  fluxo total de veículos do tipo  $a$  na ligação dinâmica  $(i, j, t)$ .

Assume-se que  $x, y, z, w$  compõem uma solução viável

A função objetivo dada por:

$$F(x, y) = \sum_{t=0}^T \sum_{i \in C} \sum_{j \in C} \sum_{a \in A} \left( \sum_{b \in B} \sum_{l \in J_{ij}^b} r_{alt} x_{alt} - C_{aij} y_{aijt} \right)$$

equação 4.4.2 –1 (e restrições)

Assim o problema pode ser formulado por:

$$\text{Max}_{x,y} F(x, y) \quad (\text{equação 4.4.2-1})$$

Sujeito às restrições:

$$\sum_{t \in T} \sum_{a \in A} \Gamma_{ab} x_{alt} + z_l = 1 \quad \forall l \in J^b, \forall b \in B$$

$$\sum_{b \in B} \sum_{l \in J_{ij}^b} \Gamma_{ab} x_{alt} - y_{aijt} = 0 \quad \forall i, j \in C, \forall t \leq T, \forall a \in A$$

$$\sum_{j \in C} w_{aij} - \sum_{j \in C} w_{aijt-Taij} = R_{ait} \quad \forall (i, t) \in N, \forall a \in A$$

$$y_{aijt}, w_{aijt} \geq 0$$

$$x_{alt} = (0, 1)$$

O problema consiste em maximizar os lucros, designando cada veículo a um carregamento, obedecendo às restrições impostas.

Essa formulação, aplicada na solução de problemas de designação de veículos, torna-se muito complicada à medida que cresce o horizonte de planejamento, então os autores criam, a partir dela, um processo de otimização através de controle de filas. Para problemas mais simples é possível simplesmente determinar estratégias para as prioridades, porém essas estratégias falham sob duas condições:

- a. Quando existem muitos veículos, ou;
- b. Quando existem muitas cargas.

Então, os autores propõem a abordagem através da solução LQN, objeto da pesquisa, denotado pelo vetor:

$$\xi_t = (\dots, \xi_{ait}, \dots)$$

onde  $\xi_{ait}$  é o valor de um veículo adicional do tipo  $a$ , locado em  $i$  no tempo  $t$ .

Os autores passam a mostrar como é estimado o valor de  $\xi_{ait}$  utilizando-se gradientes de uma aproximação do valor da função derivada através de programação dinâmica.

O Vetor  $\xi_t$  pode ser visto como uma estimativa do ângulo de inclinação do valor da função, fornecendo-se o valor marginal da capacidade adicional de cada tipo de veículo, em cada localização, em ponto no tempo.

Assim, se existe um veículo do tipo  $a$  esperando no nó  $(i, t)$  e é necessário designá-lo para a carga  $l$  indo para o nó  $(j, t + Taij)$ , então o valor dessa designação seria o valor líquido do faturamento da carga  $r_{a,l,t}$  mais o valor do veículo para o destino

$$\xi_{a,j,t+Taijt}$$

Tecnicamente o valor do destino  $\xi_{a,j,t+Taijt}$  é uma função de todas as outras decisões tomadas. A eficiência da abordagem LQN deriva da aproximação possível, fazendo com que a variável  $\xi_{a,j,t+Taijt}$  seja mantida constante no tempo  $t$ , para a solução do problema de designação.

A metodologia é dividida no texto em três partes, a saber:

- a. Formulação LQN para “*multi-commodity*”;
- b. Equações para gradientes de aproximação;
- c. Equações para incrementar os gradientes entre as iterações, com base numa metodologia denominada “Aproximação linear, ajustamento multiplicador” (LAMA)

Na primeira parte, formulação LQN para “*multi-commodity*”, o problema é colocado no formato apropriado para a aplicação da programação dinâmica, então o valor da função é reposto no algoritmo de programação linear; na seqüência o problema é decomposto em séries de filas de “duplo-final”.

Após a solução do modelo com a reposição no algoritmo de programação linear, o problema ganha uma decomposição em problemas locais, um para cada terminal. Para assegurar a formação de soluções viáveis para cada problema local, a reposição

na aproximação linear é realizada estabelecendo-se uma correlação com os preços das mercadorias, através da inserção de uma parcela correspondente no modelo desta aproximação linear.

Para a estratégia de pesquisa do ajustamento multiplicador para o vetor  $\xi$ , são estabelecidos os valores computando as diferenças finitas  $\Delta\xi$  e o impacto do ajustamento  $\xi$  por  $\Delta\xi$  na função objetivo do modelo de programação linear (equação 4.4.2-1).

Após a demonstração da formulação dos gradientes de aproximação, os autores dedicam uma parte importante da pesquisa para o método LAMA.

Trata-se o método LAMA de uma função potencial espacial para veículos, funcionando como uma variável de controle e ajuste de acordo com o impacto causado na função objetivo. Para cada nó  $(i,t)$ , computa-se a perturbação mínima necessária no valor de  $\xi_{ait}$ , para cada veículo tipo  $a$ . Aumentando ou diminuindo o valor de  $\xi_{ait}$ , obrigatoriamente resultará numa troca no número de veículos disponíveis no nó  $(i,t)$ . Para a perturbação em  $\xi_{ait}$  computa-se a troca correspondente na função objetivo. Em qualquer iteração realizada no método LAMA, os autores criam um componente de ajuste de  $\xi$  que resulta no mais alto incremento da função objetivo. Na seqüência do trabalho são, então, desenvolvidas as equações para cálculo da perturbação em  $\xi_{ait}$ , inicialmente aumentando o valor da função potencial espacial para veículos, em seguida partindo para o mesmo procedimento, desta feita decrescendo a função potencial espacial.

A partir do modelo de programação linear inicial, a seqüência da pesquisa traz como proposta primordial uma abordagem logística para problemas de fluxo em rede para *multi-commodity*.

O desenvolvimento do trabalho acaba por trazer uma comparação de dois procedimentos para a solução do problema denominado LQN *multi-commodity*, discutidos acima, quais sejam:

1. método de gradiente de aproximação;
2. método LAMA

No primeiro gradiente de aproximação a função potencial espacial para veículos é definida como uma média do gradiente calculado (denominado nesse trabalho como: “gradiente direito”); no segundo, **LAMA**, através de uma variável de controle que precisa ser ajustada de acordo com o aumento ou decréscimo da função objetivo. Para a efetivação da comparação proposta os autores trabalham nos algoritmos pertinentes aos dois métodos, para em seguida implementar uma aplicação numérica.

### Conclusão

Os resultados numéricos mostraram que para a maioria dos problemas onde a relaxação linear não traz solução, o método desta pesquisa obteve soluções inteiras e viáveis.

A implementação dos procedimentos propostos, após a implementação numérica, ficou na faixa de 3,5% do valor ótimo obtido normalmente para problemas de relaxação.

Na comparação com modelos lineares, a abordagem através de LQN, trouxe resultados muito mais rápidos, com tempos computacionais menores.

A pesquisa é bastante detalhada, e bastante rica nos detalhes da formação dos algoritmos e suas implementações. Nesta revisão, limitou-se a apresentar a formulação do modelo linear e na seqüência de forma sintética o desenvolvimento dos procedimentos complementares para LQN.

O que foi resumido nesta revisão é suficiente para a pesquisa desta tese, trazendo uma contribuição válida; recomenda-se porém, a leitura completa do texto para pesquisas cujos objetivos estejam mais ligados ao tema da designação de veículos de fluxo em rede, já que o texto traz uma contribuição importante.

#### **4.4.3 - A Dynamic Model and Algorithm for the Fleet Planning.**

(Um Modelo Dinâmico e algoritmo para o Planejamento de Frota), Xinlian, et al, 2000.

### Introdução e objetivos

A pesquisa apresenta um algoritmo que combina a técnica de programação Linear com programação dinâmica para a solução de um modelo linear de planejamento de frota de navios.

O principal mérito de um modelo linear é que pode ser resolvido fácil e rapidamente através de um algoritmo de programação linear, além de também ser conveniente para realização de análises se sensibilizado para os parâmetros dados para a solução ótima. A desvantagem é que a solução normalmente não oferece números inteiros, mas frações de navios (para o caso desta pesquisa), o que causa conflitos com as situações reais para a determinação da frota.

O conflito gerado pode ser grande, a ponto de o questionamento ser se a solução dada como ótima a é de fato; essa questão chega a inviabilizar muitas aplicações; por esse motivo, modelos de programação linear mista, são também frequentemente citados na literatura para planificação de frotas.

Por outro lado os Modelos de Programação Linear Mista não constituem a melhor opção, por serem deficientes no alcance de ótimos globais, principalmente quando existem muitas variáveis, tornando o tempo de computação muito longo, já que os algoritmos convergem de forma muito lenta.

Em face do exposto acima percebe-se que a pesquisa propõe um desenvolvimento de um novo modelo e seu algoritmo para a planificação de frota, combinando técnicas de programação linear e programação dinâmica. De acordo com os autores, o trabalho traz como resultado a manutenção das vantagens da programação linear, permitindo a inserção de números inteiros de navios, com um tempo reduzido de computação.

#### Descrição do problema

Premissas assumidas.

1. Existem vários tipos de navios, que não necessariamente fazem parte do sistema desde seu início, mas que podem ser inseridos *a posteriori*;
2. O número de rotas possível é conhecido, e existe demanda de transporte suficientemente grande para a utilização dessas rotas. As embarcações podem ser

- totalmente carregadas nos portos de carregamento e totalmente descarregadas nos portos de descarga, significando que multi-portos não são tratados nesta pesquisa;
3. O tempo utilizado para a pesquisa é determinado, ou seja o horizonte de planejamento de frota é limitado. O tempo a ser descontado da operação ocorre sempre no início do ano;
  4. Os investimentos e pagamentos das embarcações também ocorrem no início de cada ano;
  5. A diferença paga, pelas embarcações frente ao preço normal de mercado, é contabilizada como empréstimo antes de o navio entrar em operação;
  6. Toda a demanda de transporte deverá ser atendida em cada uma das rotas e dentro do período determinado.

O modelo matemático proposto, busca a solução para as seguintes questões:

1. A planificação ótima para a frota de navios em cada rota e em cada ano;
2. Quais os tipos de navios devem adicionados ao sistema, e quantos navios devem ser adquiridos, quando necessário para o atendimento à demanda;
3. Quais os tipos de navios devem ser retirados do sistema, e quantos navios devem ser descartados, quando não forem mais necessários para o atendimento à demanda;

Como o frete ou o faturamento da frota é comparativamente constante, é possível realizar contratos de longo prazo para transportes de grandes quantidades de carga, visando assim a maximizar lucros e minimizar custos, principalmente custos fixos e de capital. Embora minimizar os custos totais faça parte dos objetivos do modelo matemático proposto na pesquisa.

### O modelo matemático e seu algoritmo

No caso de um período de vários anos de planejamento, o desenvolvimento estratégico de uma frota pode ser decomposto em séries consecutivas de decisão; onde cada uma dessas séries é construída no início de cada ano de planejamento. Embora cada período tenha o tempo determinado de um ano, o problema como descrito anteriormente, tem o caráter de um sistema dinâmico com estágios variando de 0 a N-1. A evolução estágio por estágio é ilustrada na figura 4.5, extraída do texto original.

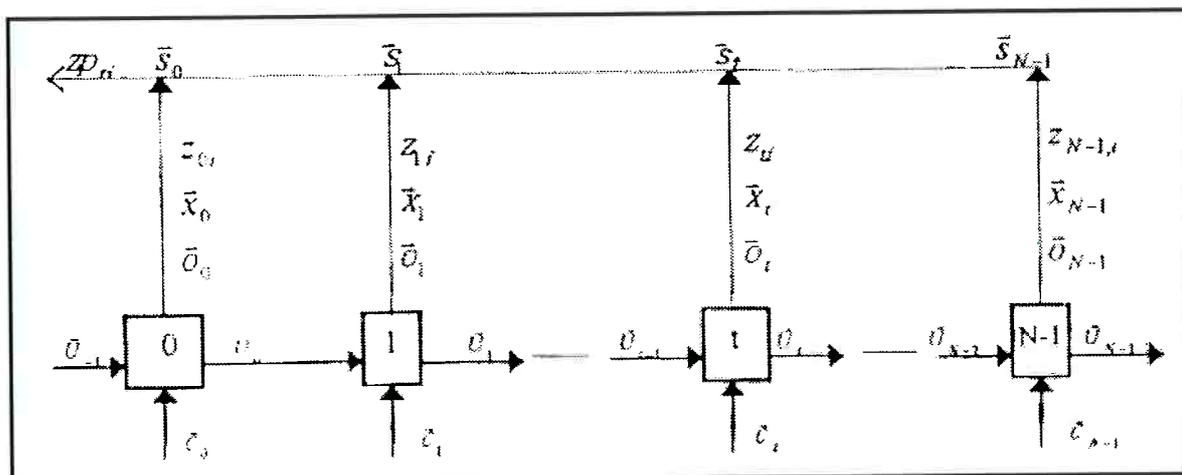


Figura 4-5: Sistema de planejamento de frota dinâmico de N estágios

Segue o significado dos símbolos colocados na figura 4.5:

- $\vec{U}_t$  ( $t = -1, 0, 1, 2, \dots, N-1$ ): é o estado da variável, com cada de seus K componentes representando o número de navios de um tipo correspondente;
- $\vec{U}$  : o estado do vetor, denota o estado de composição da frota de vários navios no ano t, ( $t = 0, 1, 2, \dots, N-1$ );
- $\vec{U}_{-1}$  : denota o estado original da frota antes de entrar no alcance do próximo horizonte de planejamento, sendo:

$$\vec{U}_{-1} = \{U_{1,-1}, U_{2,-1}, \dots, U_{k,-1}\} = \vec{A} = \{A_1, A_2, \dots, A_k\} \text{ onde } A_j, j = 1, 2, 3, \dots, K$$

denotando o número de navios do tipo  $j$  antes de entrar no alcance do próximo horizonte de planejamento.

- $\vec{I}_i$  : variável bi-dimensional, que representa a composição da possibilidade quantitativa referente ao estado dos navios recém inseridos na frota ( $i=0,1,2,\dots,M$ ).

Se  $\vec{U}_{-1}$  é conhecido no fim do ano  $t-1$ ,  $\vec{U}_t$  pode ser determinado por  $\vec{I}_i$  e  $\vec{U}_{-1}$  tendo seu relacionamento correspondendo um a um.;

- $Z_n$  : custo corrente correspondendo ao resultado de uma movimentação ótima da frota no estado  $i^\circ$  no ano  $t$ ;
- $ZP_n$  mínimo acumulado da soma dos custos da frota no estado  $\vec{U}_t$ , incluindo os custos fixos e de capital do ano  $t$  ao ano  $N-1$ . A estratégia correspondente a essa soma é a estratégia ótima desenvolvida para a frota do ano  $t$  ao ano  $N-1$ ;
- $\vec{X}_t$  : Vetor de decisão, denota o planejamento da movimentação dos navios no ano  $t$ , cada elemento  $X_{jhi}$  de  $\vec{X}_t$  significa o número de navios do tipo  $j$  distribuído para a rota  $h$  no estado  $i^\circ$  no ano  $t$ ;
- $\vec{O}_t$  : Vetor de decisão, denota o número de tipos diferentes de navios dispostos no ano  $t$ , cada elemento  $O_{jhi}$  de  $\vec{O}_t$  significa a quantidade de tipos diferentes de navios dispostos do tipo  $j$  distribuído para a rota  $h$  no estado  $i^\circ$  no ano  $t$ ;
- $\vec{C}_t$  : Vetor de decisão, denota o estado dos navios recém inseridos na frota no ano  $t$ , cada elemento  $C_{jhi}$  de  $\vec{C}_t$  significa a quantidade de navios do tipo  $j$  inseridos na frota no estado  $i^\circ$  no início do ano  $t$ ;
- $\vec{S}_t$  : Vetor de preço para os navios no ano  $t$ , onde o elemento  $S_{i,t}$  de  $\vec{S}_t$  significa o preço de mercado para o navio do tipo  $j$  no ano  $t$ .

O problema pode ser dividido em dois subproblemas ótimos. A saber:

Primeiro: objetivando conseguir o planejamento ótimo para a movimentação da frota, se a frota e o transporte demandado são fixos. Esse subproblema poderá ser resolvido através de técnicas de programação linear.

Segundo: objetivando conseguir a estratégia ótima para a movimentação da frota em vários anos consecutivos. Esse subproblema poderá ser resolvido através de técnicas de programação dinâmica.

O modelo matemático, e seu algoritmo têm como princípio o descrito acima e representado na figura 4.5, sendo que na sua elaboração as variáveis utilizadas surgem daquelas lá representadas.

Não se faz necessário transcrever e detalhar algoritmo, pois levaria a um aprofundamento pouco profícuo ao objetivo da pesquisa.

A abordagem proposta pelos autores para o planejamento de frota sugere a divisão de problemas de grande escala, em vários problemas menores nos diversos estágios.

A pesquisa propõe a busca de soluções ótimas de cada um desses problemas menores nos diversos estágios separadamente através de técnicas de programação linear; e então criar uma conexão com cada estágio consecutivo. Desta forma busca o caminho ótimo para conectar o processo do início ao fim do período de planejamento através de programação dinâmica.

Nesse trabalho, os autores afirmam ser importante a melhoria proposta frente às abordagens convencionais, pois a pesquisa visa a trazer não apenas as vantagens de um novo modelo matemático resolvido por programação linear, mas também manter integrados os navios recém- inseridos na frota.

O método de programação dinâmica tem trazido freqüentemente mecanismos para análise de investimento e reposição para modelos de um único navio, mas raramente para uma frota de vários navios, o que confere mais um mérito a esse trabalho.

A revisão do trabalho de Xinlian, et al, 2000 é de interesse para esta tese pela proximidade de objetivo (planejamento dinâmico de frota), sendo importante ressaltar a colocação dos autores quanto a divisão do problema otimização em dois subproblemas; o primeiro para movimentação da frota, se a frota e o transporte demandado são fixos, resolvido através de programação linear; o segundo visando ao

planejamento para vários anos consecutivos e resolvidos com programação dinâmica. Essa abordagem, juntando as duas técnicas para a questão, é sem dúvida uma importante contribuição.

#### **4.4.4 - A Comparison of Different Solution Approaches to the Vehicle Scheduling Problem in a Practical Case.**

(Uma Comparação Entre Diferentes Abordagens De Soluções Para O Problema De Planificação De Veículos Através De Um Caso Prático), Baita, et al, 2000

O trabalho aborda o problema de planificação de veículos às rotas (VSP), através da forma tradicional, acrescentando entretanto duas inovações através de heurísticas criadas para esse problema. A pesquisa está fundamentada em uma aplicação prática para o transporte público urbano para a cidade de Mestre (Veneza, Itália).

O estudo está dividido em duas propostas:

1. analisar, formalizar e adequar o modelo às questões reais envolvidas;
2. emprestar a aplicabilidade e desempenho ao modelo através de heurísticas não convencionais e um método tradicional exato.

Os autores desenvolvem então o tema criando três Heurísticas objetivando modelar e resolver o problema proposto. O texto enfatiza que se trata de um problema tipo “multi-critério”, ou seja existem vários critérios possíveis de serem analisados visando a resolver o problema, fazendo com que cada uma das três heurísticas traga uma característica distinta. Os autores finalizam o trabalho com uma otimização usando Pareto através de um algoritmo genético modificado. Todos os algoritmos foram testados, sendo que dois deles trouxeram resultados mais importantes, conseguindo para o caso prático proposto ganhos significativos na redução de recursos utilizados, como também sensível redução nos tempos computacionais.

O trabalho de Baita, et al além de sua contribuição específica, traz uma visão ampla e detalhada dos trabalhos sobre o tema encontrados na literatura.

#### 4.4.5 - Outros Trabalhos Importantes Sobre o Tema

*Fleet Assignment And Routing With Schedule Synchronization Constraints.*  
*Desrochers, J. Soumis, F; Belanger, N; Ioachim, I. European Journal of Operation Research 119 (Elsevier Science), 1999.*

##### Abstract

Este trabalho, segundo os autores, introduz um novo tipo de restrições, relativas à planificação (*schedule*) sincronizada para o problema de designação e roteirização de uma frota de aeronaves. A metodologia é baseada na decomposição de Dantzig-Wolf para a geração de coluna.

O principal resultado esperado é transformar as restrições em fatores usuais na planificação das aeronaves. São realizadas implementações numéricas para problemas sugeridos como testes às proposições.

*Evaluating The Trade-Off Between the Level of Customer Service and Transportation Costs in a Ship Scheduling Problem.*  
*Fagerholt, K. Maritime Policy & Management, 2000.*

##### Abstract

Esse trabalho pretende tratar as restrições relativas às operações de carregamento e descarga de navios, de forma não rígida, como a maioria dos trabalhos aborda o tema.

A proposta da pesquisa é transformar as restrições rígidas em flexíveis, considerando as janelas de tempo, penalizando com custos altos as restrições não atendidas. O critério é a avaliação dos *trades-offs* entre custos de transporte e violações das janelas de tempo. São apresentados resultados computacionais para implementações numéricas de casos reais.

*A traveling salesman problem with allocation, time windows and precedence constraints - an application to ship scheduling.*  
*Fagerholt, K. Christiansen, M. IFORS 7 (Elsevier Science), 2000.*

##### Abstract

Considera-se o problema clássico do caixeiro viajante, porém com alocação e restrição de precedência, e como subproblema importante, a otimização da seqüência de portos visitados por navios tipo "bulk" (granel).

Na formulação do problema são consideradas as combinações de restrições como coleta e entrega com janela de tempo, e o problema de multi-alocação.

A importante contribuição desse texto para o tema desta tese é a forma com que os autores tratam as variáveis de restrição, principalmente a questão da janela de tempo ligada ao problema de designação e alocação.

*Ship Scheduling With Soft Time Windows: An Optimization Based Approach*,  
Fagerholt, K. European Journal of Operation Research 131 (Elsevier Science), 2000  
Abstract.

O texto traz o problema de planificação (*scheduling*) de navios que realizam coleta e entrega, considerando janelas de tempo não rígidas. Para isso trabalha com penalização com custos para a determinação das restrições a serem utilizadas no atendimento aos clientes. O autor ao final apresenta resultados computacionais.

*Fuzzy Logic Systems For Transportation Engineering: The State Of The Art*,  
Teodorovic, D. Transportation Research (Part A 33). (Elsevier Science), 1999.  
Abstract.

O trabalho se propõe a analisar e classificar modelos complexos de tráfico e processos de transporte através da Lógica Fuzzy.

Vale a referência aqui, pela aplicação dessa importante ferramenta, a lógica Fuzzy, aplicada à planificação no campo de transporte de carga.

#### **4.5 - Sistemas de Informações de Viagem Através de Inteligência Artificial,**

#### 4.5.1 - Introdução ao Tema

O tema Sistema de Informações de Viagem Através de Inteligência Artificial oferece uma contribuição complementar ao objetivo desta tese.

Como discutido nos capítulos iniciais, esta tese tem como foco o desenvolvimento de uma pesquisa ligada a conjugação de cargas por meio de transporte colaborativo na movimentação de cargas de grande volume; este desenvolvimento porém não se limita à conjugação pura e simples de rotas principais e de retorno, mas também à busca de uma otimização dos processos através de programação dinâmica da frota e decisões em tempo real, quando a metodologia proposta atinge o nível operacional.

Quando se trata de decisões em tempo real, espera-se que as ações de controle, os resultados dessas decisões, tenham efetividade imediata ou seja, também em tempo real. Para que isso ocorra faz-se necessário que os homens de programação de viagem (no nível operacional), e que a equipe de planejamento (nos níveis estratégico e tático) recebam as informações veículo a veículo em tempo real, e também em tempo real eles enviem novas instruções ao veículo.

As informações que o veículo pode receber através de um sistema podem variar desde a meteorologia até a melhor rota para atingir um determinado destino, a partir do ponto exato em que se encontra; de outro modo a base operacional pode receber informações do veículo, desde a posição geográfica instantânea a instantânea até quantas vezes sua porta foi aberta, por exemplo.

A tecnologia atual contribui bastante com a logística, e são esses elementos que esse tópico da revisão bibliográfica pretende trazer pela sua importante contribuição periférica ao tema.

#### O início dos Sistemas de Informação através de localização Geográfica.

Um Sistema de Informação Geográfico (GIS) pode ser descrito como:

- um sistema de *hardware*, *software*, e procedimentos projetados para apoiar a captura, administração, manipulação, análise, modulação e exibição de dados de referências espaciais no ambiente de trânsito. O GIS pode ser usado para resolver problemas de planejamento complexos.

GIS é uma combinação de um mapa eletrônico e um banco de dados relacionais que permite ao usuário visualizar e analisar a relação entre dados independentes cuja

única característica comum é que a informação compartilha um local geográfico semelhante.

Um exemplo é um banco de dados que contém os locais dos pontos de ônibus no sistema de trânsito de uma cidade e os dados de população (fornecidos pelo CENSO, por exemplo) através de área geográfica. Usando a geografia comum para determinar quantas pessoas vivem dentro de uma certa distância de um ponto de ônibus a outro, juntamente com as informações sócio-econômicas, permite a um planejador de trânsito tomar as melhores decisões relativas às necessidades de serviço a ser prestado a essa população.

Um GIS tem quatro componentes necessários: *hardware* (um computador pessoal ou uma estação de trabalho), um pacote de *software* (para análise de relações e interfaces com bancos de dados), dados (de vários Governos, comercial e informações internas de diversas fontes e temas) e as pessoas para projetar e utilizar o sistema. O número de usos diferentes para GIS é grande, como se vê nos exemplos:

- Apoio aos usuários quanto a informações de estradas, ruas, postos de serviços, postos de polícia, estacionamentos, locais de apoio, locais de carregamentos e descarga, etc..
- Monitoramento de rotas, permitindo ao usuário a escolha do melhor caminho.
- Informações de diversas fontes comerciais, inclusive potenciais contratantes de frete, úteis para desenvolvimento de mercado.
- No transporte urbano de passageiros através de mapas de rota de ônibus, visando ao melhor planejamento de viagens com escolhas de rota.
- Análise de dados de desempenho do transporte em tempo real.

O principal instrumento de localização e rastreamento é o GPS *Global Positioning Systems* (em português, sistema de geo-posicionamento), que pode ser definido como um sistema de rastreamento via satélite de alta tecnologia, através do qual é possível descobrir a latitude e a longitude do veículo rastreado.

As informações são repassadas a uma base operacional, que possui um *software* capaz de transformar as medidas obtidas de longitude e latitude em posicionamento em mapas, e assim permitindo localizar-se o veículo na evolução de sua rota.

A localização e rastreamento trazem diversos benefícios, como

- Incremento da eficiência operacional na designação e expedição dos veículos;
- Informações mais consistentes para a elaboração do planejamento, diminuindo os custos com intervenções com métodos manuais
- Agiliza operações de carregamento e descarregamento ao informar a chegada do veículo com antecedência
- Possibilitam as reformulações de: rotas; horários; e programas de produção, para desta forma cumprir os prazos pré-estabelecidos;
- Operações de transporte mais seguras, tanto para o motorista quanto para os demais usuários, contribuindo para ações preventivas e no resgate de motoristas (e passageiros) em caso de assaltos ou na ocorrência de acidentes de trânsito;
- Evita desvios e paradas desnecessárias para comunicação com a empresa, reduzindo gastos com telefone e combustível;
- No transporte urbano contribui para os sistemas de informação aos passageiros;
- Notificação mais rápida de problemas mecânicos dos veículos, reduzindo custos de manutenção.

#### A operação do Sistema

Cada veículo conectado ao Sistema recebe a instalação dos equipamentos (antena, processador e terminal de dados).

As informações sobre o posicionamento do veículo monitorado são captadas pelo Sistema GPS, medindo a sua posição atual em tempo real e enviada à Base Central, que funciona 24 horas/dia e depois seguem para a central do usuário final, sendo também possível o envio das informações diretamente a este usuário. As informações podem ser enviadas em intervalos diferentes, conforme a disponibilidade e necessidade do usuário. Tipicamente a informação de posição do veículo é armazenada e retransmitida durante um intervalo de tempo variável, que pode ser tão curto quanto alguns segundos, muitos minutos ou ainda pode depender de um gatilho externo (passando o veículo em um local especificado). Essas informações podem

ser retransmitidas à central de forma crua, isto é apenas como posicionamento geográfico, ou tabuladas com outras diversas informações agregadas.

Para o rastreamento e transmissão dos dados utiliza-se uma rede de satélites, no caso da Controlsat, uma das maiores operadoras, por meio do Sistema Inmarsat, rede de satélites disponibilizada pela Embratel, com cobertura intercontinental.

A figura 4.6, extraída da página eletrônica da Controlsat, ilustra os componentes do sistema.



Figura 4-6: Fotos sistema de rastreamento

Através de vídeo ou impressora o usuário tomará conhecimento das disponibilidades das cargas, e rotas a que serão destinadas, valores de fretes, custos das viagens, caminhos ideais e de quantos pedágios há naquelas rotas.

Com a utilização do sistema também é possível controlar excesso de velocidade e bloquear portas e baús dos caminhões, além de cortar combustível por meio de comandos remotos, caso haja indício de que algo errado ou não programado para o trajeto esteja acontecendo.

A partir dos sistemas de informações via satélite, o mercado passou a oferecer novas soluções mais completas para contribuir com o gerenciamento da frota ou, de forma individual, com o motorista.

Sistemas inteligentes de informação foram criados, não só com a visão operacional, ou como auxílio em rota, quer seja na forma de informações corriqueiras ou em situações emergenciais.

Esses novos sistemas visam, sobretudo otimizar todos os processos logísticos envolvidos no transporte, e se intitulam inteligentes, ou usam inteligência artificial como rótulo, por procurar aprender com as necessidades e características do usuário. Os textos revisados a seguir abordam casos e modelos desenvolvidos por autores importantes e publicados em veículos especializados, e retratam os progressos desses sistemas inteligentes de transporte (ITS) e Sistemas Avançados de Informação ao Viajante (ATIS).

#### **4.5.2 - Toward The Design Of Intelligent Traveler Information Systems.**

(Proposta para Planos Inteligentes de Sistemas de Viagem). Adler, et al, 1998

O trabalho aborda basicamente dois tópicos: Sistema inteligente de transporte (ITS) e Sistema Avançado de Informação ao Viajante (ATIS). Esses sistemas são elaborados para ajudar o motorista (ou viajante, qualquer que seja o modal) na elaboração de seus planos de viagem e a tomar decisões durante a rota. A pesquisa então se propõe a apresentar a mais nova geração de inteligência artificial voltada para o tema.

A proposta do trabalho é apresentar a visão da próxima geração de sistemas de informações de viagem, denominada de Sistema Inteligente de Informação para o Viajante (ITIS) (*para esta revisão utilizar-se-á a tradução “motorista” para “traveler”, por ser mais apropriado ao contexto, o que os próprios autores passam a fazer mais adiante*), na qual técnicas de inteligência artificial são desenhadas para criar sistemas capazes de prover planos de assistência mais personalizados aos motoristas.

Os Sistemas Avançados de Informação ao Viajante (ATIS) formam um componente integral do Sistema Inteligente de Transporte (ITS). O fornecimento de informações em tempo real tornará mais eficiente a alocação dos motoristas às rotas e modais.

Especificamente para o motorista, a utilização do ATIS, pode trazer maior eficiência para a escolha das opções de viagem, diminuindo possibilidade de estresse e ansiedades associadas à planificação de sua viagem. Para o sistema como um todo,

com a utilização do ATIS, poderão ocorrer reduções significativas no tempo de viagem, atrasos, e consumo de combustível.

Os autores identificam duas fases distintas no desenvolvimento do sistema de informação ao motorista. A primeira geração de sistemas ocorreu nos anos de 1960 até os primeiros anos da década de 1970. Ela foi marcada pela disseminação da utilização de tecnologias de informação. Basicamente seu objetivo era tirar os veículos de estradas e rotas congestionadas. Os sistemas utilizados nessa fase eram: Sinais de Mensagens Variáveis (VMS) e Avisos em Estradas por Radio (HAR).

Atualmente, vivemos a segunda geração do ATIS, quando uma gama muito grande de novas tecnologias é idealizada para prover os motoristas de orientações dinâmicas sobre a sua rota, condições de tráfego em tempo real, e demais serviços de informações.

O salto entre a primeira e a segunda geração dos sistemas de informações representa uma mudança significativa de filosofia dos conceitos e apresentação dos sistemas de informação. VMS e HAR são sistemas de comunicação que transmitem as informações para os veículos em uma única via.

Para a segunda geração tratou-se de realizar um filtro visando diminuir a quantidade das informações, focando as necessidades específicas dos usuários. As características de comunicação da segunda geração incluem recursos como, Localização e comunicação por satélite, telefone celular, TV a cabo, quiosques de informação, e Internet. As principais propriedades “avançadas” incorporadas pela segunda geração são:

- Comunicação em duas vias. O usuário poderá requisitar informações específicas ao sistema sobre uma localização e terá de volta o melhor, ou o mais curto caminho para chegar ao destino. *As informações trocadas não se restringem apenas às rotas, mas a qualquer tipo de informação que uma central de atendimento ou um sistema de apoio pode prover (nota do autor da tese)*. A interação entre o homem e a máquina pode ser facilitada através de menus interativos com interfaces em multimídia possibilitando trocas de informação visual ou voz

- Localização do veículo. Esse recurso possibilita o rastreamento do veículo em tempo real, através de GPS (*Global Positioning Systems*). Esse sistema determina se o veículo está ou não na rota, permitindo os ajustes necessários.
- Busca individualizada do caminho. Muitos sistemas de roteamento permitem ao usuário selecionar de um a muitos objetivos usados diretamente na busca de rotas. As opções típicas incluem minimização do tempo de viagem, minimização da distância, e maximização de auto-estradas.
- Diretório de páginas amarelas. Alguns ATIS possuem diretórios pré-programados da maioria das oficinas, lojas, restaurantes, hotéis e outras facilidades que os motoristas podem querer utilizar.
- Informações sobre operações multimodais. Quiosques de informações já incorporam dados sobre rodovia, rotas, portos, horários de partida, planejamento de viagem, etc..
- Sistemas de orientação de rota (DRG). DRG são sistemas desenvolvidos para prover recomendações de rotas baseados em condições reais ou previstos com dados trazidos de uma rede.

A segunda geração de ATIS descrita acima, também segundo os autores ainda está em desenvolvimento, e ainda não atingiu sua penetração máxima no mercado, restando, porém algumas incertezas sobre seu futuro.

O texto coloca cinco características relativas ao ATIS que têm um impacto direto sobre os usuários ou motoristas que venham a considerar a hipótese da adoção do sistema:

1. Custo. Os custos de instalação dos equipamentos e utilização do ATIS são altos, isto faz com que relativamente poucos motoristas optem por ter o sistema.
2. Confiabilidade. Os motoristas, em grande parte, ainda não acreditam na precisão do ATIS, julgam que o sistema ainda falha muito e é pouco confiável.
3. Saturação. Vários estudos mostram que a instalação do equipamento nos veículos tende a aumentar; esse fato faz com que os benefícios marginais com relação à rede diminuam. Na prática, acontece que os usuários do ATIS não lhe dão grande valor de mercado. Esse fato contrasta com seu alto custo prejudicando a sua aceitação mais ampla.

4. Efeitos de longo prazo. Existe uma grande especulação sobre os impactos causados pelo ATIS no longo prazo. Alguns autores acreditam que existe um potencial para significativas mudanças no tipo de demanda da utilização do sistema, como por exemplo incremento do uso em transporte público. Também há estudos que apontam mudanças no perfil dos motoristas; estes mostram maior interesse em obter informações e em estar mais atualizado com o que acontece na rede; podendo vir a realizar investimentos em ATIS que tragam informações de serviços, possibilidades de reduções no tempo de trabalho (seu tempo dirigindo), reduções de custo, etc. Tudo isso, porém, deverá ser disponibilizado ao usuário em tempo real.
5. Conforto para o motorista. Os motoristas estão dispostos a investir em sistemas para seu veículo, se a interface e a operação forem fáceis de manusear. A busca dos usuários é por sistemas que sejam rápidos e confiáveis.

Para que o ATIS torne-se um sistema utilizado em maior escala, será necessário um cuidado permanente de sua adequação às preferências e necessidades do mercado e às novas tecnologias. É importante que ofereça aos usuários informações compreensíveis e confiáveis, a proposta precisa ser amigável fornecendo como produto, de forma personalizada ao motorista, assistência às viagens.

É importante conhecer e entender os procedimentos que as pessoas utilizam para fazer suas escolhas de viagem, incluindo destino, modal, momento da partida e rota. Essas escolhas são reflexos do seu conhecimento do ambiente de viagens, e das suas preferências pessoais. Em um cenário onde o motorista possui um amplo conhecimento dessas condições, seria possível realizar um planejamento eficiente de viagem onde existiria pouca necessidade da utilização de sistemas como o ATIS. Esse cenário, porém não existe no mundo real, gerando ansiedade e stress durante a jornada, fazendo com que Sistemas de Informações ao Motorista passem a ser interessantes e úteis.

Portanto, para o desenho adequado do ATIS torna-se fundamental conhecer as preferências do motorista.

Nos últimos anos foram realizadas várias pesquisas nessa linha, visando basicamente:

1. Determinar as preferências quanto ao tipo de informação, mídia e tipo de *display* a ser apresentada o ATIS;
2. Entendimento do processo de escolha da rota;
3. Representação do processo cognitivo do usuário, incluindo rotas e mapas;
4. Avaliação, através de simulações, dos efeitos causados pela utilização do ATIS;
5. Concepção de modelos dinâmicos de análises da interação entre o motorista e o ATIS.

Todas estas informações servem principalmente para determinação do modelo mental do motorista, suas necessidades para realizar as escolhas de rotas e planejamento de viagem. Servem não só para desenhar o produto adequado em termos de mercado, mas também para dimensionar as suas características e quesitos tecnológicos a serem incorporados. Este é um desafio importante para a confecção do sistema ATIS, pois ao mesmo tempo em que este deverá ser rápido e dinâmico para acompanhar as melhores tecnologias de informação e comunicação, deve também se apresentar como propostas extremamente amigáveis e confiáveis. Tudo isso com custos aceitáveis às possibilidades do motorista, como em qualquer mercado, onde haja relação custo benefício vantajosa.

#### A Terceira Geração de sistemas, Sistema Inteligente de Informações ao Motorista (ITIS).

Os autores acreditam que o salto da segunda para a terceira geração é fundamental para garantir o sucesso dos sistemas de informação ao motorista no longo prazo no mercado.

A terceira geração então, acrescenta o conceito de Inteligência Artificial ao sistema de informação.

No relatório da Fase I do Programa de desenvolvimento e arquitetura de ITS (USDOT/ITS, 1994), “inteligência” refere-se “ao processamento e força de comunicação para diferentes elementos fixos e móveis do ITS centralizando a abordagem da alocação da inteligência em poucos elementos, e uma descentralização ou distribuição da abordagem, difundida em muitos elementos”. De acordo com esse relatório, o termo inteligência está sendo usado para descrever a força da tecnologia.

Este uso da Inteligência difere da forma mais usada, onde o termo tipicamente se aplica para computadores e tecnologia que possuem a capacidade de aprender com as interações do usuário.

### Atividades Básicas do ITIS

O Sistema ITIS deve ser desenvolvido para ser significativamente útil e adaptável aos usuários individuais. As suas principais habilidades incluem:

1. Reconhecer o Motorista. Cada motorista tem suas preferências pessoais de viagem, hábitos ao guiar, expectativas do que obter da rede (*network*). O sistema de orientação de rota deverá armazenar essas preferências, e retorná-las pelo sistema quando necessário.
2. Comunicar-se com o Motorista. A interface do usuário define o modo pelo qual o motorista interage com o sistema de orientação de rota. Sistemas básicos são acionados por meios manuais que requerem que os motoristas pressionem botões no painel e recebam orientações no monitor. Em sistemas inteligentes são integrados mecanismos de áudio, em que o motorista verbaliza o endereço e recebe também em áudio as instruções de navegações.
3. Aprender as preferências do Motorista. Estudar o histórico das viagens do motorista, realizando procedimentos ou perguntando ao motorista suas percepções das experiências de viagem, essas atividades farão com que o sistema de orientação de rota aprenda as preferências do motorista, permitindo-lhe distinguir tipos de viagens e gerar opções de rotas;
4. Realizar Interface com várias fontes de informação em tempo real. A capacidade de interligação com a rede vai influenciar o modo de seleção do processo, informações disponíveis na rede são requisitadas pelo motorista, tais como: limites de velocidade, condições de tráfego, tempo (clima), etc.;
5. Minimizar potencial de problemas de Segurança. Fatores humanos são estudados com cautela para que o sistema instalado no veículo não provoque distrações do motorista, comprometendo a segurança. O sistema de orientação de rota é desenvolvido com princípios ergonômicos e de segurança;

Os autores apresentam, na seqüência do texto, técnicas de Inteligência Artificial que podem ser efetivamente incorporadas, buscando o desenvolvimento de sistemas inteligentes de assistência a motoristas; são elas:

1. Processamento de linguagem natural;
2. Máquina de aprendizado;
3. Raciocínio de Aproximação – Lógica Fuzzy;
4. Busca através de Heurística.

Desta forma concluem a pesquisa, ressaltando que a maior característica dos sistemas inteligentes é que devem ser adaptativos e fornecer ao motorista as respostas e orientações de rotas em tempo real, bem como colocar à sua disposição todas as informações disponíveis na rede, também em tempo real.

#### **4.5.3 - Dynamics Of Commuting Decision Behaviour Under Advanced Traveller Information Systems.**

(Dinâmicas de Procedimentos de Decisões de Viagens a Partir de um Sistema Avançado de Informações ao Viajante). Mahmassani, et al, 1999

Prover informações continuamente ao motorista em tempo real, é o principal parâmetro para o desenho e a avaliação do desempenho do ATIS - Sistema Avançado de Informações ao Viajante (ou ao motorista termo que também será usado nesta revisão).

A pesquisa apresenta uma aplicação numérica e prática de sistemas inteligentes de informação para o transporte, por meio de um simulador de viagens dinâmico e interativo, testando como respostas informações em tempo real.

Em um dos laboratórios da Universidade do Texas em Austin, os autores desenvolveram e apresentaram nesta pesquisa um simulador interativo multi – usuário, para examinar e desenvolver modelos matemáticos para o comportamento no dia a dia, de Procedimentos de Decisões de Viagens com informações em tempo real.

O experimento leva em consideração modelos de processos de decisão que determinam pré-viagem, tempo de partida, e formação de rota, desenvolvido e calibrado de forma a acumular informações do usuário e aprender com o passado.

O simulador utiliza o conceito de cliente/fornecedor usado extensivamente em aplicações de Sistemas Windows X . Em essência é uma simulação de designação baseada em uma versão do modelo “corredor da rede de DYNASMART” (Jayakrishnan et al.,1994). Os participantes são interconectados em uma rede local, e recebem informações em tempo real através de um monitor de computador, utilizando o teclado ou mouse para enviar as suas respostas durante o experimento. Todas as respostas dos usuários são aceitas e registradas no sistema de modo a criar um ambiente de tráfego dinâmico.

O Simulador interativo possui várias características exclusivas para investigar os procedimentos do realizador das viagens do ATIS:

- 1<sup>a</sup>. oferece ao usuário múltiplas capacidades; um número de usuários pode acessar o sistema para obter diferentes informações simultaneamente, além do que os dados podem ser coletados de mais de 100 fontes diferentes também simultaneamente;
- 2<sup>a</sup>. o simulador é dinâmico, como todas as respostas dos participantes. Não há conseqüências pré-determinadas para o teor das respostas. O resultado das iterações não lineares é colocado no sistema de tráfego;
- 3<sup>a</sup>. o simulador roda em tempo real. É calibrado de modo que todo passo da simulação acompanhe a hora real do computador. É possível também rodar o programa em uma velocidade diferente, se assim se desejar;
- 4<sup>a</sup>. a intenção do simulador é suportar eventos coletivos e não colaborativos.

Toda a interface homem/máquina acontece via designação do computador para o participante. Cada participante é provido de uma visão da configuração da rede básica, e pode ter a posição relativa do veículo na rede a todo instante. Cada veículo do participante é movido de acordo com sua decisão em tempo real. Diferentes mensagens situacionais são mostradas para o participante com a evolução das condições de tráfego; quando existem novas mensagens o participante recebe um “bip” sonoro, e a mensagem aparece na tela.

O sistema é formado por três componentes principais:

1. simulador de desempenho de tráfego;
2. componente processador do caminho em rede;
3. componente formador de decisão do usuário.

Os participantes se interagem, sendo que os veículos movem-se individualmente em um link, e os participantes podem escolher 3 auto-estradas: 1, 2 e 3 com velocidades respectivamente de 89 km/h, 72 km/h, e 56 km/h. A velocidade normal de cruzeiro é a de 72 km/h. Cada uma das 3 auto-estradas possui uma extensão de 14,4 km (9 milhas), cada uma delas foi discretizada em segmentos de 1,6 km (1 milha) cada. Toda a vez que o veículo passa pelo terceiro, quarto, quinto e sexto segmento (bases), o sistema disponibiliza a informação em tempo real. É possível ao usuário, determinar sua rota antes de iniciar a viagem, e nos próximos dias; à medida que recebe as informações pode optar por mudar a rota inicialmente estabelecida.

A figura 4.7, extraída do texto original mostra o *layout* do monitor que será enviado ao participante com as informações quando o veículo passar pelas bases, em tempo real.

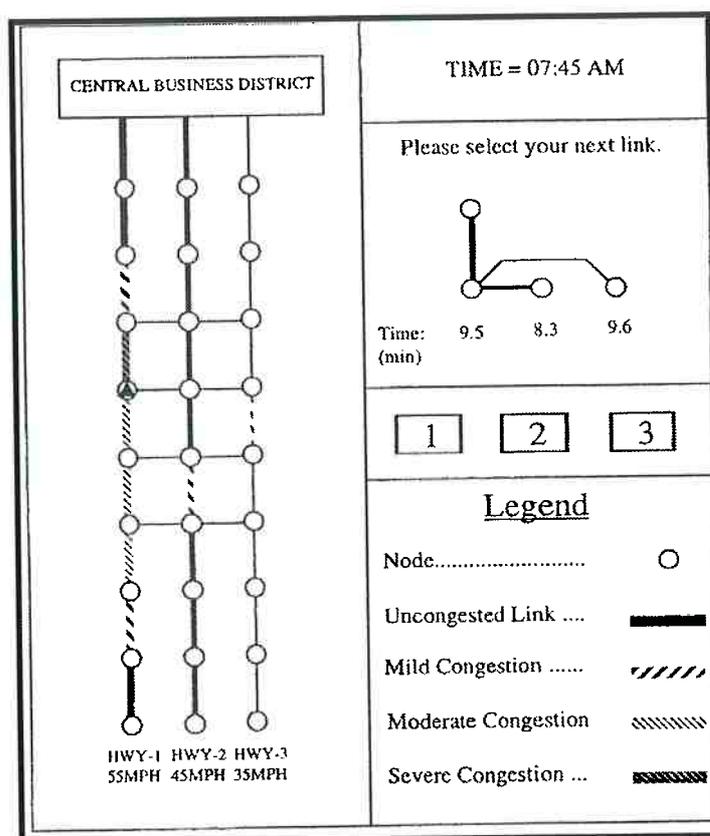


Figura 4-7: Layout do monitor

Quarenta e cinco assuntos são selecionados randomicamente e disponibilizados para os participantes em cinco dias, tempo de duração do experimento. A maioria dos participantes possui idade entre 20 e 60 anos (93,3%). O tempo de viagem médio no experimento foi de 31.1; 29.3; 30.2; e 28.2 mínimos nos dias 2,3,4 e 5 respectivamente. Para a análise apenas os dias 2, 3, 4, e 5 foram considerados, o dia 1 foi tido como um dia de teste e aprendizado.

Após o término da experiência, os participantes responderam uma pesquisa, com seguinte resultado:

- 95,6% dos participantes ficaram satisfeitos com a precisão das informações;
- 76% dos participantes disseram-se dispostos a adotar esse sistema de informações no futuro.

Os autores nas próximas etapas do estudo descrevem com detalhes o fundamento matemático utilizado na elaboração do experimento.

Utilizou-se na pesquisa uma modelagem denominada “Multimonial Probit (MNP)”, que propicia uma estrutura muito flexível ao modelo e é capaz de prover o formador da viagem de uma calibragem no conjunto tempo de partida e construção da rota. Na seqüência apresenta-se a lógica e a especificação desse modelo, MNP, o seu desenvolvimento e a própria apresentação do programa computacional.

Nesta revisão não se faz necessário a transcrição ou qualquer aprofundamento nessa questão, por não contribuir com o tema da tese. Como já colocado na introdução desse tópico da Revisão, Sistema de Informações de viagem através de inteligência artificial, o objetivo é conhecer essa ferramenta como uma aplicação no apoio às operações de transporte em tempo real.

Os autores concluem a pesquisa colocando os principais resultados da mesma, os quais são mais voltados para uma análise qualitativa do comportamento dos participantes do experimento, chegando a comparar as preferências e comportamentos de jovens e pessoas com mais idade, homens e mulheres, etc.

Vale destacar, porém a última das conclusões apresentadas, por se tratar de uma análise estatística da metodologia:

- “As estimativas de todos os termos de variações, e termos de co-variações para o mínimo tempo de viagem e decisões de rota da pré-viagem são estatisticamente significativas no conjunto tempo de partida e modelo de construção da rota. A obtenção dos resultados confirma a necessidade de incorporar correlações contemporâneas entre tempo de partida e modelo de construção da rota” (*traduzido integralmente do texto original*).

Referência citada nesta revisão:

Jayakrishnan R., Mahmassani, H. S., Liu, Y.H.. An evaluation tool for advanced traffic information and management systems in urban networks. *Transportation Research* 2 (3), 129-147,1994

#### **4.5.4 - Outros Trabalhos Importantes Sobre O Tema**

*An Adaptive routing algorithm for in-vehicle route guidance systems with real time information, Fu, L. Transportation Research (Part B 35), Elsevier Science, 2001.*

##### Abstract.

O texto examina o problema de um veículo viajando através de uma rede de tráfego, o qual em cada instante da viagem pode realizar uma modelagem de uma variável randômica, com o resultado estimado previamente e sua avaliação disponível antes da introdução efetiva da variável escolhida. O algoritmo utilizado é formulado através de "*Closed-loop adaptive shortest path routing problem*" (CASPRP). É apresentado ao final do trabalho resultado computacional da aplicação proposta

*Expected shortest paths in dynamic and stochastic traffic networks, Fu, L. Rilett, L.R. Transportation Research (Part B 32), (Elsevier Science), 1998.*

##### Abstract.

O objetivo do trabalho é examinar os problemas com características dinâmica e estocástica através do caminho mais curto, identificando a melhor forma de resolvê-lo e utilizando métodos de sistemas de transporte inteligente (ITS).

### **4.6 - Sistemas de Apoio Hierarquizado à Decisão e Sistemas Comerciais de Gerenciamento de Transporte.**

#### **4.6.1 - Introdução ao Tema**

Pode-se definir como sistema de apoio à decisão (SAD), como :

- “um sistema automatizado de informações que apóia a tomada de decisões tecnológicas e gerenciais pelo auxílio à organização do conhecimento em questões ditas mal-estruturadas” (Yoshizaki, 96).

Os SAD servem para dar a base necessária aos elementos da organização em questões relativas aos diversos níveis hierárquicos da empresa, normalmente questões já identificadas, onde as variáveis relevantes e suas inter-relações não são bem conhecidas.

Para a realização de um projeto de Sistema de Auxílio à Decisão, faz-se necessária a elaboração, também segundo Yoshizaki, 96, de três passos, a saber:

1. formulação do problema de projeto;
2. análise de configurações alternativas;
3. interpretação e seleção;

Desta forma se identifica as necessidades e objetivos do grupo de clientes, ou empresas envolvidas, acordando quanto às premissas e aos objetivos do problema de decisão que será objeto do SAD.

Na revisão deste tópico, pretende-se abordar o assunto de forma mais eclética, na parte inicial apresenta-se um apanhado dos *softwares* comerciais disponíveis no mercado para o gerenciamento e gestão utilizados como Sistemas de apoio à decisão. Na seqüência desta revisão retornar-se-á ao âmbito acadêmico, trazendo revisões de duas teses de doutorado, ligadas ao tema.

#### **4.6.2 - Sistemas e Apoio à decisão no campo da Gestão da Cadeia de Suprimentos, e Sistemas de Transportes – Uma Visão das Ferramentas Comerciais**

A gestão única e sistematizada da cadeia de suprimentos é uma exigência básica e primária para o sucesso das organizações na atualidade. Faz-se cada vez mais necessário imprimir maior tecnologia de informação ao processo de gestão.

O nascimento do conceito de Cadeia de Suprimentos (SC, nesta revisão), ilustrada na Figura 4.8, nada mais é do que a visão de todos os elementos importantes que formam o sistema logístico de forma integrada.

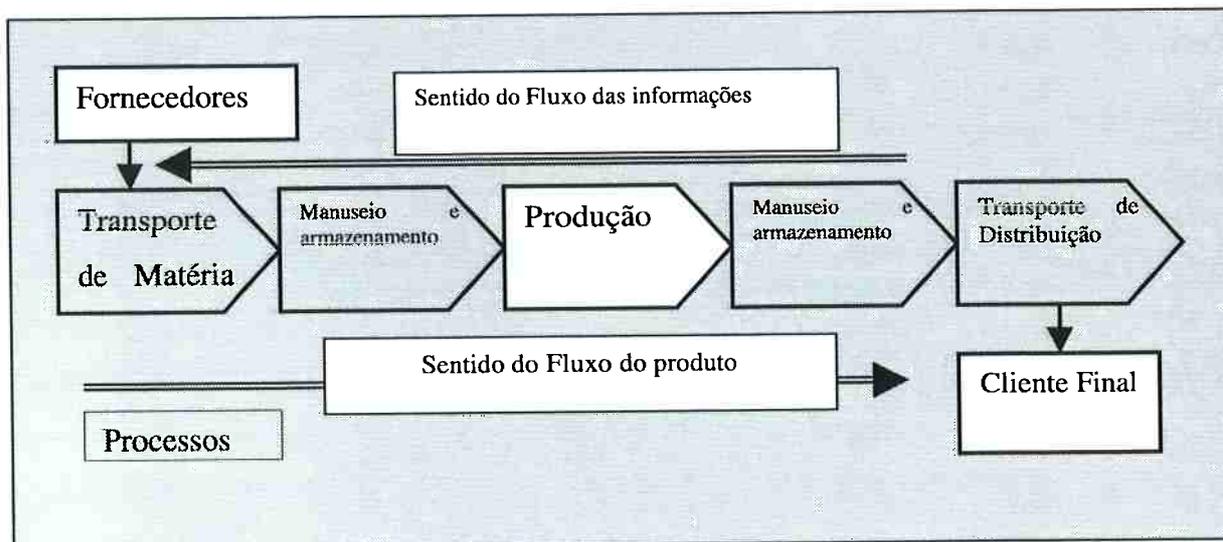


Figura 4-8: Ilustração da Cadeia de Suprimentos

O conceito de SC trouxe no bojo o *SCM – Supply Chain Management* (Gestão da Cadeia de Suprimentos), e um sistema global que inclui a *SC: ERP – Enterprise Resource Planning* (Planejamento dos Recursos da Empresa). Essas siglas, que dominam a busca de ferramentas para apoio à gestão da corporação, são conjuntos de sistemas e *softwares* que representam uma importante inovação tecnológica na logística.

#### Sistemas de Gestão: ERP X SCM

**ERP** *Enterprise Resource Planning*, mais que traduzir pode-se definir (ou definem seus representantes e defensores) como um processo de solução global para Empresa, e essa é a principal característica desse sistema: ser global.

Os ERPs são muito abrangentes, pretendem cobrir Vendas, Finanças, Distribuição, Planejamento Estratégico Empresarial, Planejamento de Produção, Controle do Chão de Fábrica e Logística, enfim todos os processos que geram e processam informações como objetivo de administrar a empresa. São considerados sistemas transacionais, por inter-relacionarem dados de fontes e departamentos diferentes da empresa. Desempenham um papel basicamente operacional, apesar de serem ferramentas de

apoio à decisão, e como já colocado, prestar-se ao planejamento estratégico, porém como uma ferramenta.

Não há contra-senso quando se afirma que é um sistema operacional. Na prática o ERP emite pedido de venda, as notas fiscais dessas vendas, documentos para liberação do caminhão de entrega do produto, faturamento, cobrança, fluxo de caixa, contas a pagar, enfim, em uma primeira instância, operacionaliza todas as atividades básicas.

A forma com que o ERP se presta a ser uma ferramenta de apoio à decisão, suportando funções de planejamento e administração, é dominando as informações. Cada operação realizada pela informação correspondente é armazenada, e trabalhada em forma de relatório de qualquer tipo ou objetivo.

Como citado anteriormente, grandes fusões geraram empresas imensas, com dados produzidos em grande velocidade e quantidade..

O que em suma um bom ERP deveria fazer é: manter tudo sob controle; inter-relacionar departamentos e conectar operações, manusear o dia-a-dia da organização sem perder os dados gerados, e mais: transformar os dados em informações palatáveis.

É interessante lembrar que o ERP é o sucessor, ou uma evolução, do MRP (*Material Requirement Planning*), que na verdade é um ótimo sistema se utilizado de forma correta e para o objetivo certo: atuar como ferramenta de apoio a suprimentos. Grandes insucessos do MRP ocorreram por tentativa de sua utilização em planejamento de produção, quando na verdade não foi concebido para isso. O MRP não enxerga capacidades de produção.

Já através de alguns “pacotes” de ERP é possível agregar planejamento de produção, previsão de demanda e vendas, por exemplo, através de simuladores próprios. Em suma o ERP é um mega sistema de gestão transacional; um sistema operacional que abrange todas as atividades importantes da organização, inclusive Logística.

As grandes empresas têm optado por implantar ERP por que absolutamente ficaram tão grandes que, como colocado anteriormente, sistemas estanques não podem controlar tudo, e muito menos ser interligados de forma eficiente; a razão também pode ser trocar dados com o mundo exterior (clientes e fornecedores, grandes em tamanho e quantidade).

Pode – se citar como principais sistemas ERPs comercializados: SAP; Baan; Oracle e PeopleSoft.

Esses sistemas possuem *softwares* específicos de gestão de logística e transporte.

Uma das líderes do mercado mundial, **SAP**, possui como produto de ERP o R/3, amplamente utilizado, como módulo de SCM; o *software* é de desenvolvimento próprio, denominado– APO (*Advanced Planning and Optimization*) com principais aplicações denominadas SNP (*Supply Network Planning*) e LES (*Logistic Execution System*), aplicações estas focadas nas operações de *scheduling* de caminhões, carga e carregamento, roteirização e controle de distribuição.

Outra multinacional proprietária do Sistema ERP, o **Baan** propaga como estratégia o “*end-to-end*”, e optou por adquirir as Empresas *Clain* e *Caps Logistics* por entender que estas possuem “*frameworks*” bastante bem elaborados e adequados à integração com o produto da Baan, e objetiva efetivar esta integração de modo a preencher as lacunas do sistema maior; consegue implementar módulos de boa qualidade e bastante abrangentes quanto à funcionalidade, incluindo algoritmos para gerenciamento dinâmico de estoques de segurança e interfaces visuais, que permitem representações da cadeia de suprimento.

A reflexão sobre as estratégias adotadas por SAP e Baan, com relação à logística leva a uma questão básica:

O sistema ERP que gere atividades com razoável nível de padronização e “commoditização” de suas atividades administrativas e financeiras, pode também ser eficiente e fornecer um nível de conforto adequado para gestão da cadeia logística complexa e suas operações (com ênfase para o transporte)?

A resposta tem sido sim para alguns casos e não para uma parcela significativa das empresas. Para casos de resposta negativa o mercado oferece pacotes de SCM e TMS, que são sistemas e *softwares* específicos para a gestão da cadeia logística e transporte, respectivamente.

Assim a diferença fica clara após o exposto: ERP cuida da gestão de todos os processos da empresa, já SCM (e TMS – *Transportation Management System*) foca especificamente os processos contidos na cadeia de suprimentos, sendo que esses últimos serão abordados a seguir.

### ***AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES DOS SISTEMAS DE SCM E TMS.***

A procura por sistemas de SCM e TMS pode ser aquilatada pelas cifras alcançadas no ano 2000, que alcançam a casa dos U\$ 3 bilhões, de acordo com o *Advanced Manufacturing Research*. Uma estatística interessante do Departamento de Comércio dos Estados Unidos explica porque tanta importância e investimentos em SCM: Todas as empresas que constam na “*Fortune 500 Companies*” gastam cerca de 60% de seus custos totais para transportar e distribuir seus produtos.

### ***APLICAÇÃO DO SCM***

A principal aplicação do SCM é prover em tempo real, sistemas analíticos que administram o fluxo de produto e informações ao longo da rede da cadeia de suprimentos, incluindo fornecedores e clientes.

Estas aplicações são analíticas no sentido de que provêem ferramentas sofisticadas como algoritmos avançados e análise dos cenários, visando a contribuir nas decisões gerenciais que habilite a empresa a operações mais eficientes. Estes algoritmos avançados e a habilidade para capturar tipos novos de informação, facilitam o processo decisório, aumentam a flexibilidade e agilizam as operações, permitindo ao negócio criar valor.

### ***TMS, UMA VISÃO GERAL E FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS***

Os pacotes de SCM possuem módulos específicos para transporte, são os denominados *TMS – Transportation Management System*.

TMS procura resolver todos os problemas relacionados a transporte, desde as ordens de carregamento, determinação das cargas, programação de veículo, até a roteirização dos mesmos visando à entrega final aos clientes. Estes módulos são fortemente fundamentados em ferramentas matemáticas.

Uma tendência atual é explorar cada vez mais o número de detalhes relevantes e necessários na modelagem e desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão em

transportes. Isto tem sido justificado pela necessidade de atender todos os requisitos dos operadores, aliados à real possibilidade de resolução de problemas complexos, garantidos por novas técnicas otimizantes (como algoritmos de programação linear) ou heurísticas, buscando soluções viáveis para questões não menos complexas.

Com relação à aplicabilidade dos modelos matemáticos a um TMS, pode-se afirmar que decisões mais estratégicas são “descritas” de forma mais geral, e portanto, são aplicáveis a uma gama muito extensa de problemas sem necessitar de adaptações. Como no nível tático busca-se um dimensionamento mais preciso e racional de recursos como também testar novas políticas de operação, faz-se necessária a incorporação de um detalhamento tal que obriga grande maioria dos modelos a serem “customizados”. Poderia ser dito o mesmo com relação ao nível operacional. Contudo, os problemas (ou restrições) que necessitam ser considerados e incorporados na roteirização de veículos já são conhecidos.

Outra ferramenta importante com utilização crescente é a meta-heurística que são formas inteligentes de um algoritmo evoluir na busca de uma solução ótima em problemas combinatórios *NP-Hard*, que garantem a convergência global ao escapar de ótimos locais.

Desta forma os aplicativos modernos disponíveis no mercado sob o rótulo de SCM, e seus módulos de TMS, têm-se utilizado de modernas interfaces bem como de base de dados GIS (recursos de rastreamento via satélite), que são capazes de incorporar na roteirização as mãos viárias e o sentido do fluxo, entre outras informações. A tecnologia de *internet* reforça a potencialidade de uso de técnicas de roteirização e programação de veículos em tempo real, além de possibilitar informação de rastreamento do veículo, aumentando a cada dia a utilização de TMS nas grandes empresas.

### ***CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DOS SISTEMAS SCM E TMS***

- Planejamento de demanda;
- Visão do desempenho passado e tendências históricas para determinar quanto de produto deveria ser produzido;
- Planejamento de suprimento;

- Exigências de reabastecimento e políticas de estoques mínimos e de segurança a níveis apropriados;
- Programação industrial;
- Visão dos recursos disponíveis e planejamento do *schedule* de produção com base nas condições do “mundo real”, permitindo ajustar planos industriais automaticamente caso certos materiais estejam indisponíveis ou haja falta de um equipamento ou empregado fundamental;
- Planejamento de transporte;
- Determina a melhor condição, através do método “de custo-efetivo” para *warehousing* e embarques.

### ***A CRIAÇÃO DE VALOR ATRAVÉS DO SCM/TMS.***

Assumindo a premissa da tecnologia aplicada à administração da cadeia logística através de Sistemas SCM, a próxima questão é:

“Onde na organização deveríamos esperar ver o benefício?”.

O valor não é criado apenas nos departamentos da empresa onde o sistema é implementado, mas pela integração e otimização de todos os processos logísticos com as demais operações da empresa. É possível reduzir ciclos de planejamento e *lead time* de entrega, fazendo assim aumentar vendas, a margem bruta, e o próprio faturamento da empresa com o aumento da escala.

Atualmente a forma favorita de medir benefícios financeiros gerados é o retorno sobre os ativos (ROA – Return On Assets). ROA mede as vendas geradas por dólar (ou a moeda desejada) de ativos; é um indicador eficaz utilizado pela organização para administrar seus ativos .

De uma forma geral o SCM pode aumentar o ROA melhorando margens e também aumentando o retorno sobre os investimentos.

Além dos ganhos financeiros diretos colocados acima e das vantagens indiretas com a sinergia entre as diferentes atividades da empresa, a literatura especializada traz ainda:

- Ganhos Operacionais Esperados com a implementação do SCM/TMS

- Redução dos estoques físicos (matéria prima e produtos acabados);
  - Aumento do Retorno sobre o inventário;
  - Redução do ciclo de planejamento;
  - Maior precisão das previsões de demanda;
  - Redução dos custos de transporte;
  - Redução do gasto com horas – extras dos funcionários;
- Ganhos na Qualidade no Atendimento aos Clientes Esperados com a implementação do SCM/TMS
    - Redução nos tempos de entrega.
    - Diminuição dos erros nas ordens de carregamento.
    - Maior comprometimento e efetividade para com os pedidos feitos sob encomenda.
    - Redução do índice de devolução dos produtos.
    - Satisfação global de cliente melhorada.

#### Principais SCM comerciais disponíveis no mercado.

Como dito anteriormente os grandes sistemas de ERP possuem seus próprios módulos de gestão da cadeia logística ou de TMS, como também é possível optar pela aquisição de pacotes específicos para transporte e logística que podem ou não ser integrados com ERP.

Dos sistemas de SCM e TMS disponíveis para comercialização no mercado mundial (inclusive no Brasil), irá abordar-se a seguir sucintamente três deles sem, no entanto, a intenção de compará-los ou avaliá-los. O critério utilizado para citação neste trabalho é sua penetração no mercado e aplicabilidade para o tema aqui abordado

#### ***ILOG***

De responsabilidade de uma companhia de origem francesa, especializou-se em produtos de programação com alto valor tecnológico agregado, face à densidade de inteligência incorporada.

As soluções da ILOG procuram combinar modelagem matemática eficiente, baseada na teoria das restrições e na programação linear, com a tecnologia da programação

orientada a objetos (segundo a fonte oficial da empresa). Esta é a principal inovação tecnológica na área de informática incorporada para expressar situações reais. Além disso, a programação de restrições visa a oferecer algoritmos e métodos eficientes para a solução de problemas relacionados a aspectos combinatórios da aplicação.

O conjunto de soluções da ILOG compõe - se de bibliotecas de objetos disponíveis em C++ e Java que constituem três produtos: *Optimization, Visualization e Rules*. São integráveis com interfaces gráficas, gerenciadores de bancos de dados e diferentes plataformas computacionais, os objetos da ILOG têm uma abordagem extensível assegurando a reutilização de códigos. Seu modelo, baseado em hierarquia de classes torna possível ampliar a biblioteca de restrições pré-definidas sem grandes dificuldades. Além disso, uma classe de restrições definidas durante a implementação de uma determinada aplicação, imediatamente torna-se um novo componente da biblioteca de objetos.

## ***I2 TECHNOLOGIES***

É atualmente a líder mundial no segmento de *softwares* para SCM, com participação no mercado de 34%. Seu principal produto de TMS é o RHYTHM.

O RHYTHM provê uma linha com mais de 70 produtos que recobrem todo o ciclo "*design-buy-make-move-store-sell-delivery*" que compõe a cadeia de suprimentos. As soluções RHYTHM *Business Process Optimization* (BPO) proporcionam ferramentas de suporte à decisão para "*inter- enterprise*" e "*intra-enterprise supply chains*".

A I2 faz uma análise do modelo de negócios do cliente e indica qual a melhor configuração dos módulos e a arquitetura de sistemas de apoio à decisão e gerenciamento da cadeia de suprimentos que poderá conseguir melhor adequação às necessidades do cliente, como também a correta aderência aos *softwares* de gestão instalados.

## ***MANUGISTICS***

A Manugistics também oferece ao mercado uma linha de produtos que pretende cobrir todo o ciclo da cadeia de suprimentos, a linha de produtos denominada: *NetWORKS*.

A arquitetura do *Manugistics 6 Supply Chain* compõe-se dos módulos *Enterprise Integration, Component Based Solution, Performance, Dynamic User- Interface, Algorithm Synthesis e Internet Collaboration*.

Os *softwares* da Manugistics são fundamentados em um cesta de algoritmos estatísticos e de otimização, baseados em programação linear e heurística, as soluções da Manugistics, e um forte princípio da empresa que é procurar agregar valor aos sistemas ERP, através de funções de planejamento, permitindo simulações e criação de cenários com respostas rápidas.

### **COMENTÁRIOS SOBRE A IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE GESTÃO COMO INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM EMPRESAS.**

Qualquer inovação tecnológica, é por si um ponto crítico; a busca das alternativas, a pesquisa e desenvolvimento visando a materializar o progresso e o avanço, a conquista do domínio da nova tecnologia e por fim sua implantação e consolidação na empresa são as etapas necessárias. Essas ponderações servem para a criação de um novo produto, um novo processo, ou para a escolha e implantação de um sistema de gestão da empresa ERP, SCM ou TMS.

É preciso que haja, em primeiro lugar, um envolvimento de toda a organização, o movimento da busca pela inovação tecnológica e a convicção de que esta inovação é necessária.

Ela tem de fluir da base da empresa para o topo, e simultaneamente do topo para a base.

Coloca-se na seqüência uma síntese dos componentes, necessários ao sucesso da organização de um processo de inovação tecnológica, que também pode ser aplicado a sistemas de gestão, segundo Wiley, 97:

1. O topo da organização deve ter forte liderança, visão e estratégia para inovação tecnológica.
2. Estrutura organizacional apropriada além de estar motivada e ser criativa.
3. Pessoas “chaves” que serão fundamentais e polarizarão o processo.
4. Equipe de trabalho efetiva no projeto todo o tempo.
5. Desenvolvimento contínuo de valores individuais.

6. Comunicação intensiva e extensiva a toda organização.
7. Profundo envolvimento com a inovação.
8. Foco no cliente.
9. Clima criativo.
10. *Learning Organization*, a empresa tem de ser um centro de auto-aprendizado, ou seja: implementar, aprender e evoluir com esse aprendizado.

A maior parte das empresas está optando por instalar sistemas ERP. Pesquisas mostram que a maioria teve (e ainda tem) problemas de adaptação e implantação, pois há muita resistência em receber 'pacotes de softwares'.

Essas formas padronizadas de sistemas informatizados são pouco amistosos para processos e culturas diferentes, aliada a grande resistência das pessoas, obrigando a customizações tão expressivas que chegam a descaracterizar o *software*.

De qualquer modo, pode-se optar por enriquecer o módulo de logística (ou substituí-lo) do ERP, por *softwares* de SCM e TMS.

O fato é que há produtos competentes e confiáveis no mercado, capazes de suprir as necessidades de um bom número de segmentos na área de *supply chain*; é preciso conhecer profundamente as características da empresa, do negócio e do mercado, partir para a pesquisa dos produtos disponíveis, estudar muito e só então decidir.

Os softwares globais ERP, SCM, e TMS tem valores de aquisição e implantação altos, o desgaste das pessoas é grande, as operações de uma forma geral sofrem descontinuidade no período de implementação, normalmente perde-se vendas e agilidade. A corporação torna-se lenta e burocrata enquanto tudo não está concluído. Neste contexto, se a decisão de escolha inicial for errada, o prejuízo é muito grande e provavelmente irreparável.

#### **4.6.3 - Planejamento e Projeto de bases de Modelos Quantitativos de Auxílio à Decisão.**

Yoshizaki, 1996.

O trabalho de Yoshizaki, 1996 propõe uma metodologia de um Sistema de Apoio à Decisão (SAD), com base em projetos e modelos quantitativos.

Para um melhor entendimento da metodologia desenvolvida no texto revisado, conceituam-se então os principais elementos propostos para a composição de modelos de SAD. O detalhamento destes elementos acaba por si só a explicar a metodologia.

#### Grupos de interessados (*stakeholders*)

Os indivíduos ou grupos com algum interesse no processo de decisão são denominados *stakeholders* no sistema objeto. Eles podem ter papéis ativos ou passivos, assim definidos:

- decisor: quem toma a decisão (indivíduo ou grupo), baseada nas informações fornecidas pelos modelos;
- informador: quem fornece dados ou outros subsídios ao processo de decisão (inclusive aos modelos);
- executor: quem executa as decisões tomadas;
- verificador: quem avalia a viabilidade das decisões tomadas; via de regra, é o próprio executor ou alguém hierarquicamente abaixo no processo de decisão, ou seja, alguém mais próximo ao sistema de operações e com condições para verificar detalhes omitidos em instâncias superiores;
- especialista em modelagem matemática ou analista;
- moderador: quem desenvolve o modelo formal; pode ser o próprio decisor;
- vítimas: quem sofre passivamente os resultados da decisão; geralmente tem menor poder de fogo político;
- beneficiários: quem se beneficia do uso do modelo;
- dono do processo: quem detém poder sobre os recursos do sistema, e parceiros: decisores com *tradeoffs* associados.

#### Weltanschauungen

A definição de *Weltanschauungen* (palavra vinda da língua alemã) - visão de mundo, é bastante importante no processo, já que tem íntima relação com os papéis apresentados acima, e com o que cada grupo ou indivíduo desempenha no processo de decisão.

### Modelo topológico

Tem a finalidade de permitir e analisar a coerência entre as diversas funções de decisão ligadas à logística dentro dos diversos níveis hierárquicos, ou seja: “é uma meta modelo dos modelos (matemáticos ou não) de decisão empregados”

Esta análise é realizada através de matriz bi-dimensional, onde as linhas representam as decisões associadas às diversas funções do sistema de operação, configurando o processo como um todo.

A figura 4.9 ilustra a forma como a matriz topológica é montada, onde as colunas representam a integração entre os níveis de decisão com a ação de decomposição de cima para baixo e uma ação de controle de baixo para cima.

As linhas representam as decisões dentro dos seus respectivos níveis hierárquicos.

Operação	Suprimentos	Transportes	Estoques	Produção	Distribuição
Nível de decisão					
Planejamento estratégico					
Planejamento intermediário					
Planejamento detalhado					
Controle					

Figura 4-9: Matriz Topologia (extraída de Yoshizaki, 96)

O modelo topológico foi concebido em função de duas questões básicas:

- No sistema físico, as operações são interdependentes, devido a relações de precedência, pelo uso de recursos limitados, etc.
- Estas relações de precedência tornam-se restrições definidas fora de seus limites e dentro do próprio sistema.
- O processo de decisão atua como uma série de aproximações sucessivas, começando com decisões de horizonte mais amplo até chegar a instruções detalhadas para a execução do sistema de operação. A desagregação das decisões de horizonte maior em decisões operacionais de curto ou curtíssimo prazo deve obedecer aos objetivos de hierarquia superior, sempre usando de comparações, de modo a permitir ações de controle.

#### A hierarquia de Planejamento decisões.

Como visto, o sistema de gerenciamento é um sistema hierárquico de funções de decisão.

A hierarquia de decisões pressupõe a inviabilidade real de gerar modelo global que ao mesmo tempo otimize o desempenho do sistema como um todo em um horizonte de tempo infinito, e ofereça instruções detalhadas para sua execução.

A desagregação em modelos hierárquicos parte das seguintes premissas:

- Quanto mais alto o nível de um modelo, mais longo será seu horizonte de planejamento.
- Cada modelo de decisão não deve perder a sua *funcionalidade*.
- Modelos em dois níveis consecutivos estão interligados.

A figura 4.10 (extraída de Yoshizaki, 96) ilustra uma hierarquia de decisão de três níveis de planejamento hierárquico.

Do topo da hierarquia aos níveis mais baixos decresce a amplitude do horizonte de planejamento, como também os ciclos de planejamento (também denominados períodos de revisão das decisões) vão diminuindo na mesma proporção.

O nível de detalhamento de cada modelo também aumenta à medida que se desce na hierarquia. Nos níveis mais elevados os modelos têm natureza mais agregada. Nos níveis mais baixos os modelos têm o detalhamento necessário para garantir que cada decisão seja de fato e de pronto implementada.

É importante ressaltar três pontos referentes aos modelos com base hierárquica:

a. a obediência à hierarquia;

salienta que decisões tomadas em um dado nível tornam-se restrições para os níveis inferiores, isto é, devem ser obedecidas.

b. a coerência da hierarquia;

refere-se a designação de objetivos e restrições aos diversos níveis de decisão de maneira que seja gerado um conjunto de decisões tão próximo quanto possível do ótimo teórico.

c. a retro-alimentação entre os níveis hierárquicos.

além de desvios entre executado e planejado que podem levar a revisão das decisões, pode acontecer que uma decisão seja inviável.

Medida de utilidade

A medida de utilidade deve ser um índice mensurável (função objetivo), deve expressar um consenso entre os diferentes *Weltanschauungen* dos diversos *stakeholders* da decisão em perspectiva, estando ligada aos objetivos ou metas daquele componente do sistema.

Uma outra característica interessante da medida de utilidade pode variar de natureza dentro da mesma função conforme o seu nível na hierarquia de decisões. Isto é

decorrência tanto da desagregação das variáveis de decisão como da diminuição do horizonte de planejamento quando se vai num sentido “*top/down*”; pode-se desejar por exemplo em um dado horizonte de planejamento, maximizar o lucro bruto, ou seja, a diferença entre receita e custo; e em um nível inferior, a meta que pode ser a compra de matéria- prima (que tem preços de aquisição diferentes e por não ser uma variável de decisão) passe a ser minimizar o custo operacional.

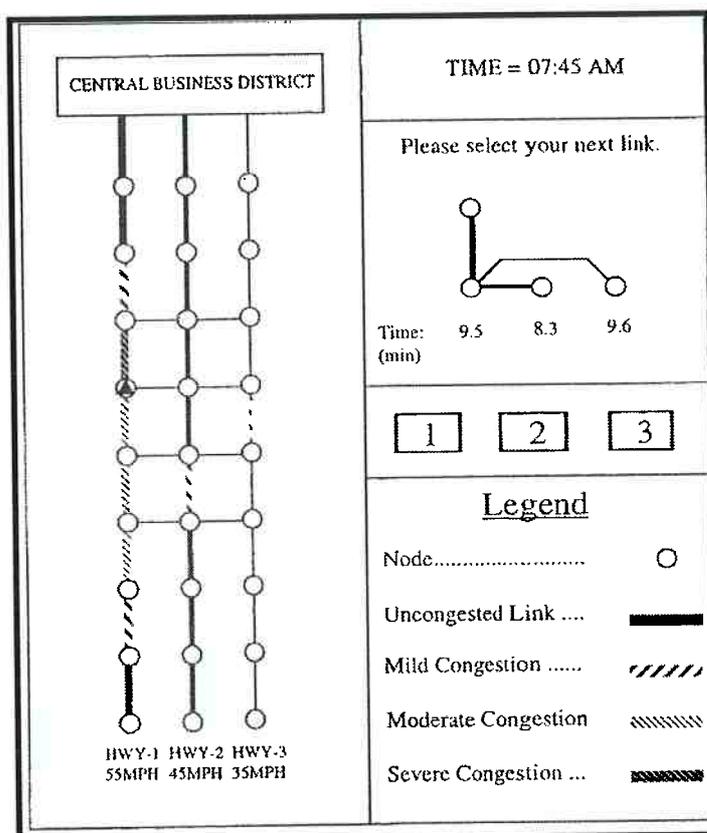


Figura 4-10: Hierarquia de decisão

Em um nível mais inferior a complexidade de um modelo otimizador pode ser excessiva e aí pode-se assumir como meta a minimização de desvios de quantidades programadas por unidade de tempo; assim todos podem trabalhar para viabilizar as decisões dos níveis superiores. Entretanto é possível que a natureza da utilidade não se mude à medida que atinge níveis mais inferiores, mas apenas seja desagregada ou desdobrada.

Variáveis de decisão.

As variáveis de decisão são aquelas cujos valores arbitra-se de maneira a atender os objetivos daquele módulo de decisão.

Uma decisão pode ser então definida como a fixação de um conjunto de valores para o problema de decisão e assim a definição do que pode ser considerado 'uma variável de decisão está intimamente ligada a questões de política e poder organizacional, com suas conotações de coerção, persuasão e negociação'.

As variáveis de decisão devem atuar sobre o processo que se escolhe, modificando o desempenho do mesmo conforme o valor que se arbitra. Desta forma sua definição também 'depende do modelo (intuitivo ou formal) que o conjunto de decisores tem do fenômeno (questão cognitiva)'.

É importante que este processo de modelagem nos revele a relevância destas, e sua verdadeira finalidade.

#### Introdução ao Modelo proposto de Sistema de apoio à decisão.

É possível a partir deste ponto, complementar a apresentação do modelo de SAD proposto pelo autor, uma vez que seus principais elementos já foram colocados anteriormente.

A consolidação da proposta será descrita de uma forma sucinta e objetiva, para em seguida aplicá-la no caso real utilizado para este trabalho.

O modelo deve ser detalhado, em seus módulos individuais, em nível de sua especificação para formar uma carteira de aplicativos, para então gerar um plano diretor de informática e conseqüentemente o conjunto de programas (softwares) que formarão o modelo e o SAD.

Para este fim, o trabalho utiliza uma simplificação no modelo, que consiste 'na "eliminação" da sua estrutura, ou seja, ela será substituída por uma estrutura intuitiva pertencente aos próprios decisores e outros stakeholders que participarão do projeto'.

#### O modelo de Sistema de Apoio à Decisão: "SYLPHID".

Com os elementos apresentados pode-se tratar do modelo de Sistema de Apoio à Decisão propriamente dito, que Yoshizaki denomina através da sigla: "SYLPHID".

A idéia básica consiste em obter um protomodelo ou modulo de decisão que será composto pelo conjunto de stakeholders e suas metas/objetivos S, as variáveis não-

controláveis  $Y$ , o conjunto de limitantes ou restrições  $L$ , o período de revisão  $P$ , o horizonte de planejamento  $H$ , pelo indicador de utilidade ou desempenho  $I$  e as variáveis de decisão  $D$ , que nos dão a abreviatura SYLPHID, pequeno silfo.

O módulo de decisão é capaz de efetuar todas as interações intermodelos, no ambiente de um modelo acabado.

Uma vez que o modelo não prevê uma segunda redução para torná-lo suficientemente operacional e formalizado (no sentido de poder-se empregar um algoritmo ou método matemático para sua solução), uma série de características e interações irrelevantes ou autocorrelacionadas não surtiram o efeito pretendido, assim dependerá dos envolvidos com o projeto discernir quais são realmente significativos para seu emprego na base de modelos, e para tanto é preciso que tenham conhecimento para tal.

Com a análise das iterações pode-se identificar quais módulos de decisão podem ser agregados ou desdobrados, de modo a tratar com maior eficácia os problemas de sub-otimização. No caso de dois módulos de decisão, por exemplo, pode haver uma interdependência recíproca, denotada por suas variáveis de decisão que geram restrições e parâmetros uns para os outros em um processo de retro-alimentação positiva e rápida, já que possuem períodos de revisão da decisão muitos pequenos.

É importante também a descoberta e análise de *tradeoffs* (conflitos) entre diversos módulos de decisão, decorrência de *tradeoffs* entre as suas respectivas decisões.

Além da necessidade de coerência entre objetivos na mesma função (coluna do modelo topológico), há principalmente a questão da integração entre funções, a dimensão horizontal, relacionada às interdependências. Desta forma é possível identificar três tipos de interação expressando a existência de uma relação de *tradeoff* entre decisões e, por conseguinte, a necessidade de integra-las (textualmente):

- gerar restrições ativas para outro módulo de decisão;
- induzir variância (ruído) excessiva para estimação dos parâmetros ( $Y$ ) do outro módulo, que então não consegue tratar a decisão a contento no seu período de revisão;
- objetivos dos dois módulos têm uma projeção comum, mas a composição das suas utilidades tem uma diferença com relação à resultante original, no pior caso podem ser conflitantes (este último item não consegue ser descoberto

com o simples esclarecimento da relação intermodelos, e sim quando ambos tentam agir sobre a mesma variável de decisão).

Sumarizando o que foi apresentado, e ao mesmo tempo trazendo um raciocínio conclusivo para o tópico apresenta-se na seqüência uma lista de quesitos e requisitos para a aplicação escolha e aplicabilidade do modelo (lista extraída textualmente de Yoshizaki,96) :

Sendo Quesitos do modelo:

- define uma estrutura ou arquitetura global de modelos de decisão;
- define uma carteira de modelos que apóiam as diversas decisões;
- estabelece Ponteiros claras e bem definidas entre os diversos modelos individuais, que vão interagir como componentes dentro do sistema maior (propriedades emergentes);
- especifica o desenvolvimento ordenado de modelos baseado em prioridades organizacionais e a seqüência lógica de desenvolvimento;
- considera o uso de ciclos de aprendizagem na sua implantação e revisão.

Sendo requisitos do modelo:

- auxiliar a restringir e estruturar o espaço do problema (sistema de decisão);
- auxiliar na busca eficiente dentro do espaço do problema;
- ajudar a estabelecer necessidades de modelagem que não podem ser deduzidas por ancoragem e ajuste, além de superar limitações de memória de curto prazo;
- auxiliar na superação de vícios como curto prazo, materialidade e amostras não significativas.

Sendo considerações dos riscos

- considerar as limitações da natureza da modelagem matemática (os pressupostos);
- minimizar a sub-otimização decorrente de se ter modelos isolados, inclusive auxiliando a encontrar e verificar *tradeoffs* escondidos ou desconhecidos (verticais e horizontais);
- considerar a implantação e o uso de modelos como processos de inovação na tecnologia de decisão.

### Metodologia de Aplicação “SYLPHID”

A metodologia proposta pode ser dividida em quatro grandes fases:

- 1- decompor o sistema de decisão em módulos de decisão - modelo topológico;
- 2- revisar agregando os intermódulos de modo a torná-los coerentes (minimizar sub-ótimos);
- 3- desenvolver uma trajetória tecnológica para cada novo módulo de decisão (que será um *cluster* de decisões), onde modelos matemáticos poderão ser inseridos;
- 4- reintegrar os módulos de decisão em um novo modelo topológico e voltar à fase 2, até a convergência.

É preciso realizar iterações, já que neste processo existe uma contradição inerente: sistemas por princípio são entidades indivisíveis (caso contrário não podem ser considerados como sistemas), mas para trabalhar ou intervir em sistemas complicados ou extensos é necessário dividi-los em partes, perdendo-se a característica sistêmica. O método então alterna ciclicamente esforços *top/down* com trabalhos *bottom-up*- nestes últimos, verifica-se a coerência das ações individuais necessárias ao reagregar-se o todo.

Uma representação da metodologia proposta para projeto e planejamento da base de modelos quantitativos está na Figura 4.11, extraída do texto base:

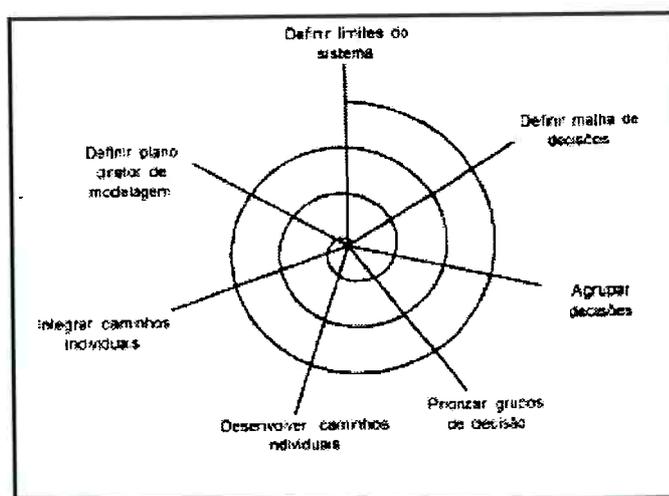


Figura 4-11: A espiral de projeto da base de modelos quantitativos

Cada ciclo da espiral ou da metodologia passa por 7 fases (extraídas textualmente do texto base), a saber:

- 1- Definir limites do sistema a ser aperfeiçoado;
- 2- Descrever o sistema de decisões;
- 3- Agrupar decisões (definir novos módulos de decisão);
- 4- Definir prioridades para o desenvolvimento dos novos módulos (agrupamentos de decisões);
- 5- Desenvolver caminhos evolutivos para os módulos (agrupamentos) individuais;
- 6- Integrar os diversos caminhos evolutivos;
- 7- Definir o plano diretor de modelagem e voltar a 1.

Utilizando-se a espiral para representar o processo de definição do planejamento de modelagem estará se validando a característica de buscar o contexto de descoberta e não de justificativa, assim escolhas erradas poderão ser revistas posteriormente, através da experiência acumulada para rever a escolha feita e fazer nova iteração, corrigindo os erros.

O autor conclui a tese com a descrição detalhada das sete fases, para em seguida realizar uma aplicação completa da metodologia proposta para um caso real.

#### **4.6.4 - Contribuição ao desenvolvimento de um Sistema logístico de Exportação e Importação de Produtos containerizados e suas relações com o Transporte Marítimo.**

Cavalcanti Netto, 1992.

A pesquisa tem como objetivo a concepção de um sistema de apoio a decisão à gerencia do fluxo de exportação e importação de produtos acondicionáveis em contêineres, sob o enfoque da logística.

A autora realiza seu objetivo através de:

1. A modelagem e a solução do problema de definição do caminho logístico, correspondente a um problema de distribuição e consolidação na exportação de carga containerizável;

2. Definição da estrutura de um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) baseado em modelos do problema de definição do caminho logístico para a coordenação e monitoração do fluxo de exportação e importação de carga containerizável. A concepção do SAD permite a avaliação das conseqüências operacionais e de custo de estratégia de Logística e Transporte alternativos no comércio exteriores; e o acompanhamento em tempo real das alterações de estado do sistema real e redefinição do plano logístico estratégico (programação do fluxo de exportação e importação).

O desenvolvimento da tese tem a seguinte arquitetura:

(capítulo II) – As bases da logística de exportação e importação: o transporte Internacional de carga;

(capítulo III) – A Gerência de logística e o mercado dos produtos de exportação e importação;

(capítulo IV) – A programação do caminho Logístico: Módulo central para, o desenvolvimento do sistema de suporte à gerência e fluxo;

capítulo (capítulo V) – Os modelos da rede Logística de Exportação de remessas de carga e seus algoritmos de solução;

(capítulo VI) – Desenvolvimento das bases de um SAD para coordenar e monitorar a programação do caminho logístico e sua aplicabilidade a problemas e logística e Transporte no Brasil.

Para essa revisão o foco escolhido é a análise predominante dos capítulos (V e VI).

No capítulo V a autora faz revisão da literatura bastante abrangente e importante, permeando ao mesmo tempo os conceitos necessários, colocados pelos principais autores, a solução dos algoritmos da modelagem proposta.

Na resolução de problemas de roteamento com janelas de tempo, são usados tradicionalmente algoritmos de otimização baseados em dois princípios da enumeração implícita: a programação dinâmica e a técnica de "*branch and bound*". A primeira tem utilidade prática na solução de problemas de pequeno porte, sendo

usada em problemas de roteamento com um único veículo, que surgem como subproblemas nas soluções baseadas na técnica de "*branch and bound*".

Duas abordagens específicas utilizam o princípio de solução da técnica "*branch and bound*":

- (1) os problemas de particionamento ("*set partitioning approach*") tratados por geração de colunas, para obter uma relaxação contínua do problema e "*branching and bounding*" para a integralidade de solução, e
- (2) a abordagem da relaxação de estados finitos ("*state space relaxation*") para computar limites inferiores ("*power bounds*") para a solução.

Para a relaxação lagrangiana das restrições do problema, se não for obrigatório que se tenha uma visita dos veículos a cada cliente, o problema pode ser descrito por um problema do caminho mais curto com janelas de tempo, podendo para isso utilizar-se da decomposição lagrangiana para a solução do problema de roteamento de veículos com janelas de tempo. Neste caso, dois subproblemas resultam da decomposição:

(a) um problema do caminho mais curto com janelas de tempo, e (b) um problema de alocação generalizada.

Recentemente, os problemas de roteamento com janelas de tempo tem sido resolvidos por técnicas heurísticas, como por exemplo que utiliza um algoritmo de inserção seqüencial espaço-tempo apontam a necessidade do tratamento do problema de roteamento com janelas de tempo integrado ao desenvolvimento de SAD.

Para os problemas de roteamento de carga e veículos com janelas de tempo, os tempos nos quais os carregamentos e serviços devem chegar ou começar são variáveis de decisão, e as restrições são as janelas de tempo. Para o foco da tese revisada, a questão da exportação de remessas de cargas, o tempo de armazenagem nos locais da rede é a variável de decisão do problema, limitada inferiormente pelos tempos de permanência obrigatória nestes locais e dependentes da frequência do serviço de transporte marítimo e continental. O tratamento destes tempos, aliado às restrições de capacidade de transporte na modelagem de problemas de roteamento envolvendo linhas de navegação pode significar mudanças na estrutura básica do

problema geral de roteamento com janelas de tempo. Porém, segundo a autora, a consolidação da carga em contêineres, e o fato do problema estar relacionada à gerência de lotes de pequeno tamanho, homogêneos e não desmembráveis possibilita a simplificação da modelagem.

A revisão da literatura mostrada na tese mostra ainda a crescente utilização da teoria dos grafos na pesquisa em problemas de contêineres.

Uma diferença entre os problemas com uma resposta em de movimentação de contêineres vazios e os problemas de movimentação de lotes de carga consolidada é que estes últimos terão um destino particular a atingir. Assim, não haverá intercâmbio de lotes de carga ou de contêineres cheios nas malhas da rede ou seja, a modelagem do fluxo de lotes de carga 'containerizável' por fluxos dinâmicos desconsidera a possibilidade de desmembramento dos lotes em determinados pontos da rede.

A concepção adotada para o desenvolvimento dessa pesquisa, teve um caminho diferente das soluções encontradas na revisão, até porque é exigência inerente a uma tese de doutorado a abordagem inédita. A justificativa da autora para trilhar um caminho diferente daqueles encontrados na revisão, está relacionada com a estrutura do problema de exportação de remessas de carga, como segue:

- a) armazenagem intermediária em pontos do percurso (permanência obrigatória, eventualmente);
- b) descontinuidade da oferta dos serviços de transporte;

Nesta pesquisa, o procedimento de programação do caminho logístico é concebido como o módulo central apoio à decisão para monitorar e coordenar a do fluxo de exportação e importação, em que são exigências e básicas:

- as soluções sejam obtidas com rapidez (permitindo o teste de várias estratégias logísticas em poucos minutos);
- que a concepção de modelos e de seus algoritmos de solução apresente certo grau de facilidade de representação

A forma de solução adotada pela autora baseia-se em restrições temporais e de continuidade descritas no modelo de programação inteira mista.

### Formulação do Problema

Na seqüência da revisão, será transcrito, de forma sintética, a formulação e modelagem matemática elaborada pela autora.

Notação dos conjuntos:

$N$  = conjunto de nós ( $i$ ), da rede logística, numerados de forma que, no arco ( $i, j$ ),  $i < j$ , sendo  $[N] = n$ ;

$A$  = conjunto de arcos ( $i, j$ ) da rede logística associada à rede original,  $[A] = m$ ;

$A^1$  = conjunto de arcos associados às linhas de navegação de frequência regular, sendo que:

$$A^1 \subseteq A, |A^1| = m^1, m^1 \leq m;$$

$A^2$  = conjunto de arcos terrestres ou linhas de cabotagem sem restrições de frequência para o modelo, sendo que  $A^1 \cup A^2 = A$

$E$  = conjunto de nós que são portos de exportação na rede logística.

$I$  = conjunto de nós que são portos de importação na rede logística.

$P$  = conjunto de nós que são pontos de transbordo e de armazenagem intermediária, sendo que:

$$\{I \cup E \cup P\} \supseteq N$$

Formulação do problema em Programação Inteira Mista:

Função Objetivo:

$$\min \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij} + \sum_i c_{ai} t_{ai}$$

Sendo:

$c_{ij}$  = Custo do transporte da remessa de carga no arco ( $i, j$ );

$c_{ai}$  = Custo da armazenagem da remessa de carga por unidade do tempo no nó  $i$

$t_i$  = Tempo de armazenagem (horas ou dias) da remessa de carga por unidade do tempo no nó  $i$ ,  $i \in N$

Restrições (apenas a descrição, para a formulação completa consultar o texto original):

1. Restrições temporais de coordenação do Sistema. (inclusão ou não de cada arco  $(i, j)$  no sistema).
2. janela de tempo no destino.
3. Tempo de armazenagem nos portos de exportação.
4. Tempo de armazenagem nos portos de importação.
5. Tempo de armazenagem nos pontos de transbordos ou armazenagem intermediária.
6. Restrições de continuidade e rota única.

A seqüência da pesquisa trata “O Modelo de Remessas singulares como um problema de fluxo dinâmico”, que pelo interesse e afinidade com a pesquisa motivadora desta revisão, apresenta-se então a sinopse da introdução teórica que a autora faz do assunto.

O texto coloca que os problemas de fluxo dinâmico em redes são caracterizados pelo movimento de cargas (veículos) de um local para outro através do tempo.

Este movimento é representado pelo fluxo em uma rede de transbordo associada à rede física de distribuição, denominada rede espaço-temporal. O fato deste movimento se realizar "no tempo" significa que, uma vez que a carga, ou veículo (que denomina-se apenas "carga") tenha deixado um lugar da rede física num dado instante de tempo, ela só poderá atingir outro lugar em um instante de tempo mais adiantado.

Cada movimento viável da carga será visualizado por um arco ligando dois pontos da rede espaço-temporal. O primeiro deles representa o lugar no instante de tempo da saída carga deste ponto o segundo representa o lugar (eventualmente o mesmo) num momento mais à frente, carga aí chegar (ou permanecer ou retornar).

O movimento da carga (veículo) ao longo da rede representada pelo fluxo ( $f$ ) através de uma sucessão de arcos do tipo acima, compondo os percursos viáveis (Figura

4.12) na rede. A permanência (armazenagem ou espera) num determinado lugar é representada por arcos ("verticais") ligando dois pontos na rede espaço-temporal. Esta rede tem a característica da não existência de ciclos. Seus nós são numerados de forma que os arcos tenham extremidades iniciais com índices menores que as suas extremidades finais, ou seja, em cada arco  $(i,j)$ ,  $i < j$ .

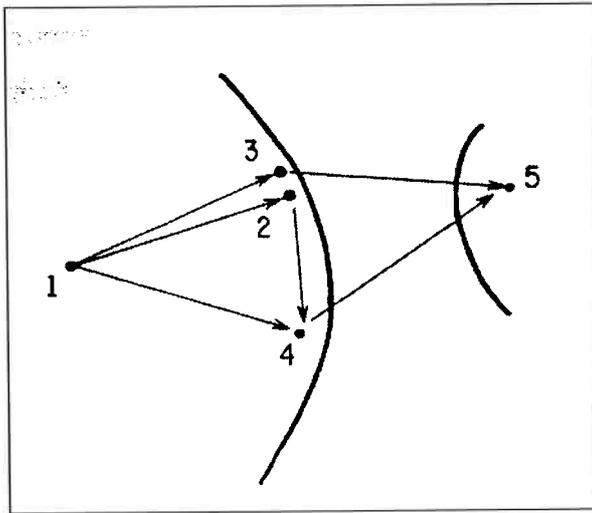


Figura 4-12: Exemplo de redes em arcos viáveis (rede logística)

A pesquisa conclui esta etapa do tratamento do problema da exportação das remessas de carga, concluindo com a identificação das extensões possíveis através da incorporação de novas hipóteses (como descontinuidade em todos os serviços de transporte, estratégia de redefinição dos percursos em situações de atraso), e em consequência, seu impacto nos modelos e algoritmos de solução. O sistema de gerência da informação básica do problema, incluindo a construção das redes física, logística e espaço-temporal, como visto anteriormente, e como proposição as autora devem ser automatizados na implantação do modelo matemático apresentado.

Na seqüência da pesquisa, é apresentado um desenvolvimento teórico, denominado: “Desenvolvimento das bases de SAD para coordenar e monitora a programação do caminho logístico e sua aplicabilidades à problemas de Logística e Transporte no Brasil”; que de fato após o desenvolvimento do modelo matemático, trata

efetivamente da questão da ferramenta de apoio à decisão, incluindo ferramentas computacionais para aplicação do modelo na confecção desse SAD.

O desenvolvimento trata inclusive da criação de fluxogramas e diagramas de blocos do processo gerencial e a separação do modelo em módulos; para na seqüência trazer resultados computacionais comprobatórios da eficiência do resultado da pesquisa de doutorado da autora, e desta forma concluindo.

#### 4.7 - Transporte Colaborativo.

O “Transporte Colaborativo” foi instituído como conceito no ano de 2000, surgindo a partir de uma segmentação e estudo particular do “CPFR” (*Collaboration planning, Forecasting and Replenishment*). O fórum gerador desses comitês é o “VICS” (*Voluntary Inter-Industry Commerce Standards Association*), entidade norte Americana que objetiva criar colaboração entre vendedores e compradores através de co-gerenciamento de processos e sistemas de informações.

Como conceito primário e gerador do CTM, o CPFR tem os seguintes objetivos básicos:

- Melhorar eficiências
- Aumentar vendas
- Reduzir custos fixos, e capital de giro
- Reduzir estoques na cadeia de suprimentos
- Aumentar a satisfação dos clientes

Na busca constante de minimizar estoques na cadeia de valor, com janelas de planejamento mais curtas, o transporte se tornou uma questão crítica no processo. Atualmente, ele é um item prioritário para solucionar conflitos entre compradores, vendedores e transportadores nas operações de embarque (processos, quantidades, momentos, etc.). Esses conflitos acabam por produzir estoques em excesso na cadeia de suprimentos e manter equipamentos de transporte com baixa utilização.

A Gestão do Transporte Colaborativo é um processo independente, porém simultâneo ao CPFR, construída nas mesmas relações entre compradores e vendedores, mas incorpora novas informações e etapas aos transportadores; estende a atuação do CPFR desde a confirmação do pedido até a entrega do produto e inclui as transações comerciais com o transportador, como o pagamento deste.

As oportunidades para colaboração entre os compradores, vendedores e transportadores ocorrem em três categorias principais: planejamento estratégico; previsão de demanda e ressuprimento; execução física.

O CTM pode então ser assim sumarizado:

- Um processo independente, contudo simultâneo com CPFR
  - construção nas mesmas relações entre os compradores e vendedores
  - incorpora novas informações e avanços junto aos transportadores
- Inicia-se com a confirmação do pedido, continua com a entrega de remessa e inclui pagamento de transportador
- É uma reengenharia do processo global envolvendo transportador, vendedor e comprador, onde o transportador é o alvo do processo.

#### Objetivo do CTM.

O objetivo do CTM é desenvolver relações de colaboração entre compradores, vendedores, transportadores e terceiros, provendo serviços de logística (3PLs) e buscando melhorar serviços, eficiências e custos associados com o transporte e processo de entrega.

#### As cinco fases do CTM.

Para melhor entendimento e abrangência do processo, o CTM pode ser dividido em cinco fases:

1. Relacionamento estratégico entre os participantes (vendedor, comprador, transportador)
2. Previsão de demanda e criação de pedidos
3. Pedidos e processo conciliado de embarque
4. Processo de confirmação de contratação do transporte (frete)
5. Documentação do processo e gerenciamento da sua execução

#### Requisitos tecnológicos.

Como qualquer processo de integração, o Transporte Colaborativo depende fundamentalmente de informações para funcionar adequadamente. A geração das informações necessárias e a rápida e eficiente comunicação dessas informações formam o principal conjunto de requisitos tecnológicos, porém outros itens também são necessários, como:

- Padronização das informações
- Escala nas operações
- Segurança
- Abertura no desenho do processo
- Gerenciamento
- Rapidez de reação
- Recursos de transporte (veículos) disponíveis para Colaboração
- Formato adequado das informações
- Protocolos de transporte (documentações formais requeridas)

#### Elementos críticos para o Transporte Colaborativo:

Além dos requisitos tecnológicos, há fases ou elementos do processo de colaboração que são críticos para o alcance do resultado esperado, podendo assim ser resumidos:

1. Massa crítica, que é a combinação de:
  - grandes volumes demandados de frete do expedidor
  - capacidade de transportador
  - oferta suficiente de recursos do provedor
2. Sistemas de internet (Web) baseados na conectividade  
Sistemas via Web que possam alcançar e integrar uma grande população de expedidores e transportadores; permite visibilidade de cadeia de provisão e autoriza execução do transporte colaborativo.
3. Tecnologia de Otimização  
Utiliza metodologia sistemática para permitir que ocorra a sinergia da rede das empresas colaborativas para reduzir os custos e melhorar os serviços prestados.

#### Benefícios potenciais de CTM

Os benefícios e poder da colaboração no transporte estendem-se pela cadeia de suprimentos beneficiando desde a execução: comprador, vendedor e transportador. O Transporte Colaborativo deverá trazer maior competitividade para os parceiros,

melhorando comunicações, fortalecendo as posições deles no mercado com otimização das capacidades de execução das operações.

A tabela 4.2 aponta os principais potenciais de benefícios a serem perseguidos com o CTM. A forma de apresentação da tabela 4.2 traz o indicador do benefício, um exemplo desse indicador e finalmente, na terceira coluna, o diretamente beneficiado pelo processo.

**Tabela 4-2: Potenciais e benefícios**

<b>Indicador</b>	<b>Exemplo</b>	<b>Quem é beneficiado</b>
Redução dos custos de transporte	Eliminação do excessivo retorno de veículos sem carga e de tempo morto entre carregamentos.	Comprador e Transportador
Aumento da utilização dos veículos	Redução dos percursos sem carga e não remunerados	Transportador
Melhora do nível de serviço	Aumento da <i>performace</i> dos serviços em tempo real	Comprador e Vendedor
Melhora da Visibilidade	Perfeita identificação dos processos de transporte na cadeia de suprimentos	Transportador, Comprador e Vendedor.
Melhora da satisfação do cliente final	Aumento do número de “pedidos perfeitos”	Comprador e Vendedor
Crescimento dos lucros	Aumento do transporte com carga; melhora da <i>performace</i> geral do processo; aumento da quantidade de pedidos.	Transportador, Comprador e Vendedor

### **COMENTÁRIOS SOBRE O TRANSPORTE COLABORATIVO**

Como conceito, o transporte colaborativo tem assumido um espaço importante nos estudos e discussões nos meios técnicos e especializados em logística; esta discussão vem no bojo da nova onda do SCM (*Supply Chain Management*) definindo a Logística Colaborativa.

A Logística colaborativa propõe uma ampla integração de fornecedores e compradores. Sendo o transporte um dos componentes mais importantes e o maior gerador de custos diretos na cadeia, o transporte colaborativo chega realmente com muita força, a partir dos EUA.

Gastou-se nos EUA, em 2001, 970 bilhões de dólares com logística; destes, 600 bilhões foram gastos com transporte, representando 6,08% do Produto Interno Bruto (GDP). As cifras são significativas o bastante para justificar qualquer esforço no sentido de reduzir custos nesse campo e, apesar de ainda muito conceitual, já se percebem resultados práticos da implementação do transporte Colaborativo. A Transplace, uma grande empresa de transporte americana, tem sido a catalisadora de algumas iniciativas de sucesso naquele país, como caso já público da parceria com a Autozone, uma das maiores varejistas dos EUA.

Os casos de implementação de transporte colaborativo para empresas de logísticas que não participam, obrigatoriamente, da mesma cadeia de suprimentos são em número reduzido e a maioria das aplicações (ainda poucas) trata da colaboração: expedidor – fornecedor – cliente – transportador; são casos onde a logística é complementar; praticamente inexistem aplicações para situações onde a logística não é interligada diretamente ao processo comercial, ou seja, na mesma cadeia de suprimentos, como é a proposta de aplicação desta tese.

No Brasil o próprio conceito de Logística Colaborativa ainda é embrionário e assim, da mesma forma, o transporte colaborativo. Neste país de grandes dimensões territoriais, semelhantes à americana, a colaboração no transporte buscando principalmente minimizar o trânsito do caminhão vazio (sem carga), é muito importante para a redução dos custos logísticos totais.

Levando-se em consideração os recursos de transporte limitados que o país possui, não só rodoviário (veículos e via), mas também para outros modais como ferroviário

e hidroviário, o impacto negativo do transporte de grandes volumes determina um custo relativo muito alto, atingindo não só o consumo e economia interna do país, mas afetando também a competitividade das exportações brasileiras.

Conclui-se que o campo para desenvolvimento do conceito de transporte colaborativo no Brasil é vasto, devendo ter como foco não só os participantes da mesma cadeia de suprimentos, mas também agentes que possuem logística complementar.

Como visto anteriormente, mormente na exposição dos objetivos desta tese de doutorado, o estudo trata da “colaboração” no transporte de soja (e farelo de soja) e fertilizantes.

Todos os conceitos e premissas aqui tratados adequam-se bastante bem ao estudo de caso proposto mesmo não sendo elementos da mesma cadeia de suprimentos, contudo formando uma logística perfeitamente complementar.

Muito importante é enfatizar que, apesar de óbvia, a colaboração no transporte neste estudo de caso – soja/fertilizante – dentro do mesmo grupo corporativo não é de fácil implementação, merecendo tratamento apropriado, como vem propor este trabalho.

#### **4.8 - Carga Geral e Equipamentos de Transporte Rodoviário.**

Nesse breve descritivo, o objetivo é trazer para a pesquisa as características operacionais básicas dos equipamentos de transporte rodoviário, quais sejam: a carreta ou semi-reboque e o trator ou cavalo mecânico. A abstração aqui é puramente operacional, retratando as práticas de mercado sem rigor acadêmico ou literário; dividindo-se o descritivo em tipos de equipamentos pelas duas principais formas de seleção: tipo da carga (1) e características técnico-operacionais (2).

##### **4.8.1 - Equipamentos selecionados pelo Tipo de carga.**

Uma forma de decidir-se pelo tipo de equipamento de transporte a ser utilizado para o acondicionamento da carga, e assim optar-se pelo tipo da carreta (ou semi-reboque), é exclusivamente adequar o equipamento à carga transportada. Essa forma

de se selecionar visa a maximizar a quantidade de carga transportada e a funcionalidade no seu manuseio.

### ***TRANSPORTE DE CARGA GERAL***

O transporte rodoviário da carga geral embalada, ou granel sólido, é realizado em equipamentos denominados “carga seca” ou “graneleira”, que são equipamentos com custo relativo de aquisição baixo e possuem, como característica principal, a grande versatilidade quanto à sua aplicação. A carga não é protegida pelo equipamento como acontece em tanques ou baús; desta forma, quando a carga exige alguma proteção, ela é obrigatoriamente envolta (e amarrada) em lonas.

A versatilidade e o custo relativo de aquisição baixo tornam este tipo de transporte responsável pela maioria da movimentação de carga no país, podendo transportar, entre outros, os produtos:

a) Embalados ou fracionados:

- Sacaria
- Tambores
- *Bags*
- Caixas (carga fracionada)

Mesmo que alguns tipos de carga ou embalagem obriguem adaptações no equipamento, estas serão de baixo custo e tecnicamente simples.

b) Transporte de carga sólida a granel:

- Grãos
- Farelos
- Pós-químicos
- Peletes
- Areia
- Pedra

Para estes tipos de produtos, além da carga seca ou graneleira convencional, também é comum o uso de carretas basculantes, as quais agilizam sobremaneira as operações de descarga e até mesmo reduzem investimentos em moegas no local de descarga.

As carretas basculantes demandam um maior investimento inicial e normalmente são concebidas para transporte de produtos mais pesados (como pedra, areia e matérias primas para a indústria de fertilizantes), oferecendo, portanto, menor capacidade volumétrica.

#### c) Outros tipos de carga geral

Alguns tipos de carga exigem certas sofisticações do equipamento de transporte a partir da carreta mais simples, a “carga seca”. São alguns exemplos:

- Baú- é basicamente uma caixa de carga construída em alumínio sobre a base convencional (para cargas de embalagens menores, como caixas, ou produtos mais frágeis, normalmente de valor agregado mais alto).
- Sider- de configuração semelhante ao baú, porém com as laterais construídas em lona sobre trilhos, com funcionamento de uma cortina permitindo acesso rápido e total à caixa de carga (muito utilizada para o transporte de paletes e, com bastante frequência, de bebidas).
- Frigorífico- a mesma construção da carreta baú com o implemento adicional de isolamento térmico e equipamento de refrigeração (utilizado para cargas alimentícias que necessitam de refrigeração durante a viagem).

### ***TRANSPORTE DE CONTÊINER***

A mesma base utilizada para a carreta “carga seca”, com o implemento de suportes (*locks*) pode transportar contêineres *dry* ou tanque, desde que estas modificações sejam feitas conforme regulamentações técnicas e legais.

Existem, porém, “carretas porta-contêiner” que são bases especialmente construídas para este fim. O “porta-contêiner” perde em versatilidade para a carga seca adaptada porém, se utilizada somente para o transporte de contêiner, ganha em segurança e funcionalidade.

### ***TRANSPORTE DE CARGA LÍQUIDA A GRANEL.***

Nas Indústrias Químicas que movimentam cargas a granel, o cenário de transporte é totalmente diferente pois a embalagem do produto é o próprio equipamento de

transporte, o que o torna específico para o produto ou, na melhor das hipóteses, específico à classe a que o produto pertence.

Esta especificidade tem como implicação direta dois aspectos, a saber:

- alto custo relativo de investimento inicial e de operação;
- dificuldade em compatibilizar rotas.

As carretas utilizadas para o transporte de líquidos a granel são tanques montados sobre chassis (o mesmo da carga geral) ou num só corpo (tanque+chassis) denominado monobloco; mais recentemente criou-se a “carreta tanque auto-portante” onde o chassi é bastante mais delgado e as forças aplicadas pela carga no equipamento são distribuídas exatamente no pino rei (dispositivo de ligação entre a carreta e o cavalo mecânico) e nos eixos.

As três formas apresentadas representam uma evolução na construção do equipamento visando à diminuição da tara e, conseqüentemente, ao aumento da capacidade de peso líquido transportado.

Os tanques são construídos em aço. A variação do tipo de aço depende do produto ou classe de produto que será transportado; produtos mais nobres são transportados em tanques de aço inoxidável e os demais em aço carbono.

Não só a nobreza do produto determina a escolha do tipo de aço mas também sua reatividade e compatibilidade com o material de que o tanque é construído. Alguns produtos porém não são compatíveis com o aço carbono ou inox; para estes casos são utilizados aços revestidos com resinas especiais (também existe a possibilidade de utilização de ligas especiais ou alumínio).

A decisão do tipo de aço para a construção do chassi, ou corpo da caixa de carga (tanque), é apenas uma das muitas variáveis a serem consideradas na construção de carretas para o transporte neste segmento, como também são rígidas e inúmeras as regulamentações a serem seguidas.

A complexidade e forte regulamentação advêm do fato de que a grande maioria dos produtos líquidos transportada é classificada pela legislação brasileira e internacional (ONU) como “produto perigoso”, nocivos ao homem e ao meio ambiente.

No Brasil, o Mercado que rege o transporte rodoviário de produtos acondicionados em uma das formas mencionadas acima está consolidado e tem uma política de

contratação e remuneração bastante clara, cujas técnicas de formação de preços mostrar-se-á na seqüência, juntamente com outros tipos de carga rodoviária.

#### **4.8.2 - Equipamentos selecionados pela característica técnico-operacional.**

É importante para determinação do tipo do veículo compatível com a carga a ser transportada o conceito de caminhão *truck* e carreta; tais conceitos servem para a definição de importantes características utilizadas na formação da planilha de custos e projetos técnico-logísticos.

Esta distinção faz-se necessária principalmente pela diferença da capacidade de carga possível e permitida pela legislação a cada um desses tipos.

No caso de Carreta (caminhão + semi-reboque) podem-se considerar duas opções:

a) cavalo trator simples (ou cavalo “toco”) por possuir apenas um eixo traseiro acoplando um semi-reboque (como no caso do semi-reboque ilustrado na figura 4.12, com 2 eixos);

b) cavalo trator “trucado” (ou simplesmente cavalo “trucado”) por possuir 2 eixos traseiros, podendo um deles ou os dois funcionar com tração como no caso do cavalo mecânico ilustrado na figura 4.13, acoplando um semi-reboque (também de 3 eixos).

A questão do número de eixos é fundamental, frente à legislação, para a determinação da quantidade máxima de carga permitida.

No caso de *trucks*, essas considerações são válidas para o caminhão que pode ter um ou dois eixos traseiros. É importante ressaltar que a diferença fundamental entre caminhão e carreta está na articulação. No veículo tipo carreta a ligação entre o veículo trator com o equipamento que contém a carga é feita através de uma articulação sobre o(s) eixo(s); isto não acontece com o tipo *truck*.

As Figuras 4.13 e 4.14 ilustram os tipos de tratores, caminhão *truck* e cavalo mecânico+semi-reboque, respectivamente.

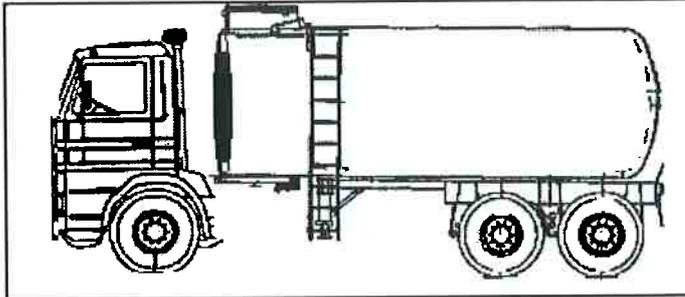


Figura 4-13: Caminhão Tipo Truck

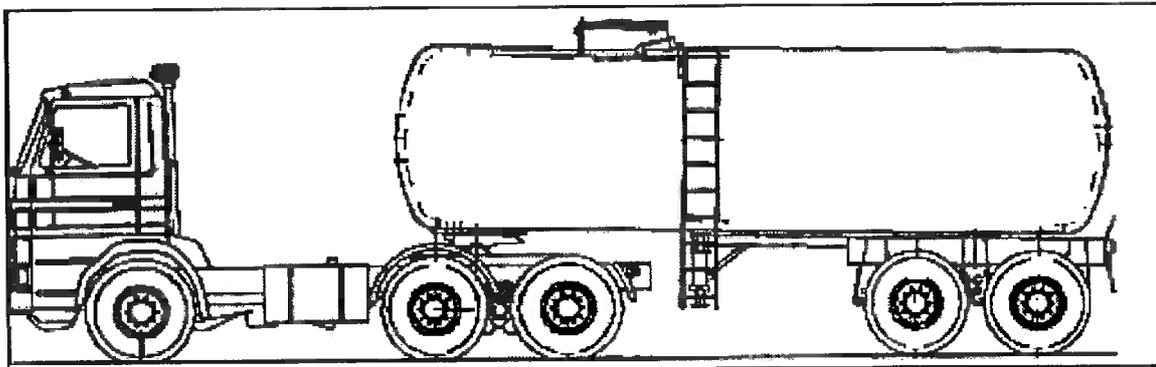


Figura 4-14: Caminhão Tipo Carreta

## **CAPÍTULO 5 DESCRIÇÃO DO CASO REAL E TRATAMENTO PRÉVIO DA BASE DE DADOS.**

### **5.1 - Introdução ao Capítulo**

Como visto nos capítulos iniciais, esta tese de doutorado tem como objetivo realizar um estudo de Transporte Colaborativo para grandes volumes no transporte rodoviário, e aplicação ao caso Soja e Fertilizantes. A metodologia abrange os três níveis hierárquicos de decisão: estratégico, tático e operacional e, em todos os níveis, o objetivo é obter a redução dos gastos financeiros decorrentes da contratação de fretes.

Na próxima etapa do trabalho será apresentada a metodologia propriamente dita, propondo uma modelagem que busca conciliar as necessidades do transporte com as possibilidades das janelas de tempo, ponderando as questões financeiras envolvidas, contrapondo ganhos de frete obtidos aos custos advindos das interferências nas janelas de tempo, que serão modificadas para os embarques de soja e fertilizante. O modelo irá apresentar uma abordagem para cada um dos níveis hierárquicos de decisão.

O objetivo deste capítulo é descrever o caso real proposto e apresentar a base de dados correspondente e, desta forma, trazer os elementos definitivos que suportem o tema escolhido como relevante o bastante para constituir a pesquisa.

Com o intuito direto de comprovar a viabilidade da modelagem e da metodologia, e ao mesmo tempo apresentar as premissas e hipóteses utilizadas, nesse capítulo também se desenvolve uma heurística com resultados concretos.

## 5.2 - Descrição da base de dados

A base de dados consolidada é densa já que avalia todas as viagens de soja (e farelo de soja) e de fertilizantes (vendas CIF), no ano de 2001, pelas empresas que participam desta pesquisa; os dados partiram das notas fiscais correspondentes (documento de referência), portanto, sua origem é a mais primária possível.

Juntas, as duas empresas que trabalham com os produtos movimentaram cerca de 30 milhões de toneladas no ano de 2002, sendo estas as maiores empresas do Brasil em suas respectivas atividades.

A base real, referente ao ano de 2001, e consolidada para a aplicação ao caso real nesta tese de doutorado pode ser assim sumarizada para entendimento de sua dimensão:

- Fertilizantes: Volume total de 1.896.833 t, e conta frete de R\$ 53.229516,64;
- Soja: Volume total de 9.214.213 t, e conta frete R\$ 276.580.598,84;
- Total: Volume de 11.111.046t e R\$ 329.810.115,48 de Conta frete total.

Esse montante refere-se apenas à logística de entregas na modalidade CIF de fertilizantes e exportações, e também de soja (e farelo de soja), sendo que os números apurados para 2002 são 27% maiores na média geral, e ainda estima-se crescimento em torno de 10% em 2003. Outra mudança importante que vem ocorrendo é o incremento da venda na modalidade CIF de fertilizantes, dobrando o percentual de 2001 para 2002, e assim duplicando os montantes apresentados para este produto.

Neste capítulo será tratada, com maior aprofundamento, a descrição do Caso Real e seu relacionamento com esta pesquisa. De forma concomitante, serão apresentados os principais indicadores do banco de dados e o tratamento prévio deste banco, detalhando e explorando os números.

Com esta primeira exploração dos dados objetiva-se demonstrar a existência de potenciais de sinergias e oportunidades de realização de cargas conjugadas de soja e fertilizantes e com isso, mais uma vez, pretende-se enfatizar a motivação para a criação de um modelo matemático para a solução completa do problema.

Os tópicos relativos à base de dados explorados neste capítulo trazem estatísticas iniciais com análise de:

- a. Referências das geográficas das rotas (origens e destinos, incluindo cidades, estados, micro e mesorregiões).
- b. Referências temporais (dias, semanas e meses).
- c. Gastos com fretes.
- d. Análises relacionais de sazonalidades, fretes e volumes.
- e. Conjugação potencial de rotas em pólos pré-estabelecidos.

Esta base de dados real a ser aplicada no modelo, possui **411.852** (quatrocentos e onze mil, oitocentos e cinquenta e dois) registros, perfazendo mais de **440.000** (quatrocentos e quarenta mil) viagens. As tabelas foram uniformizadas e todas as cidades receberam a classificação do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) para micro e mesorregião. Esta classificação permite agrupar as cidades em pequenos pólos agrícolas para expedição de soja ou recebimento de fertilizantes. Foram mantidos os referenciais do documento originalmente avaliado e reconhecido o agente transportador que realizou a viagem, permitindo estatísticas posteriores como o ciclo de tempo desta (medição de tempo entre o início de uma viagem e o da próxima). Esta análise vai permitir medir o grau de fidelização desse transportador com o sistema soja e/ou fertilizante ou, de alguma forma, cruzar as bases de dados e verificar qual a proporção em que esses agentes de transportes atuam na movimentação da soja e fertilizante.

### **5.2.1 - Descrição das informações iniciais e formação da Base de Dados Definitiva**

#### **5.2.1.1. FORMAÇÃO DA BASE DE DADOS DE FERTILIZANTES**

Os dados originais colhidos da movimentação de fertilizantes formam a base inicial, com as seguintes informações (em colunas) representadas (como amostra) na tabela 5.1.

1. Emissão: data da emissão da Nota Fiscal, início da viagem.
2. Nota Fiscal: número da Nota Fiscal.
3. Filial: origem, local do embarque do fertilizante.
4. Destino: cidade de destino.

5. UF D: Unidade da Federação (Estado) da cidade de destino.
6. IBGE: código do IBGE que identifica a microrregião da cidade de destino.
7. Total pago: valor em reais pago pelo transporte correspondente (R\$/viagem).
8. Vol: carga transportada na viagem (ou viagens do lote) correspondente expressa em toneladas.
9. Vol neg: volume negociado para a transação, pode trazer um conjunto de viagens (não será utilizado para o trabalho).
10. Frete por ton: é a divisão de “Total pago” por “vol”, resultando no frete por unidade de peso transportada (R\$/t).
11. Carreteiro/transportadora: nome do agente transportador, “carreteiro” quando “pessoa física” e transportadora quando “pessoa jurídica”. Originalmente a tabela foi subdividida em duas, uma para Carreteiro – pessoa física, e outra para Transportadora – pessoa jurídica.
12. CPF/ CGC: identificação do documento do agente transportador, CPF para Carreteiro – pessoa física, e CGC para Transportadora – pessoa jurídica.

Tabela 5-1: Representação da tabela original de Fertilizantes:

EMISSAO	NOTA FISCAL	FILIAL	DESTINO	UF D	IBGE	TOTAL PAGO	VOL	VOL NEG	FRETE TON	CARRETEIRO	CPF CARRETEIRO
09/04/2001	17	Campo Grande	Campo Grande	MS	50020040270405	8,47	2	2	5,50	ELIZETE LOURDES CHITOLINA	420.822.421-53
09/04/2001	40003293	Cambe	Londrina	PR	41030111370005	105,00	15	15	7,00	CAETANO DAMICO FILHO	115.668.509-59
09/04/2001	40003294	Cambe	Comelio Procopio	PR	41040150640705	112,50	15	15	7,50	OSWALDO FERREIRA	188.424.459-91
09/04/2001	30000067	Maringa	Sao Joao do Caiua	PR	41010012490505	9,78	1	1	13,04	JOSE ARIR FELIZ DE OLIVEIRA	237.027.709-25
09/04/2001	30000068	Maringa	Sao Joao do Caiua	PR	41010012490505	9,78	1	1	13,04	JOSE ARIR FELIZ DE OLIVEIRA	237.027.709-25
09/04/2001	30000069	Maringa	Paranavai	PR	41010011840205	29,80	2	2	19,87	JOSE ARIR FELIZ DE OLIVEIRA	237.027.709-25
09/04/2001	30000070	Maringa	Paranavai	PR	41010011840205	54,46	2	2	27,23	JOSE ARIR FELIZ DE OLIVEIRA	237.027.709-25
09/04/2001	30000071	Maringa	Paranavai	PR	41010011840205	64,57	2	2	43,05	JOSE ARIR FELIZ DE OLIVEIRA	237.027.709-25
09/04/2001	80003016	Ponta Grossa	Itapora	MS	50040100450205	364,00	14	14	26,00	DIRCEU JUVENAL RIBAS	092.153.369-15
09/04/2001	80003017	Ponta Grossa	Itapora	MS	50040100450205	260,00	10	10	26,00	DIRCEU JUVENAL RIBAS	092.153.369-15
09/04/2001	80003018	Ponta Grossa	Itapora	MS	50040100450205	156,00	6	6	26,00	DIRCEU JUVENAL RIBAS	092.153.369-15
09/04/2001	40003334	Cambe	Santa Mariana	PR	41040152390705	60,12	7	7	9,25	GILBERTO PINHA MELEIRO	520.722.669-04
09/04/2001	40003335	Cambe	Santa Mariana	PR	41040152390705	59,20	6	6	9,25	GILBERTO PINHA MELEIRO	520.722.669-04
09/04/2001	40003333	Cambe	Bela Vista do Paraíso	PR	41030070280205	77,00	11	11	7,00	PAULO PINHA MELEIRO	120.178.689-49

EMISSAO	NOTA FISCAL	FILIAL	DESTINO	UF D	IBGE	KM	TOTAL PAGO	VOL	VOL NEG	FRETE TON	TRANSPORTADORA	CGC TRANSPORTADORA
1/8/01	11018309	CUBATAO	Paranagua	PR	41100381820405	450	598,00	26	100	23,00	IC COMERCIO E TRANSP. LTDA	49871213000773
1/8/01	11019528	CUBATAO	Paranagua	PR	41100381820405	450	599,61	26	100	23,00	IC COMERCIO E TRANSP. LTDA	49871213000773
1/8/01	12023396	CAJATI	Guaiba	RS	43050260930805	1230	1.802,40	30	496	60,00	TRANSP. IRMAOS ROMBALDI LTDA	88321187000419
2/8/01	11020603	CUBATAO	Paranagua	PR	41100381820405	450	704,63	27	242	26,45	TRANSPORTADORA ADUBO LTDA	87300695000709
2/8/01	11020811	CUBATAO	Paranagua	PR	41100381820405	450	685,86	26	242	26,45	TRANSPORTADORA ADUBO LTDA	87300695000709
2/8/01	11020733	CUBATAO	Paranagua	PR	41100381820405	450	695,90	26	242	26,45	TRANSPORTADORA ADUBO LTDA	87300695000709
2/8/01	11021021	CUBATAO	Paranagua	PR	41100381820405	450	684,80	26	242	26,45	TRANSPORTADORA ADUBO LTDA	87300695000709
2/8/01	11021027	CUBATAO	Paranagua	PR	41100381820405	450	759,66	29	242	26,45	TRANSPORTADORA ADUBO LTDA	87300695000709
2/8/01	11021039	CUBATAO	Paranagua	PR	41100381820405	450	707,28	27	242	26,45	TRANSPORTADORA ADUBO LTDA	87300695000709
2/8/01	80014662	PONTA GROSSA	Campos de Julio	MT	51010040268605	2150	135,00	14	240	8,80	AMERICA LATINA LOGISTICA	01258944000550
2/8/01	80014663	PONTA GROSSA	Campos de Julio	MT	51010040268605	2150	135,00	14	240	8,80	AMERICA LATINA LOGISTICA	01258944000550

**5.2.1.1. FORMAÇÃO DA BASE DE DADOS DE SOJA**

Os dados originais colhidos da movimentação de soja formam a base inicial com as seguintes informações (em colunas) representadas (como amostra) na tabela 5.2.

1. DT EMISSÃO: data da Emissão da Nota Fiscal, início da viagem.
2. NF: número da Nota Fiscal.
3. MUN. ORIGEM: origem, local do embarque da soja.
4. Cd UF Clt: Unidade da Federação (Estado) da cidade de origem.
5. MUN DESTINO: cidade de destino.
6. Cd UF Etg: Unidade da Federação (Estado) da cidade de destino.
7. DISTANCIA: distância rodoviária da viagem em quilômetros (entre a origem e o destino respectivos).
8. VI frete: valor em reais pago pelo transporte correspondente (R\$/viagem).
9. Qt Transportada: carga transportada no lote correspondente expressa em toneladas. Para os dados originais da movimentação da soja, a linha da tabela não representa, necessariamente, uma viagem, mas pode referir-se ao lote (conjunto de viagens) em que ela é conduzida por um determinado agente de transporte (como acontece com fertilizante, porém aqui na quase totalidade dos casos); isso acontece porque a fonte dos dados é contábil.
10. Nm Transportador: nome do agente transportador.
11. Cd Base Transp: código interno que identifica o agente transportador.

**Tabela 5-2: representação da tabela original de Soja.**

DT EMISSÃO	NF	MUN. ORIGEM	Cd UF Clt	MUN. DESTINO	Cd UF Etg	DISTANCIA	VI Frete	Qt Transportada	Nm Transportador	Cd Base Transp
1/1/200	3.102	SÃO DESIDERIO	BA	LUIS EDUARDO MAGALHÃES	BA	135	213,35	42.670	TRANSPORTES RENASCER LTDA	ME 90.693.55
1/1/200	6.402	LUIZIANA	PR	PONTA GROSSA	PR	300	431,37	27.830	JOSE SOARES DE MELO NETO	632.250.00
1/1/200	6.404	LUIZIANA	PR	PONTA GROSSA	PR	300	468,86	30.250	ALFREDO DE SOUZA BRITO JUNIOR	396.853.73
1/1/200	6.405	LUIZIANA	PR	PONTA GROSSA	PR	300	624,5	40.290	ROMERO E COLAUTO LTDA	82.410.78
1/1/200	6.406	LUIZIANA	PR	PONTA GROSSA	PR	300	630,06	40.650	AMERICO COLAUTO FILHO	442.068.95
1/1/200	7.285	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	20,64	11.470	LUIZ IGNACIO PISSOLENO	319.941.30
1/1/200	7.286	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	51,31	28.510	MARCIO YAMANAKA MARTINS	293.713.29
1/1/200	7.287	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	27,57	15.320	ANSELMO SIENA	961.193.49
1/1/200	7.289	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	53,73	29.850	MARCIO YAMANAKA MARTINS	293.713.29
1/1/200	7.290	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	23,77	13.210	ALICE YAMANAKA MARTINS	56.897.33
1/1/200	7.291	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	19,94	11.080	LUIZ IGNACIO PISSOLENO	319.941.30
1/1/200	7.292	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	29,08	16.160	ANSELMO SIENA	961.193.49
1/1/200	7.293	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	19,65	10.920	OSCAR DE OLIVEIRA	300.384.72
1/1/200	7.294	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	21,02	11.680	MARCOS ROBERTO DE GOES	15.607.59
1/1/200	7.295	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	52,32	29.070	MARCIO YAMANAKA MARTINS	293.713.29
1/1/200	7.296	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	23,94	13.300	ALICE YAMANAKA MARTINS	56.897.33
1/1/200	7.297	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	19,96	11.090	LUIZ IGNACIO PISSOLENO	319.941.30
1/1/200	7.298	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	27,95	15.530	ANSELMO SIENA	961.193.49
1/1/200	7.299	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	19,15	10.640	OSCAR DE OLIVEIRA	300.384.72
1/1/200	7.301	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	20,43	11.350	MARCOS ROBERTO DE GOES	15.607.59
1/1/200	7.302	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	53,37	29.650	MARCIO YAMANAKA MARTINS	293.713.29
1/1/200	7.304	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	23,65	13.140	ALICE YAMANAKA MARTINS	56.897.33
1/1/200	7.305	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	21,25	11.830	LUIZ IGNACIO PISSOLENO	319.941.30
1/1/200	7.307	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	29,14	16.190	ANSELMO SIENA	961.193.49
1/1/200	7.308	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	21,74	12.080	MARCOS ROBERTO DE GOES	15.607.59
1/1/200	7.309	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	26,31	14.620	BENEDITO DE OLIVEIRA	3.423.71
1/1/200	7.311	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	19,94	11.080	OSCAR DE OLIVEIRA	300.384.72
1/1/200	7.314	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	24,13	13.410	ALICE YAMANAKA MARTINS	56.897.33
1/1/200	7.315	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	53,33	29.630	MARCIO YAMANAKA MARTINS	293.713.29
1/1/200	7.316	OURINHOS	SP	OURINHOS	SP	7	21,2	11.780	LUIZ IGNACIO PISSOLENO	319.941.30

### **5.2.1.3. FORMAÇÃO DA BASE DE DADOS DEFINITIVA**

As tabelas que compõem a base de dados definitiva para esta pesquisa foram uniformizadas e apresentam as mesmas informações, sendo assim compostas:

1. SEM: o número da semana do ano (a SEM número 1 é a que se inicia no dia primeiro de janeiro); esse dado será utilizado para compor a conjugação de cargas; a semana será a referência temporal básica para a definição das janelas de tempo.
2. S/F: identifica o produto, “S” para soja e “F” para fertilizante.
3. EMISSÃO: data da Emissão da Nota Fiscal, início da viagem.
4. NF: número da Nota Fiscal.
5. MESO-O: mesorregião do IBGE que contém a cidade de origem da viagem.
6. MICRO-O: microrregião do IBGE que contém a cidade de origem da viagem.
7. ORIGEM: origem, local do embarque da soja ou fertilizante.
8. UF O: Unidade da Federação (Estado) da cidade de origem.
9. MESO-D: mesorregião do IBGE que contém a cidade de destino da viagem.
10. MICRO-D: microrregião do IBGE que contém a cidade de destino da viagem.
11. DESTINO: destino, da soja ou fertilizante.
12. UF D: Unidade da Federação (Estado) da cidade de destino.
13. KM: distância rodoviária da viagem em quilômetros (entre a origem e o destino respectivos).
14. TOTAL PAGO: valor em reais pago pelo transporte.
15. VOLUME: carga transportada no lote correspondente expressa em toneladas.
16. FRETE TONELADA: frete por unidade de peso transportada (R\$/t).
17. FRETE KM: frete por quilômetro rodado (R\$/km).
18. T/C: refere-se ao agente de transporte, sendo “T” transportadora Pessoa Jurídica e “C” carreteiro, Pessoa Física.
19. NOME: nome do agente de transporte, carreteiro ou transportador.
20. IDENTIF: número que identifica o agente de transporte, carreteiro ou transportadora.

A base de dados definitiva, então, foi compilada em forma de tabelas através do *software* “Microsoft Access”, permitindo total integração das informações de movimentação de soja e fertilizante, bem como a iteração computacional do modelo matemático a ser proposto na pesquisa. A tabela 5.3 representa uma amostra da base definitiva dos dados reais.

**Tabela 5-3: Representação da tabela definitiva para a movimentação de soja e fertilizante**

SEM	S/F	EMISSAO	NF	MESO-O	MICRO-O	ORIGEM	UF O	MESO-D	MICRO-D	DESTINO	UF D	KM	TOTAL PAGO	VOLU ME	FRETE TONELADA	FRETE KM	T/C	NOME	IDENTIF
18	S	2/5/2001	6129	NORDESTE RIO-GRANDENSE	VACARIA	LAGOA VERMELHA	RS	NORTE CATARINENSE	JOINVILLE	SAO FRANCISCO DO SUL	SC	560	749,79	27,77	27,00	1,45	T	JOAO DOS SANTOS SILVA	999248110
18	S	4/5/2001	2584	NOROESTE RIO-GRANDENSE	SANANDUVA	SANANDUVA	RS	NORTE CATARINENSE	JOINVILLE	SAO FRANCISCO DO SUL	SC	590	794,92	28,99	28,00	1,42	T	JOAO DOS SANTOS SILVA	999248110
18	S	4/5/2001	6164	NORDESTE RIO-GRANDENSE	VACARIA	LAGOA VERMELHA	RS	NORTE CATARINENSE	JOINVILLE	SAO FRANCISCO DO SUL	SC	560	746,01	27,63	27,00	1,45	T	JOAO DOS SANTOS SILVA	999248110
19	S	8/5/2001	267898	NOROESTE RIO-GRANDENSE	SANANDUVA	SANANDUVA	RS	NORTE CATARINENSE	JOINVILLE	SAO FRANCISCO DO SUL	SC	490	769,5	28,50	27,00	1,65	T	JOAO DOS SANTOS SILVA	999248110
19	S	11/5/2001	12268	NOROESTE RIO-GRANDENSE	PASSO FUNDO	PASSO FUNDO	RS	SUDESTE RIO-GRANDENSE	LITORAL LAGUNAR	RIO GRANDE	RS	600	686	27,44	25,00	1,25	T	JOAO DOS SANTOS SILVA	999248110
23	S	4/6/2001	161455	NOROESTE RIO-GRANDENSE	SANANDUVA	SAO JOSE DO OURO	RS	NORTE CATARINENSE	JOINVILLE	SAO FRANCISCO DO SUL	SC	460	692	27,68	25,00	1,63	T	JOAO DOS SANTOS SILVA	999248110
23	S	8/6/2001	17714	NOROESTE RIO-GRANDENSE	SANANDUVA	TUPANCI DO SUL	RS	NORTE CATARINENSE	JOINVILLE	SAO FRANCISCO DO SUL	SC	468	801,5	32,06	25,00	1,60	T	JOAO DOS SANTOS SILVA	999248110
23	S	8/6/2001	17717	NOROESTE RIO-GRANDENSE	SANANDUVA	TUPANCI DO SUL	RS	NORTE CATARINENSE	JOINVILLE	SAO FRANCISCO DO SUL	SC	468	772,5	30,90	25,00	1,60	T	JOAO DOS SANTOS SILVA	999248110
23	S	8/6/2001	273388	NOROESTE RIO-GRANDENSE	SANANDUVA	SANANDUVA	RS	NORTE CATARINENSE	JOINVILLE	SAO FRANCISCO DO SUL	SC	500	427,97	16,15	26,50	1,59	T	JOAO DOS SANTOS SILVA	999248110
24	S	11/6/2001	527	NORDESTE RIO-GRANDENSE	VACARIA	MUITOS CAPOES	RS	NORTE CATARINENSE	JOINVILLE	SAO FRANCISCO DO SUL	SC	500	768,56	29,56	26,00	1,56	T	JOAO DOS SANTOS SILVA	999248110
SEM	S/F	EMISSAO	NF	MESO-O	MICRO-O	ORIGEM	UF O	MESO-D	MICRO-D	DESTINO	UF D	KM	TOTAL PAGO	VOLU ME	FRETE TONELADA	FRETE KM	T/C	NOME	IDENTIF
27	F	3/7/2001	40006962	NORTE CENTRAL PARANAENSE	LONDRINA	CAMBE	PR	SUDOESTE DE MATO GROSSO DO SUL	DOURADOS	DOURADOS	MS	550	96,00	6,00	16,00	C	MAURICIO MUNIZ FERNANDES	000.006.108-52	
27	F	3/7/2001	40006963	NORTE CENTRAL PARANAENSE	LONDRINA	CAMBE	PR	SUDOESTE DE MATO GROSSO DO SUL	DOURADOS	DOURADOS	MS	550	96,00	6,00	16,00	C	MAURICIO MUNIZ FERNANDES	000.006.108-52	
27	F	3/7/2001	40006964	NORTE CENTRAL PARANAENSE	LONDRINA	CAMBE	PR	SUDOESTE DE MATO GROSSO DO SUL	DOURADOS	DOURADOS	MS	550	240,00	15,00	16,00	C	MAURICIO MUNIZ FERNANDES	000.006.108-52	
29	F	16/7/2001	40007810	NORTE CENTRAL PARANAENSE	LONDRINA	CAMBE	PR	LESTE DE MATO GROSSO DO SUL	CASSILANDIA	CHAPADAO DO SUL	MS	750	486,00	27,00	18,00	C	MAURICIO MUNIZ FERNANDES	000.006.108-52	
33	F	17/8/2001	10003891	RIBEIRAO PRETO	ITUVERAVA	GUARA	SP	SUL GOIANO	SUDOESTE DE GOIAS	RIO VERDE	GO	520	315,90	15,00	21,06	C	ANTONIO VALERIANO	000.033.358-10	
34	F	24/8/2001	10004238	RIBEIRAO PRETO	ITUVERAVA	GUARA	SP	SUL GOIANO	SUDOESTE DE GOIAS	RIO VERDE	GO	520	332,22	15,06	22,06	C	ANTONIO VALERIANO	000.033.358-10	
35	F	29/8/2001	10004540	RIBEIRAO PRETO	ITUVERAVA	GUARA	SP	OESTE PARANAENSE	TOLEDO	GUARA	PR	80	120,00	16,00	7,50	C	ANTONIO VALERIANO	000.033.358-10	
37	F	12/9/2001	10005361	RIBEIRAO PRETO	ITUVERAVA	GUARA	SP	RIBEIRAO PRETO	SAO JOAQUIM DA BARRA	MIGUELOPOLIS	SP	40	91,00	13,00	7,00	C	ROMUALDO TANAKA	000.113.848-08	
38	F	19/9/2001	10005907	RIBEIRAO PRETO	ITUVERAVA	GUARA	SP	RIBEIRAO PRETO	SAO JOAQUIM DA BARRA	SALES OLIVEIRA	SP		87,50	12,50	7,00	C	ROMUALDO TANAKA	000.113.848-08	
39	F	29/9/2001	10006836	RIBEIRAO PRETO	ITUVERAVA	GUARA	SP	RIBEIRAO PRETO	ITUVERAVA	ITUVERAVA	SP	20	52,50	7,00	7,50	C	ROMUALDO TANAKA	000.113.848-08	

### 5.3 - Descrição do Caso Real

As características do agronegócio brasileiro, com ênfase para a movimentação de soja e fertilizantes, foram abordadas nos capítulos iniciais com a profundidade necessária; o intento agora é tratar o caso real a ser colocado para aplicação dos modelos propostos na tese.

As Empresas que cederam os dados para a pesquisa são as maiores de seus respectivos setores no Brasil, individualmente, e pertencem a um mesmo Grupo Empresarial.

O Grupo Empresarial em questão é o número um no mundo em movimentação e esmagamento de soja e na produção de fertilizantes. As duas Empresas juntas, como colocado anteriormente, movimentam 30 milhões de toneladas por ano no Brasil; esta é considerada a maior movimentação de carga do país, se for desconsiderada a própria Companhia Vale do Rio Doce com transporte de minério, sendo este específico para corredores de exportação caracteristicamente em curtas distâncias e número menor de rotas.

O fato das empresas em estudo serem pertencentes ao mesmo grupo, portanto sob o mesmo controle acionário, imprime uma premência e importância maior para a realização do transporte conjugado de soja e fertilizante, implementando na prática os conceitos de Logística e Transporte Colaborativo.

Os acionistas percebem claramente a relevância dos gastos com transporte terrestre em ambos os negócios, já que envolvem grandes volumes e muitas movimentações de produtos de baixo valor agregado em distâncias médias e longas. A conta com frete terrestre aproxima-se de 10 % (dez por cento) do faturamento total das Empresas e, em valores monetários, alcança cifras da ordem de **R\$ 700.000.000** (Setecentos milhões de reais) por ano - base 2002.

Estudos realizados recentemente pelo comando central da Empresa nos EUA mostram potenciais de ganhos para fretes conjugados nas operações de soja e fertilizantes no Brasil, que remontam à ordem de 15 milhões de reais por ano. Esse estudo foi realizado por uma consultoria internacional e, apesar de permear nele o

otimismo exagerado, comprova o potencial de ganhos e justifica mais uma vez esta pesquisa de doutorado.

Assim, nada mais natural do alto comando da Empresa e de seus acionistas que suas controladas pratiquem o Transporte Colaborativo.

Como foi enfatizado no início do trabalho e na revisão Bibliográfica (capítulo 4), não existe metodologia conhecida para implementar o Transporte Colaborativo e efetivar, sistematicamente, a conjugação de cargas dessa magnitude de volumes e rotas, com o fato agravante da amplitude geográfica, percorrendo-se todo o país de forma simultânea.

As operações são realizadas com planejamento não integrado, as poucas sinergias desenvolvidas são iniciativas isoladas e totalmente desprovidas de ferramentas matemáticas ou de simulação de cenários.

Focos de potenciais sinérgicos são identificados empiricamente, então, os profissionais de logística das respectivas empresas atuam localmente nesses pontos, trocam informações e, quando existe interesse material (baixa oferta de transporte normalmente resume o possível interesse), realizam algum esforço para conjugar as cargas de soja com retorno de fertilizante, ou vice-versa, no mesmo veículo. A conjugação dessas cargas, quando ocorre, gera um ganho em obtenção de recursos de transportes (caminhões) mas pouco se contabiliza em ganhos financeiros.

A não obtenção de ganhos financeiros deve-se principalmente à forma não estruturada e não planejada em que as operações ocorrem. Como visto anteriormente, e maiores detalhes serão apresentados posteriormente, a forma mais direta para ganhos financeiros a serem obtidos com a conjugação de carga está na eliminação dos agenciadores de transporte que atuam como atravessadores. Esses agenciadores simplesmente juntam a oferta disponível de carreteiros com a demanda de carga. Esse serviço é imprescindível enquanto busca de recursos, pois a capilaridade operacional desses agentes supera a capacidade de contratação de carreteiros autônomos pelas empresas embarcadoras. À medida que se realiza um trabalho sistêmico de fidelização desses carreteiros, tornando-os cativos dos fluxos completos (soja + fertilizante) e minimizando trajetos sem carga, o agenciador é naturalmente eliminado do sistema e, conseqüentemente, as taxas por eles cobradas. Esse processo produz o ganho financeiro.

A questão que se apresenta é:

Como criar um planejamento sistêmico e operação continuada de transporte conjugado promovendo a colaboração entre as empresas ?

Poder-se-ia supor que planilhas convencionais e a utilização de heurísticas, utilizadas como ferramentas de análises de volumes em rotas cruzadas de transporte de soja e fertilizante, poderiam resolver a questão, mas a hipótese é imediatamente descartada voltando-se a considerar o número colocado acima de 450 mil viagens por ano como também, e principalmente, o caráter dinâmico da operação.

Não há um planejamento de vendas de fertilizantes que leve em conta a movimentação dos silos de soja, e vice-versa.

A operação ocorre predominantemente sem planejamento, à medida que a carteira de vendas de fertilizantes é formada contrata-se o transporte. Quando os silos de armazenagem de soja estão estocados e há exportação em processo contrata-se o transporte. Os planejamentos existentes preparam as empresas apenas para a produção e exportação.

Na empresa produtora de fertilizantes o foco é centrado na logística de matérias primas e alocação de oferta de produto final frente a uma previsão de vendas. Para a logística da soja e farelo, o foco é dirigido para o mercado de exportação.

Nas fábricas de farelo e óleo de soja, consumidoras de soja em grão, o planejamento logístico visa a garantir o abastecimento contínuo pois a fábrica não deve parar, característica de indústrias de alto capital intensivo e baixo valor agregado de seus produtos, como é o seu caso.

Portanto, o planejamento ocorre no plano estratégico com foco fabril e comercial, ficando clara a necessidade de projetos logísticos nos planos tático e operacional.

O dinamismo da operação desestimula maiores planejamentos ou criação de cenários, as cargas surgem em grande quantidade e, via de regra, com urgência de execução.

O alto volume transportado sugere a falsa aparência de estar-se ditando as regras de negócio do mercado; há, sem dúvida, uma frota de veículos dedicada ao agronegócio que depende das operações dessas duas grandes empresas; porém existe uma

diferença entre essa condição e a certeza de realizar-se a operação mais produtiva e econômica.

Há uma grande quantidade de variáveis envolvidas no processo que, ao longo desse capítulo, serão apresentadas.

### **5.3.1 - Apresentação e Análise do Posicionamento Geográfico das Origens e Destinos de Soja e Fertilizante**

São mais de 3000 as rotas de fertilizantes utilizadas; as de soja são em número menor, contudo, relevantes na análise da rede logística. As operações são realizadas em todo o território nacional e, conforme foi colocado, com planejamento logístico pouco acurado, feito de maneira independente, ou seja, a empresa de fertilizantes realiza o seu planejamento sem levar em conta o da empresa exportadora de soja e produtora de farelo e óleo vegetal, e vice-versa.

A figura 5.1 traz o posicionamento dos silos de armazenagem e expedição de soja posicionamento das de fábricas fertilizantes, e o das empresas utilizadas para o caso real, denominadas para este trabalho Empresas A e B respectivamente.

Se o posicionamento das fábricas de fertilizantes e silos de soja denota a complexidade do problema pela magnitude geográfica, traz também a certeza de se poder realizar um trabalho profícuo. Não por acaso, os silos estão sempre posicionados em lugares próximos aos fornecedores de soja, os clientes, que em momento diferente (fator desfavorável à conjugação de cargas) compram fertilizante. As esmagadoras (fábricas de óleo e farelo) que recebem a soja estão próximas às fábricas que produzem e expedem o fertilizante. Desta forma, facilmente visualizam-se as rotas cruzadas, ou seja, um número muito grande de pares origens/destinos para o fertilizante são os mesmos pares destinos/origens para a soja.

Os portos utilizados para a exportação da soja e seu farelo são os mesmos que recebem matéria prima para a produção de fertilizantes.

Além disso (e também por isso) as principais fábricas de fertilizantes estão localizadas geograficamente próximas aos portos. Novamente apresenta-se a possibilidade de rotas cruzadas exatas onde origens/destinos de soja são também destinos/origens de fertilizante.

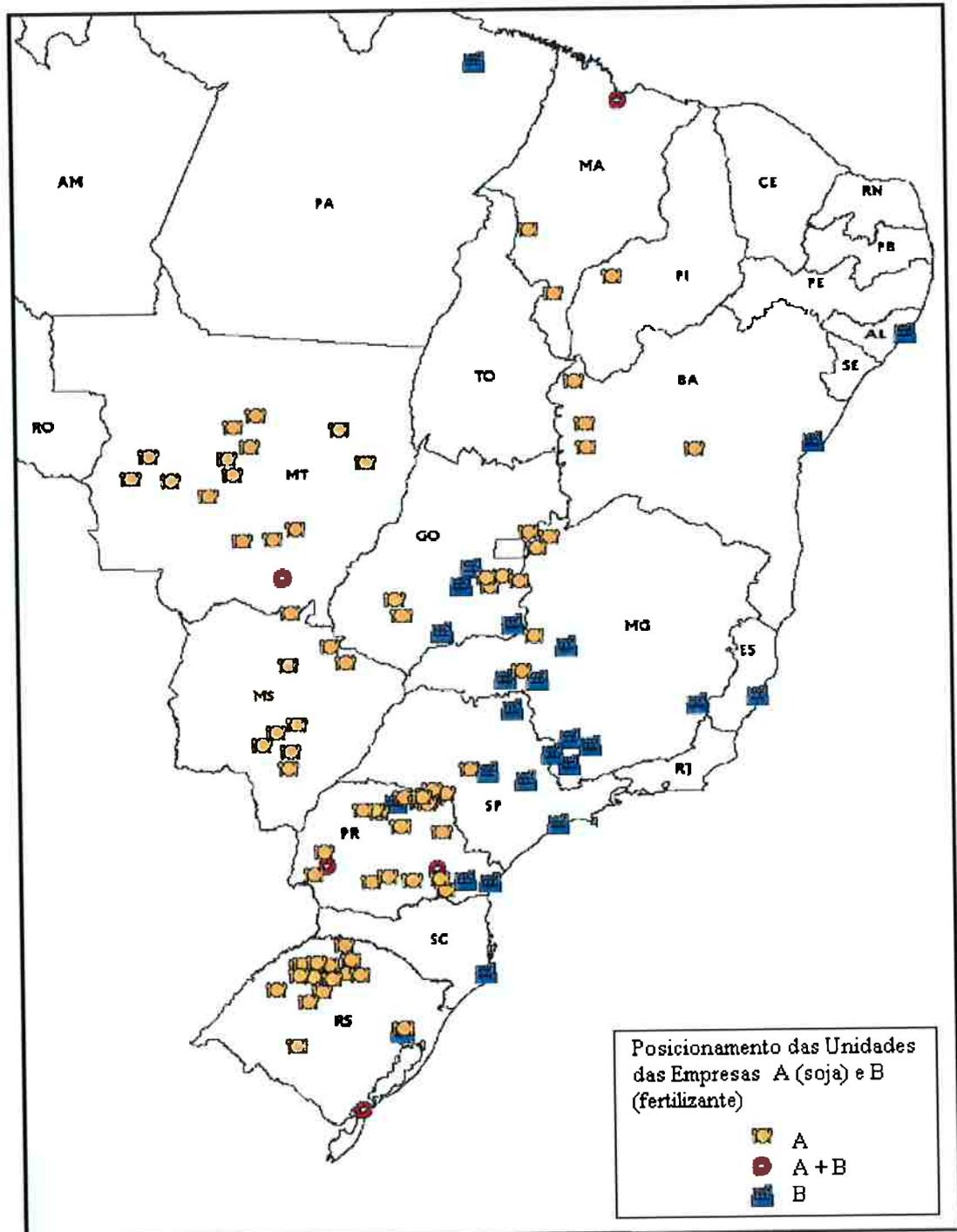


Figura 5-1: Posicionamento das Unidades das Empresas A e B

### 5.3.2 - Volumes embarcados e recebidos de soja e fertilizantes.

Como colocado anteriormente e demonstrado na figuras 5.1, pelos posicionamentos geográficos das fábricas de fertilizantes e silos de soja, as rotas cruzadas nos pares origens/destinos acontecem em grande número e em todo o país.

Em prosseguimento à análise geográfica da base de dados e para um melhor entendimento das rotas cruzadas, apresenta-se abaixo o conjunto de tabelas 5.4 a 5.9, relacionando volumes embarcados e recebidos de soja e fertilizantes nos estados brasileiros (nesse momento ainda sem a análise das janelas de tempo).

Tabela 5-4: Volumes (t) de Soja por Origens por Estado da Federação (UF).

ORIGEM (UF)	SOJA	
Total Global	9.214.044	100,0%
MATO GROSSO	3.467.894	37,6%
RIO GRANDE DO SUL	1.427.769	15,5%
BAHIA	1.243.453	13,5%
MATO GROSSO DO SUL	942.970	10,2%
PARANA	873.913	9,5%
GOIAS	560.740	6,1%
MARANHAO	278.413	3,0%
SAO PAULO	184.190	2,0%
SANTA CATARINA	84.982	0,9%
MINAS GERAIS	57.748	0,6%
TOCANTINS	49.272	0,5%
PIAUI	37.069	0,4%
DISTRITO FEDERAL	2.549	0,0%
PARAIBA	910	0,0%
ALAGOAS	623	0,0%
CEARA	540	0,0%
PARA	428	0,0%
PERNAMBUCO	412	0,0%
EX	169	0,0%

("EX" ou "EXPORTAÇÃO" representa volumes exportados para Argentina e/ou Paraguai -legenda válida também para as demais tabelas deste capítulo)

**Tabela 5-5: Volumes (t) de Soja por Destino por Estado da Federação (UF)**

DESTINO (UF)	SOJA	
Total Global	9.214.044	100,0%
PARANA Total	2.252.525	24,4%
MATO GROSSO Total	1.674.119	18,2%
RIO GRANDE DO SUL Total	1.309.427	14,2%
BAHIA Total	1.211.666	13,2%
SAO PAULO Total	705.728	7,7%
MINAS GERAIS Total	595.664	6,5%
SANTA CATARINA Total	451.551	4,9%
MARANHAO Total	369.426	4,0%
MATO GROSSO DO SUL Total	303.232	3,3%
GOIAS Total	287.610	3,1%
DISTRITO FEDERAL Total	18.198	0,2%
PERNAMBUCO Total	15.596	0,2%
CEARA Total	5.765	0,1%
PARAIBA Total	3.148	0,0%
RIO GRANDE DO NORTE Total	2.812	0,0%
ALAGOAS Total	2.552	0,0%
ESPIRITO SANTO Total	2.291	0,0%
SERGIPE Total	1.490	0,0%
TOCANTINS Total	841	0,0%
PIAUI Total	252	0,0%
RIO DE JANEIRO Total	151	0,0%

**Tabela 5-6: Volumes (t) de Soja por Destino e Respectivas Origens por UF**

UF Destino	UF Origem	Soma de VOLUME	%
ALAGOAS	BAHIA	2.552	100,0%
ALAGOAS Total		2.552	0,0%
BAHIA	BAHIA	1.209.474	99,8%
	PERNAMBUCO	28	0,0%
	SAO PAULO	2.163	0,2%
BAHIA Total		1.211.666	13,2%
CEARA	BAHIA	5.765	100,0%
CEARA Total		5.765	0,1%
DISTRITO FEDERAL	GOIAS	18.198	100,0%
DISTRITO FEDERAL Total		18.198	0,2%
ESPIRITO SANTO	GOIAS	2.061	90,0%
	MATO GROSSO	230	10,0%
ESPIRITO SANTO Total		2.291	0,0%
GOIAS	DISTRITO FEDERAL	2.549	0,9%
	GOIAS	229.299	79,7%
	MATO GROSSO	34.233	11,9%
	MINAS GERAIS	21.386	7,4%
	SANTA CATARINA	87	0,0%
	SAO PAULO	57	0,0%
GOIAS Total		287.610	3,1%
MARANHAO	CEARA	540	0,1%
	MARANHAO	278.413	75,4%
	MATO GROSSO	1.875	0,5%
	PARA	428	0,1%
	PARAIBA	910	0,2%
	PARANA	788	0,2%
	PERNAMBUCO	383	0,1%
	PIAUI	36.817	10,0%
	TOCANTINS	49.272	13,3%
MARANHAO Total		369.426	4,0%
MATO GROSSO	MATO GROSSO	1.619.211	96,7%
	SAO PAULO	54.908	3,3%
MATO GROSSO Total		1.674.119	18,2%
MATO GROSSO DO SUL	BAHIA	365	0,1%
	GOIAS	11.197	3,7%
	MATO GROSSO	28.353	9,4%
	MATO GROSSO DO SUL	263.317	86,8%
MATO GROSSO DO SUL Total		303.232	3,3%
MINAS GERAIS	BAHIA	2.222	0,4%
	GOIAS	114.426	19,2%
	MATO GROSSO	475.947	79,9%
	MINAS GERAIS	3.070	0,5%
MINAS GERAIS Total		595.664	6,5%
PARAIBA	BAHIA	3.148	100,0%
PARAIBA Total		3.148	0,0%

Tabela 5.6 Continuação

SOJA			
UF Destino	UF Origem	Soma de VOLUME	%
PARANA	BAHIA	29	0,0%
	GOIAS	14.221	0,6%
	MATO GROSSO	906.362	40,2%
	MATO GROSSO DO SUL	454.283	20,2%
	PARANA	778.619	34,6%
	RIO GRANDE DO SUL	4.402	0,2%
	SANTA CATARINA	67.186	3,0%
	SAO PAULO	27.424	1,2%
PARANA Total		<b>2.252.525</b>	<b>24,4%</b>
PERNAMBUCO	BAHIA	15.596	100,0%
PERNAMBUCO Total		<b>15.596</b>	<b>0,2%</b>
PIAUI	PIAUI	252	100,0%
PIAUI Total		<b>252</b>	<b>0,0%</b>
RIO DE JANEIRO	GOIAS	151	100,0%
RIO DE JANEIRO Total		<b>151</b>	<b>0,0%</b>
RIO GRANDE DO NORTE	BAHIA	2.812	100,0%
RIO GRANDE DO NORTE Total		<b>2.812</b>	<b>0,0%</b>
RIO GRANDE DO SUL	ALAGOAS	623	0,0%
	EX	169	0,0%
	GOIAS	85	0,0%
	MATO GROSSO	98	0,0%
	MATO GROSSO DO SUL	120	0,0%
	MINAS GERAIS	11.450	0,9%
	PARANA	2.099	0,2%
	RIO GRANDE DO SUL	1.292.124	98,7%
	SANTA CATARINA	2658,12	0,00203
RIO GRANDE DO SUL Total		<b>1309426,868</b>	<b>0,142112</b>
SANTA CATARINA	GOIAS	6.311	1,4%
	MATO GROSSO	180.201	39,9%
	MATO GROSSO DO SUL	53.061	11,8%
	PARANA	59.762	13,2%
	RIO GRANDE DO SUL	131.242	29,1%
	SANTA CATARINA	15.051	3,3%
	SAO PAULO	5.923	1,3%
SANTA CATARINA Total		<b>451.551</b>	<b>4,9%</b>
SAO PAULO	GOIAS	163.950	23,2%
	MATO GROSSO	221.384	31,4%
	MATO GROSSO DO SUL	172.190	24,4%
	MINAS GERAIS	21.842	3,1%
	PARANA	32.646	4,6%
	SAO PAULO	93.715	13,3%
SAO PAULO Total		<b>705.728</b>	<b>7,7%</b>
SERGIPE	BAHIA	1.490	100,0%
SERGIPE Total		<b>1.490</b>	<b>0,0%</b>
TOCANTINS	GOIAS	841	100,0%
TOCANTINS Total		<b>841</b>	<b>0,0%</b>

**Tabela 5-7: Volumes (t) de Fertilizantes por Destino por Estado da Federação (UF)**

DESTINO UF	FERTILIZANTES	
	1.852.842	100%
Total Global	1.852.842	100%
SAO PAULO	379.948	20,5%
RIO GRANDE DO SUL	281.078	15,2%
GOIAS	207.043	11,2%
MINAS GERAIS	199.632	10,8%
PARANA	176.015	9,5%
MATO GROSSO	165.705	8,9%
MATO GROSSO DO SUL	102.338	5,5%
SANTA CATARINA	98.317	5,3%
BAHIA	96.763	5,2%
PY	43.990	2,4%
MARANHAO	24.178	1,3%
PIAUI	17.360	0,9%
TOCANTINS	15.439	0,8%
ALAGOAS	14.645	0,8%
PARA	7.445	0,4%
EXPORTAÇÃO	5.601	0,3%
RONDONIA	3.865	0,2%
DISTRITO FEDERAL	2.768	0,1%
PERNAMBUCO	2.314	0,1%
SERGIPE	2.198	0,1%
PARAIBA	1.799	0,1%
RORAIMA	1.037	0,1%
ACRE	740	0,0%
ESPIRITO SANTO	617	0,0%
CEARA	609	0,0%
RIO GRANDE DO NORTE	532	0,0%
AMAZONAS	490	0,0%
RIO DE JANEIRO	377	0,0%

**Tabela 5-8: Volumes (t) de Fertilizantes por Origem por Estado da Federação (UF)**

ORIGEM UF	FERTILIZANTES	
	1.852.842	100%
Total Global	1.852.842	100%
SAO PAULO Total	642.768	34,7%
MINAS GERAIS Total	336.212	18,1%
RIO GRANDE DO SUL Total	306.528	16,5%
PARANA Total	304.816	16,5%
BAHIA Total	105.488	5,7%
GOIAS Total	62.840	3,4%
MARANHAO Total	51.825	2,8%
ALAGOAS Total	19.054	1,0%
SANTA CATARINA Total	13.550	0,7%
MATO GROSSO DO SUL Total	8.446	0,5%
ESPIRITO SANTO Total	921	0,0%
MATO GROSSO Total	394	0,0%

**Tabela 5-9: Volumes (t) de Fertilizantes por Destino e Respectivas Origens por UF**

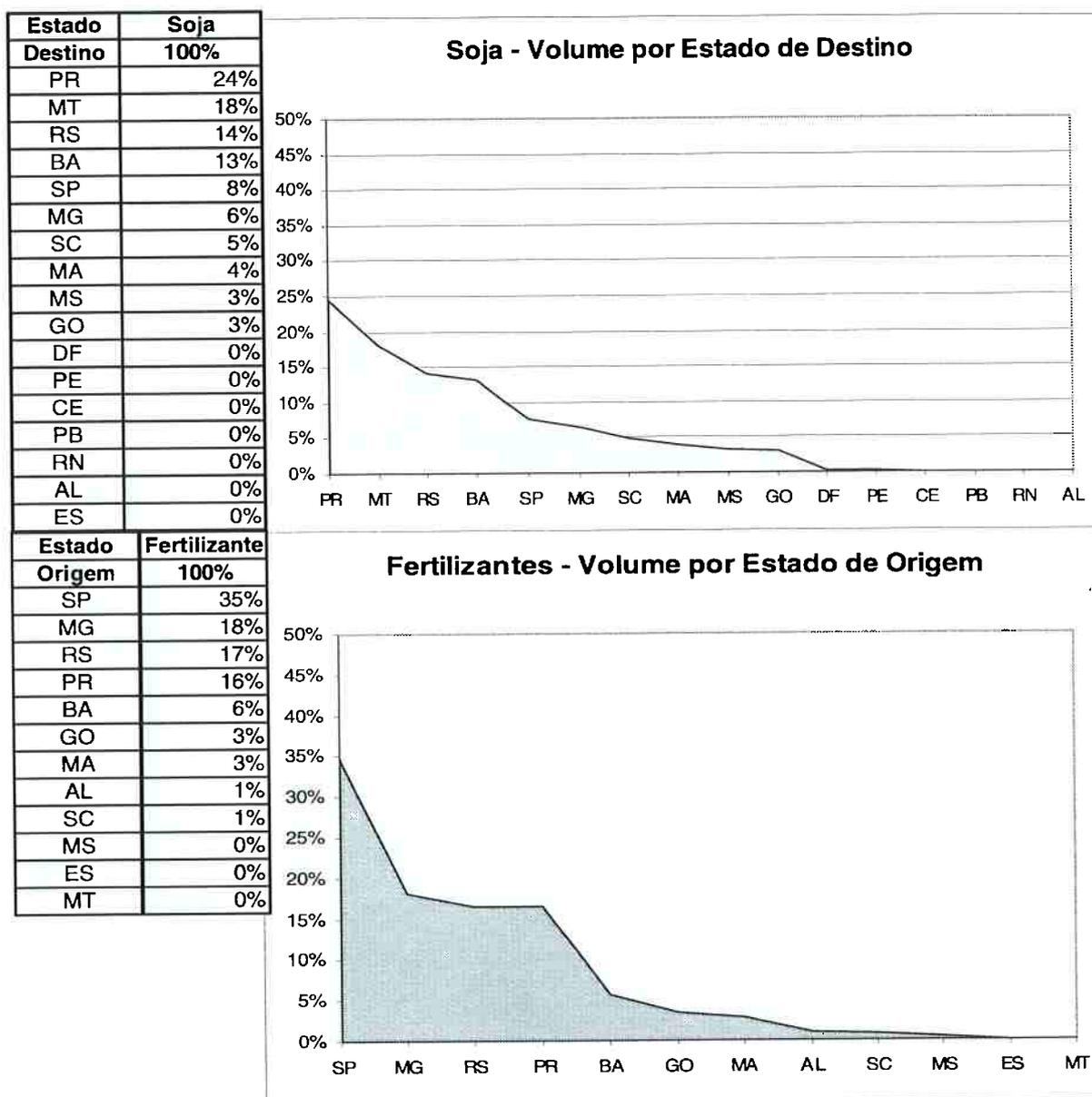
FERTILIZANTES				
UF Origem	UF Destino	VOLUME	%	
ALAGOAS	ALAGOAS	14.645	76,9%	
	AMAZONAS	27	0,1%	
	BAHIA	11	0,1%	
	CEARA	197	1,0%	
	PARAIBA	625	3,3%	
	PARANA	15	0,1%	
	PERNAMBUCO	32	0,2%	
	PIAUI	681	3,6%	
	RIO GRANDE DO NORTE	490	2,6%	
	SANTA CATARINA	240	1,3%	
	SERGIPE	2.091	11,0%	
<b>ALAGOAS Total</b>		<b>19054,29</b>	<b>0,01028</b>	
BAHIA	BAHIA	91.477	86,7%	
	GOIAS	5.494	5,2%	
	MATO GROSSO	27	0,0%	
	MINAS GERAIS	3.569	3,4%	
	PARA	742	0,7%	
	PERNAMBUCO	460	0,4%	
	SANTA CATARINA	30	0,0%	
	SÃO PAULO	2.103	2,0%	
	SERGIPE	107	0,1%	
		TOCANTINS	1.479	1,4%
<b>BAHIA Total</b>		<b>105.488</b>	<b>5,7%</b>	
ESPIRITO SANTO	DISTRITO FEDERAL	30	3,3%	
	ESPIRITO SANTO	321	34,8%	
	GOIAS	222	24,1%	
	MINAS GERAIS	213	23,1%	
	PARANA	60	6,5%	
		RIO DE JANEIRO	75	8,1%
<b>ESPIRITO SANTO Total</b>		<b>921</b>	<b>0,0%</b>	
GOIAS	GOIAS	62.253	99,1%	
	MATO GROSSO	318	0,5%	
	MATO GROSSO DO SUL	200	0,3%	
		SANTA CATARINA	70	0,1%
<b>GOIAS Total</b>		<b>62.840</b>	<b>3,4%</b>	
MARANHÃO	BAHIA	421	0,8%	
	GOIAS	210	0,4%	
	MARANHÃO	23.354	45,1%	
	MINAS GERAIS	130	0,3%	
	PARA	1.685	3,3%	
	PARAIBA	977	1,9%	
	PARANA	184	0,4%	
	PERNAMBUCO	285	0,5%	
	PIAUI	12.675	24,5%	
		RIO GRANDE DO SUL	1.005	1,9%
		SÃO PAULO	90	0,2%
	TOCANTINS	10.810	20,9%	
<b>MARANHÃO Total</b>		<b>51.825</b>	<b>2,8%</b>	
MATO GROSSO	MATO GROSSO	394	100,0%	
<b>MATO GROSSO Total</b>		<b>394</b>	<b>0,0%</b>	
MATO GROSSO DO SUL	GOIAS	96	1,1%	
	MATO GROSSO	1.189	14,1%	
	MATO GROSSO DO SUL	5.246	62,1%	
	RONDONIA	1.871	22,2%	
		SÃO PAULO	44	0,5%
<b>MATO GROSSO DO SUL Total</b>		<b>8.446</b>	<b>0,5%</b>	

Tabela 5.9 Volumes (t) de Fertilizantes por Destino e Respectivas Origens por UF - continuação

FERTILIZANTES			
UF Origem	UF Destino	VOLUME	%
MINAS GERAIS	BAHIA	711	0,2%
	DISTRITO FEDERAL	2.387	0,7%
	GOIAS	86.473	25,7%
	MARANHAO	35	0,0%
	MATO GROSSO	55.572	16,5%
	MATO GROSSO DO SUL	7.117	2,1%
	MINAS GERAIS	164.873	49,0%
	PARA	21	0,0%
	PARANA	3.069	0,9%
	PIAUI	22	0,0%
	RIO DE JANEIRO	15	0,0%
	RIO GRANDE DO NORTE	42	0,0%
	RIO GRANDE DO SUL	1.112	0,3%
	RONDONIA	549	0,2%
SANTA CATARINA	763	0,2%	
SAO PAULO	11.197	3,3%	
TOCANTINS	2.253	0,7%	
<b>MINAS GERAIS Total</b>		<b>336.212</b>	<b>18,1%</b>
PARANA	GOIAS	6.720	2,2%
	MATO GROSSO	77.345	25,4%
	MATO GROSSO DO SUL	51.646	16,9%
	MINAS GERAIS	567	0,2%
	PARANA	125.784	41,3%
	PIAUI	1.293	0,4%
	PY	26.461	8,7%
	RIO GRANDE DO SUL	13.384	4,4%
	SANTA CATARINA	1.331	0,4%
	SAO PAULO	288	0,1%
<b>PARANA Total</b>		<b>304.816</b>	<b>16,5%</b>
RIO GRANDE DO SUL	CEARA	86	0,0%
	EX	5.601	1,8%
	MATO GROSSO DO SUL	1.060	0,3%
	PARANA	4.029	1,3%
	PERNAMBUCO	1.185	0,4%
	PIAUI	2.540	0,8%
	PY	16.314	5,3%
	RIO GRANDE DO SUL	248.596	81,1%
	SANTA CATARINA	26.893	8,8%
	SAO PAULO	224	0,1%
<b>RIO GRANDE DO SUL Total</b>		<b>306.528</b>	<b>16,5%</b>
SANTA CATARINA	RIO GRANDE DO SUL	68	0,5%
	SANTA CATARINA	13.262	97,9%
	SAO PAULO	221	1,6%
<b>SANTA CATARINA Total</b>		<b>13.550</b>	<b>0,7%</b>
SAO PAULO	ACRE	740	0,1%
	AMAZONAS	463	0,1%
	BAHIA	4.143	0,6%
	CEARA	326	0,1%
	DISTRITO FEDERAL	351	0,1%
	ESPIRITO SANTO	295	0,0%
	GOIAS	45.575	7,1%
	MARANHAO	789	0,1%
	MATO GROSSO	30.860	4,8%
	MATO GROSSO DO SUL	37.068	5,8%
	MINAS GERAIS	30.281	4,7%
	PARA	4.997	0,8%
	PARAIBA	198	0,0%
	PARANA	42.874	6,7%
	PERNAMBUCO	352	0,1%
	PIAUI	149	0,0%
	PY	1.215	0,2%
	RIO DE JANEIRO	287	0,0%
	RIO GRANDE DO SUL	16.913	2,6%
	RONDONIA	1.446	0,2%
	RORAIMA	1.037	0,2%
	SANTA CATARINA	55.729	8,7%
	SAO PAULO	365.782	56,9%
TOCANTINS	897	0,1%	
<b>SAO PAULO Total</b>		<b>642.768</b>	<b>34,7%</b>

**5.3.3 - Análise dos Volumes em Rotas Cruzadas, para Estados de origem e Destino.**

Com o objetivo de detalhar a questão das rotas cruzadas, dá-se continuidade à exploração da base de dados, apresentando numa primeira análise os Estados de origens da Soja e destinos do fertilizante, e na seqüência destinos da soja ao lado das origens do fertilizante, utilizando para tanto um conjunto de tabelas e gráficos.



**Figura 5-2: Tabela com destinos da Soja e origens do fertilizante; e Gráficos com destinos da Soja e origens do fertilizante.**

Na primeira análise, onde compara-se os Estados de destino de Soja contra os Estados de origem do Fertilizante, encontram-se já diversos potenciais de sinergias a serem considerados. Os volumes em valores absolutos são diferentes e, como será mostrado adiante, o momento da movimentação também o é, mas o fato de identificarem-se os mesmos Estados relacionados como de grande volume tanto para origem da Soja, quanto para destino do fertilizante já é fator importante. Desses, destacam-se: Mato Grosso; Rio Grande do Sul; Goiás; Paraná; Bahia, Mato Grosso do Sul, e o próprio estado de São Paulo, pois nesse último o volume relativo baixo de Soja é significativo em números absolutos para a movimentação de Fertilizantes em transporte conjugado. Na tabela 5.10 e gráfico 5.3 esses resultados são apresentados.

Tabela 5-10: Destinos da Soja e Origens do fertilizante compilados

Estado	Soja Destino	Fertilizante origem
MT	37,64%	8,94%
RS	15,50%	15,17%
BA	13,50%	5,22%
MS	10,23%	5,52%
PR	9,48%	9,50%
GO	6,09%	11,17%
MA	3,02%	1,30%
SP	2,00%	20,51%
SC	0,92%	5,31%
MG	0,63%	10,77%
TO	0,53%	0,83%
PI	0,40%	0,94%
DF	0,03%	0,15%
PB	0,01%	0,10%
AL	0,01%	0,79%
CE	0,01%	0,03%
PA	0,00%	0,40%
PE	0,00%	0,12%

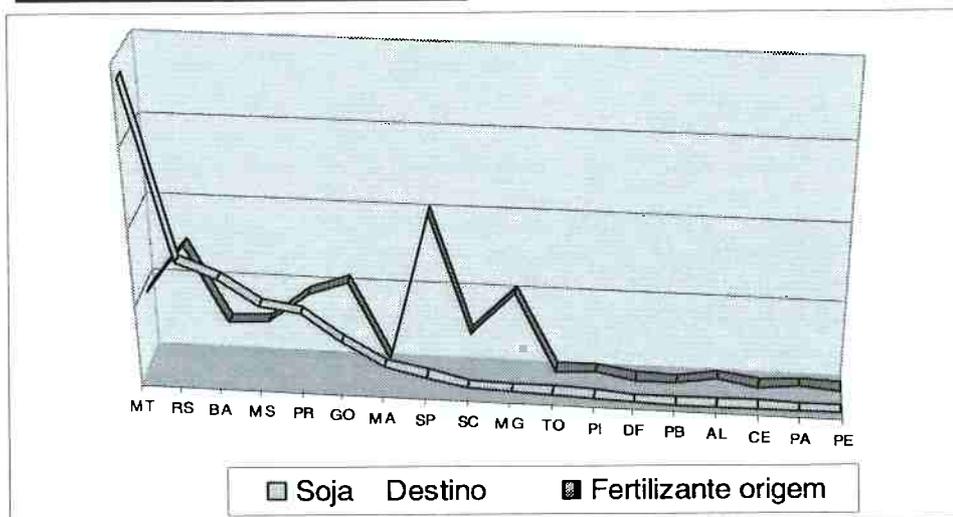


Figura 5-3: Destinos da Soja e Origens do fertilizante compilados

A seguir apresenta-se a mesma comparação desta feita para origens da Soja e destinos do fertilizante.

Tabela 5-11: Origens da Soja e destinos do fertilizante

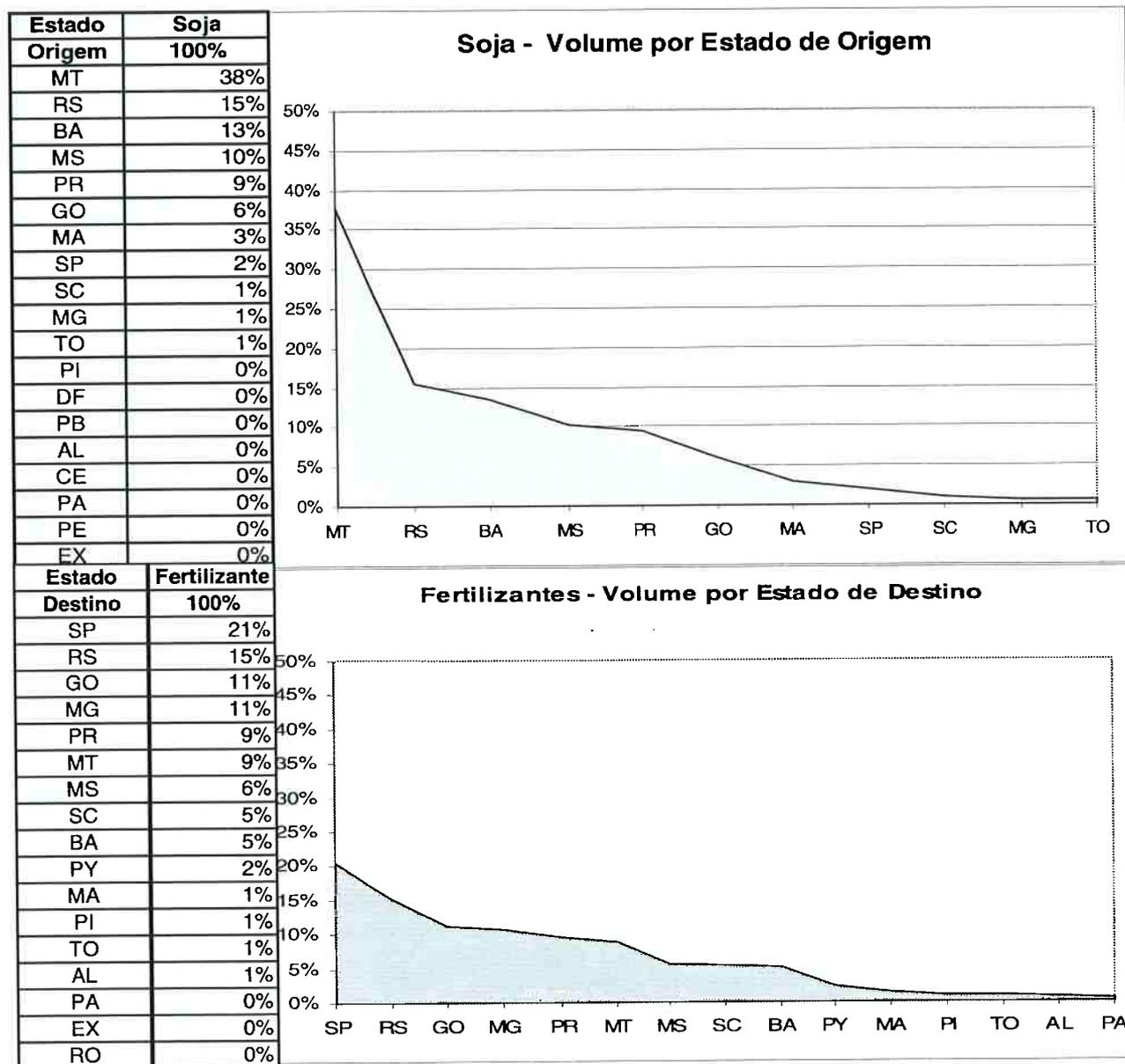


Figura 5-4: Origens da Soja e destinos do fertilizante

Nessa análise, onde comparamos os Estados de origem de Soja com os Estados de destino do Fertilizante, são identificadas ainda condições mais favoráveis à realização do transporte conjugado destes produtos.

O estado do Mato Grosso merece destaque especial nesse processo, já é o segundo estado brasileiro em soja e nos próximos anos vai se tornar o primeiro. O volume de soja originado nesse estado é extremamente representativo, como também é crescente o nível tecnológico utilizado para a cultura da soja; por outro lado, estudos agrônômicos mostram o solo do Mato Grosso pobre em nutrientes; assim, a condição de solo pobre aliada à tecnologia desenvolvida favorece o consumo de fertilizantes. O grande volume da cultura de soja no estado do Mato Grosso deve-se principalmente ao fato de ter esse estado o clima muito favorável a esta plantação (combinação ideal de calor e chuva).

Em 2002, o cenário no Brasil e nas próprias empresas participantes desta pesquisa, apresenta ainda maiores volumes tanto de soja originada, quanto fertilizantes consumidos no estado do Mato Grosso. A esmagadora de soja dobrou sua capacidade produtiva e a Empresa de fertilizantes já está operando uma nova fábrica no estado. Os estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás, Mato Grosso do Sul e Bahia também aparecem com destaque em volumes significativos de originação de soja e consumo de fertilizante.

Nota-se que os Estados relacionados nesta análise são basicamente os mesmos referenciados na análise anterior (soja como destino; fertilizante como origem); coloca-se porém esta última análise (soja como origem; fertilizante como destino) como mais favorável por apresentarem-se os volumes mais concentrados e haver melhor conectividade entre os silos de Soja e clientes finais de Fertilizantes.

Há uma regra de negócio bastante utilizada na atualidade que consiste em um sistema de “Troca”; nesse sistema, a Empresa que processa a soja fornece o fertilizante “a priori” no momento do plantio e o agricultor paga esse insumo com a própria soja no momento da colheita, desta forma sendo parceiras as Empresas de processamento de soja e produtora de fertilizantes (nesse caso real mais do que isso, são pertencentes ao mesmo grupo) torna-se a logística ainda mais passível de integração.

A conjugação de cargas soja/fertilizante quando o par analisado é a origem da soja e o destino do fertilizante é mais importante que o inverso, pois é nessa condição que as rotas são mais freqüentemente complementares.

Tabela 5-12: Origens da Soja e Destinos do fertilizante compilados

Estado	Soja origem	Fertilizante Destino
MT	37,6%	8,9%
RS	15,5%	15,2%
BA	13,5%	5,2%
MS	10,2%	5,5%
PR	9,5%	9,5%
GO	6,1%	11,2%
MA	3,0%	1,3%
SP	2,0%	20,5%
SC	0,9%	5,3%
MG	0,6%	10,8%
TO	0,5%	0,8%
PI	0,4%	0,9%
AL	0,0%	0,8%

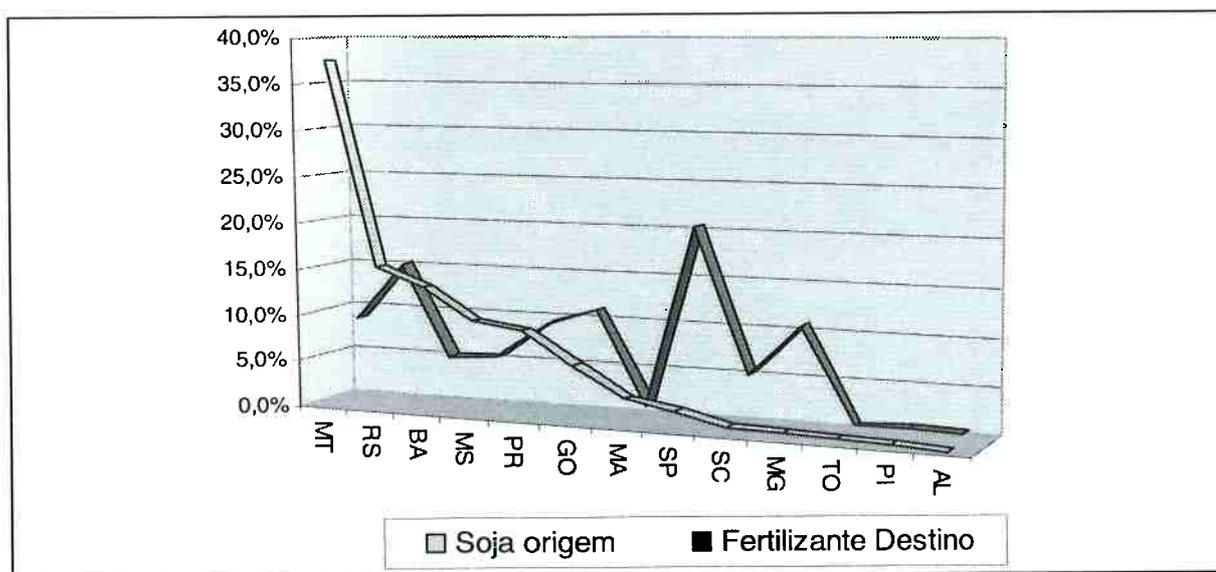


Figura 5-5: Origens da Soja e Destinos do fertilizante compilados

### 5.3.4 - Análise da sazonalidade das movimentações de soja e fertilizante

É bastante clara a questão temporal da movimentação de soja e fertilizante, não havendo políticas de armazenagem que tornem linear a movimentação; o transporte, via de regra, acontece na medida da necessidade de consumo do fertilizante ou no momento do consumo da soja pela fábrica esmagadora, ou no momento da exportação do grão.

A colheita da soja tem ocorrido em períodos defasados, na proporção em que a tecnologia cresce e as culturas desse grão avançam para mais regiões do Brasil; porém pode-se afirmar que o primeiro semestre concentra grande parte da colheita; Portanto, é nesse período que ocorre grande parte da sua movimentação, mormente com destinos aos portos de exportação.

Enquanto se colhe a soja não se aplica o fertilizante. A movimentação de fertilizante no primeiro semestre acontece normalmente para outras culturas e em quantidades menores já que a soja é a cultura predominante para o negócio fertilizante. No segundo semestre, quando se concentra o plantio da soja, há conseqüente movimentação do fertilizante para essa cultura.

O foco desse trabalho é a conjugação de cargas soja/fertilizante, portanto estabeleceu-se o impasse: sazonalidade contrária.

O fertilizante que se pretende incluir na conjugação das rotas não necessariamente precisa ser aplicado na cultura de soja, assim as cargas de soja do primeiro semestre podem ser utilizadas; porém torna-se difícil a conjugação já que se ameniza o problema da sazonalidade contrária e incrementa-se o problema das rotas. As áreas que se especializam em produzir soja formam anéis de grande extensão territorial; isto implica em que as áreas que estão consumindo fertilizante no primeiro semestre não deverão estar a distâncias razoáveis para a integração da logística

### ***ANÁLISE TEMPORAL DA MOVIMENTAÇÃO DO FERTILIZANTE***

Os dados compilados mostram que 85% do volume de fertilizante movimentado ocorrem no segundo semestre; pode-se afirmar que essa concentração tende a se amenizar, fato que já ocorre no ano de 2002.

Outro fator preponderante para tamanha desproporção entre o primeiro e o segundo semestre é que a base de dados traz o transporte realizado na modalidade CIF e não traduz o total da movimentação da empresa participante da pesquisa.

Fato predominante para amenizar essa concentração é a antecipação da compra do fertilizante que vem ocorrendo de forma sistêmica, graças aos ótimos resultados financeiros obtidos com a comercialização da soja e seu derivado farelo. Esse evento permite ao agricultor maior capitalização e melhores condições de negociação dos insumos; outro fator importante é o sistema de “Troca”, já mencionado, aproximando

um pouco mais a movimentação, permitindo a entrega do fertilizante antes que o agricultor entregue toda a sua safra ao processador/exportador.

Valores mais adequados e que trazem a movimentação CIF e FOB na atualidade deverão mostrar a proporção de 60% para o segundo semestre e 40% para o primeiro. Essa nova proporção, mais realista, não desloca no entanto os meses de picos do transporte de fertilizante, sendo os meses de agosto, setembro e outubro concentradores da movimentação.

A figura 5.6 traz o gráfico com a distribuição dos volumes transportados de fertilizantes ao longo dos meses no período que abrange a base dos dados da pesquisa

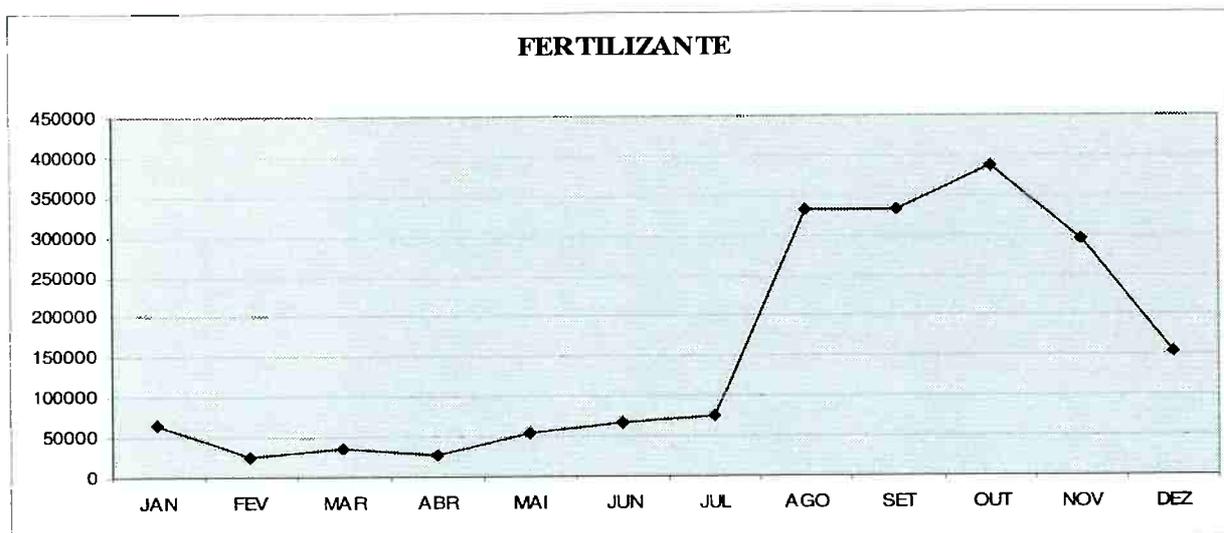


Figura 5-6: Gráfico com a distribuição temporal da movimentação de fertilizante, em toneladas.

### ***ANALISE TEMPORAL DA MOVIMENTAÇÃO DA SOJA***

A soja deverá ser movimentada durante todo o ano porque as fábricas esmagadoras funcionam em todo este período. Farelo para consumo animal, produtos derivados da soja para consumo humano, como óleo e produtos alimentícios à base de proteína de soja, devem chegar ao consumidor sem interrupção; desta forma é preciso abastecer as fábricas durante todo o ano com sua principal matéria prima.

Sendo a colheita concentrada no primeiro semestre, é preciso montar um estoque regulador nas próprias fábricas e principalmente nos silos de armazenagem nas

regiões agrícolas; essa é a explicação de encontrar-se movimentação significativa do produto no segundo semestre; mostrar-se-á adiante que a movimentação de soja no segundo semestre é compatível com a do fertilizante no mesmo semestre.

Fato preponderante é a exportação da soja ocorrer no mesmo semestre de sua colheita, o primeiro, então a movimentação da soja nesse período é maior que no segundo; não se trata porém de semestre calendário; os meses de maior concentração são de março a agosto, acontecendo aí 73% da movimentação.

A figura 5.7 traz o gráfico com a distribuição dos volumes transportados de soja ao longo dos meses no período que abrange a base dos dados da pesquisa.

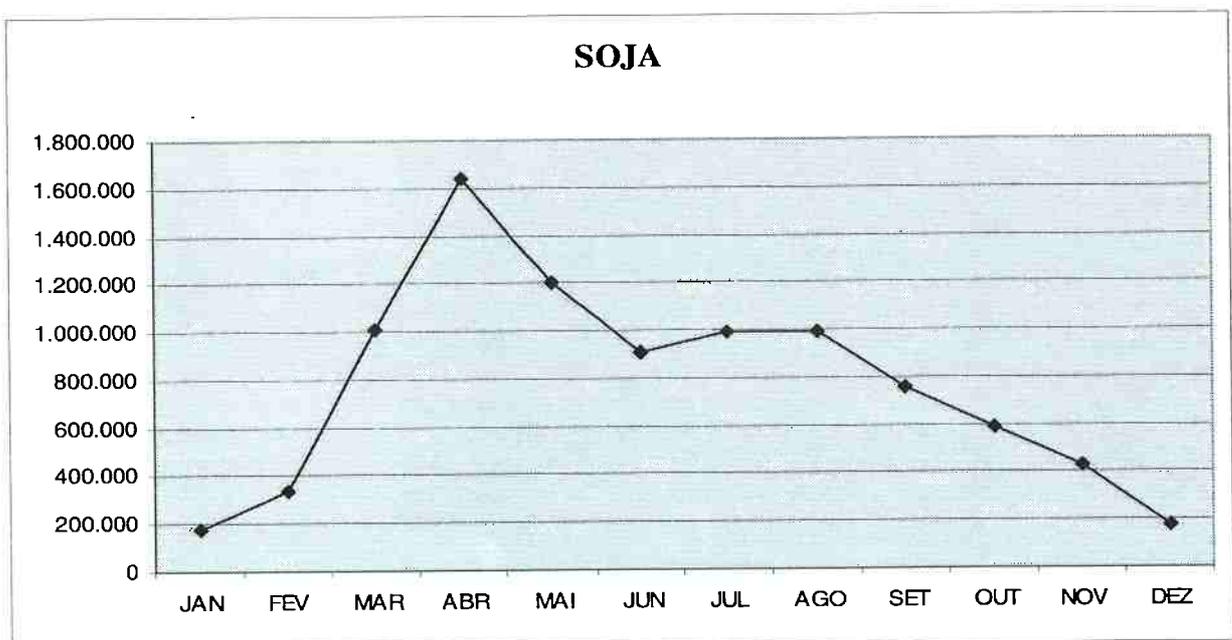


Figura 5-7: Gráfico com a distribuição temporal da movimentação de soja, em toneladas.

### 5.3.5 - Consolidação das sazonalidades

Analisando a distribuição temporal dos volumes de soja e fertilizante constatam-se de fato as sazonalidades contrárias; porém, como já visto, fatores, como a mudança do perfil de comercialização do fertilizante, a movimentação da soja para as fábricas durante todo o ano e expansão territorial do seu plantio deslocando períodos de colheita não inviabilizam a integração da logística, mas reforçam a necessidade de trabalhar as janelas de tempo, fazendo a conjugação de cargas dinâmicas no tempo.

Mesmo na base de dados utilizada na pesquisa, um tanto defasada com a tendência futura, nota-se que nos meses de início de safra de fertilizantes ainda há significativo transporte de soja, como é o caso dos meses de julho e agosto, e ainda o residual dessa movimentação em setembro e outubro. As Figuras 5.8 e 5.9 trazem os gráficos as sobreposições da distribuição dos volumes transportados de soja e fertilizantes, respectivamente ao longo dos meses, no período que abrange a base dos dados da pesquisa, o primeiro em números absolutos (t) e o segundo em proporção (%). No primeiro é apontado o mês e respectivo volume onde ocorreu o pico da movimentação.

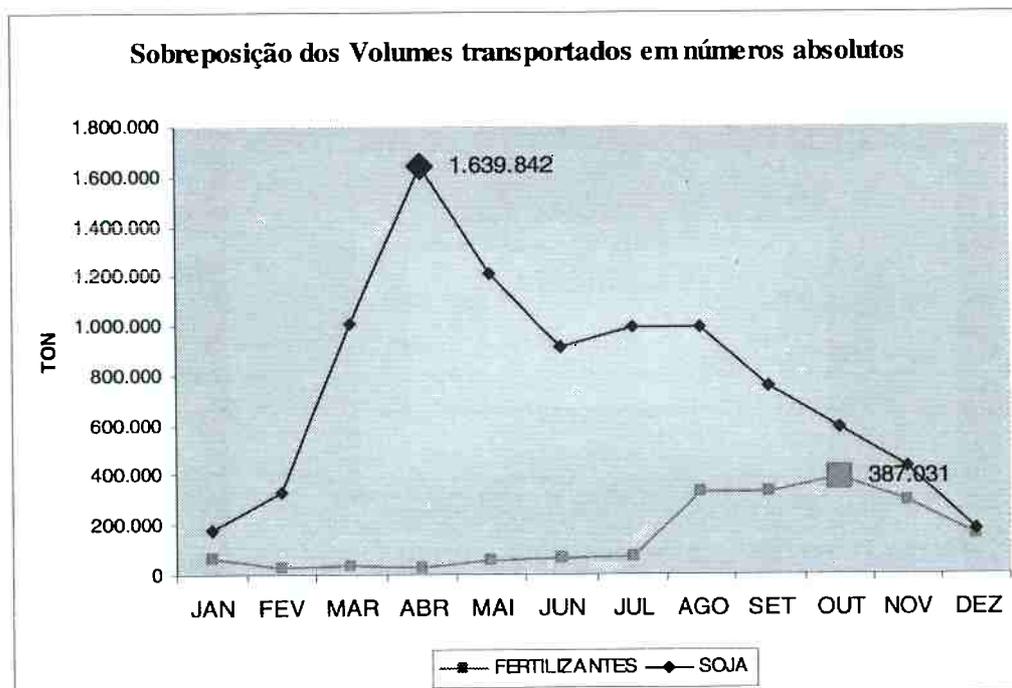


Figura 5-8: Gráfico com a sobreposição da distribuição dos volumes transportados de soja em números absolutos (t).

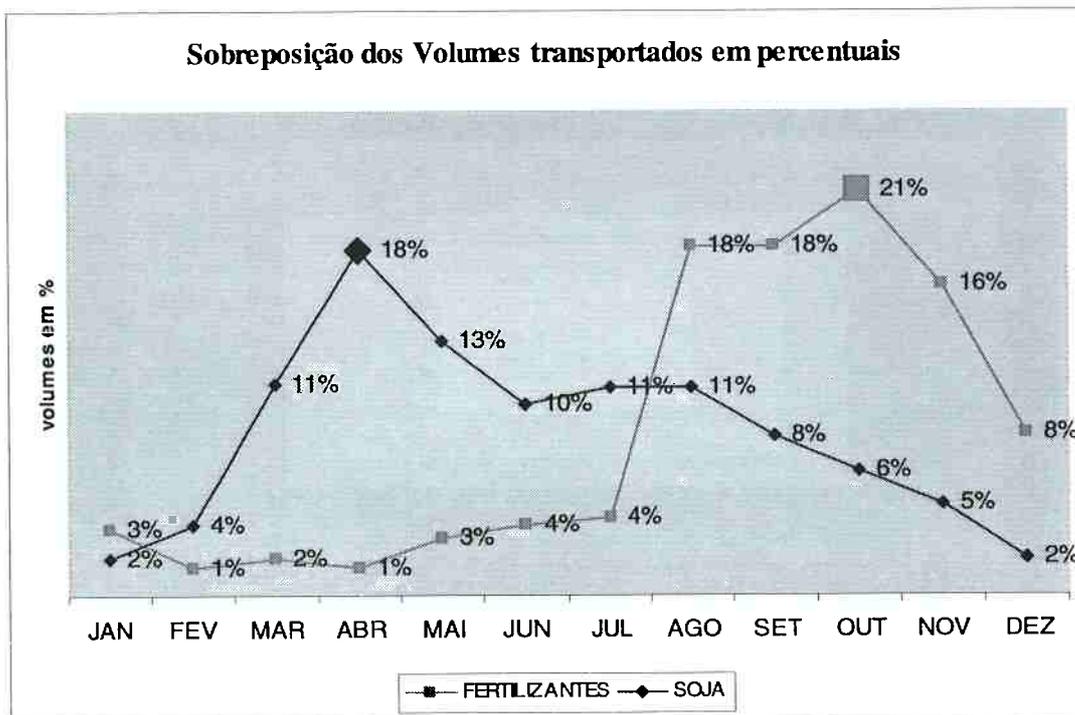


Figura 5-9: Gráfico com a sobreposição da distribuição dos volumes transportados de soja em proporção percentual.

Para ter a devida relevância, a análise temporal deve contemplar a observação concomitante do período e rotas cruzadas, ou seja, de nada servem volumes embarcados em momentos idênticos em regiões diferentes, sendo pertinente a consideração contrária. Como regra, é possível afirmar que não há discrepâncias na base de dados senão todas as premissas anteriores estariam invalidadas, isto é, para cada região as áreas que consomem fertilizante são as mesmas que produzem soja, havendo coerência nos momentos de embarque dos produtos.

Para ilustrar esta consideração e comprovar que esta análise está sendo aqui realizada, coloca-se abaixo a figura 5.10 com o gráfico que agrupa os embarques de soja na região Sul, mais especificamente Rio Grande, Porto Alegre e Esteio no estado do Rio Grande do Sul, distribuídos ao longo dos meses.

Pode-se observar que existe potencial para conjugação de carga em todos os meses do ano com maior possibilidade para o período de maio a novembro.

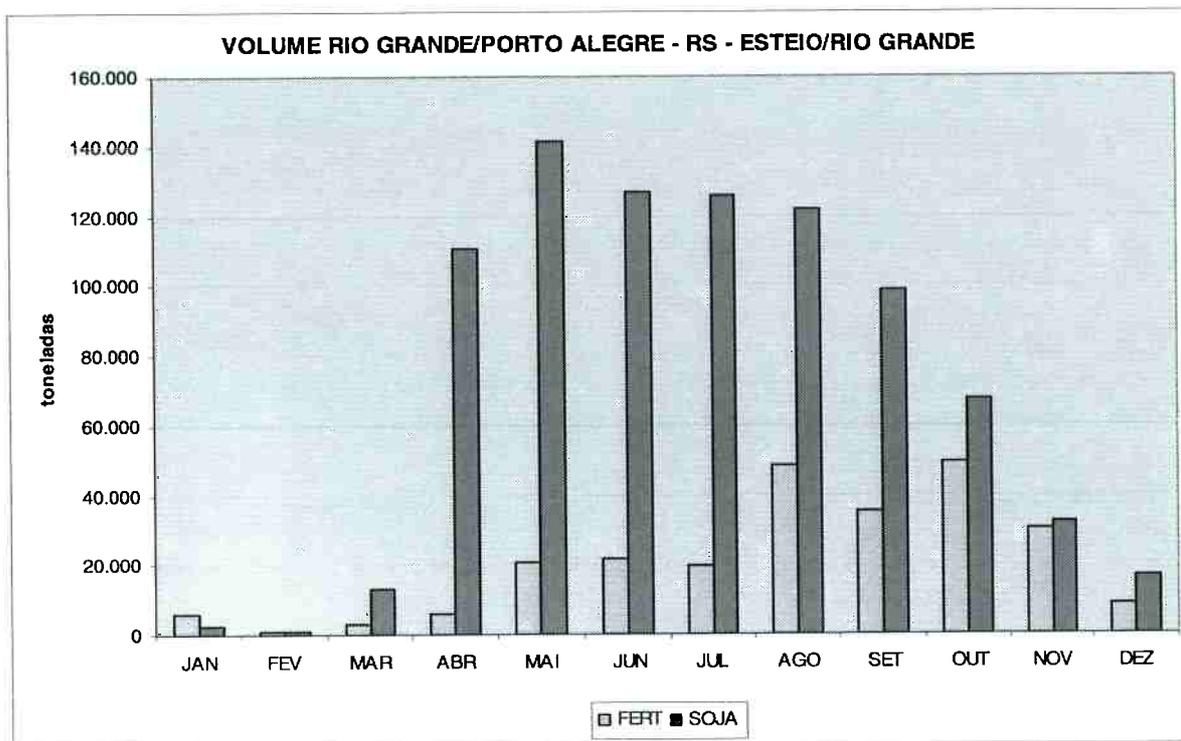


Figura 5-10: Gráfico com a distribuição dos volumes nos meses para localidades no RS

Tendo sido concluída a exploração dos dados quanto a distribuição geográfica e temporal, a próxima etapa da análise vai trazer a elaboração de uma heurística com as mesmas premissas que vão nortear o modelo matemático proposto como objetivo maior desta tese.

#### 5.4 - Conjugação de Preliminar de Cargas através de heurística aplicada a pólos geográficos potenciais.

O objetivo desta etapa do trabalho é apresentar as premissas básicas iniciais que serão utilizadas para a elaboração do modelo matemático e, principalmente, exercitar a conjugação de rotas já buscando ganhos financeiros que mais uma vez venham a motivar e justificar a iniciativa desta pesquisa.

A heurística elaborada nesta etapa é simples e, certamente, não poderia ser utilizada na abrangência total da base de dados do caso real por utilizar meios incompatíveis

com a magnitude dos problemas. Os modelos matemáticos apresentados no capítulo 6 vão tratar não só da conjugação de rotas permeando as janelas de tempo, como a que se propõe esta heurística, mas atuar nos níveis hierárquicos de decisão com a abrangência devida.

#### 5.4.1 - Pólos Geográficos Potenciais.

Uma análise preliminar da base de dados aponta para alguns pólos geográficos onde a potencialidade de conjugação de rotas é percebida com facilidade; dentre eles, para aplicação da heurística, foram escolhidos os seguintes:

1. Mesorregiões do MT para Alto Taquari (soja) e Cubatão para mesorregiões do MT (fertilizantes)
2. Mesorregiões do MT para Maringá e Ponta Grossa (soja) e Cambé/Ponta Grossa para mesorregiões do MT (fertilizantes)
3. Mesorregiões do MT para Araguari (soja) e Guará/Araxá/Uberaba para mesorregiões do MT (fertilizantes)
4. Mesorregiões do RS para Esteio/Porto Alegre/Rio Grande (soja) e Porto Alegre/Rio Grande para mesorregiões do RS (fertilizantes)

**O pólo número 1** - Alto Taquari, concentra as cargas de soja que são embarcadas por ferrovia ao porto de Santos, sendo assim, recebe um grande número de veículos que trazem grãos do Estado do Mato Grosso e farelo de soja da esmagadora em Rondonópolis, no mesmo estado. Quanto ao fertilizante, o terminal rododiferroviário do Alto Taquari recebe esse produto também por via férrea da fábrica de Cubatão e matéria prima importada pelo porto de Santos com destino à fábrica de Rondonópolis.

De forma direta:

- fertilizante pronto tem um potencial grande para conjugação no transporte rodoviário, utilizando-se os caminhões que trazem a soja de agricultores ou de silos próximos a eles no Estado de Mato Grosso.
- A matéria prima de Santos pode compor rota com o farelo que vem da esmagadora localizada na mesma cidade de destino – Rondonópolis.

**O pólo número 2 – Maringá,** concentra as cargas de soja que são embarcadas por ferrovia ao porto de Paranaguá; sendo assim, recebe um grande número de veículos que trazem grãos do Estado do Mato Grosso do Sul e em quantidade menor do Mato Grosso. Quanto ao fertilizante, o terminal rodoferroviário de Maringá recebe esse produto também por via férrea da fábrica de Ponta Grossa e via rodoviária da Fábrica de Cambé, e matéria prima importada pelo porto de Paranaguá com destino à fábrica de Rondonópolis.

De forma direta:

- Fertilizante pronto tem um potencial grande para conjugação no transporte rodoviário, utilizando-se os caminhões que trazem a soja de agricultores ou de silos próximos a eles, no Estado de Mato Grosso do Sul;
- A matéria prima de Paranaguá pode compor rota com soja de agricultores ou de silos próximos a eles no Estado de Mato Grosso, com destino à fábrica de fertilizante de Rondonópolis.

**O pólo número 3 - Araguari,** concentra as cargas de soja que são embarcadas por ferrovia ao porto de Vitória; sendo assim, recebe um grande número de veículos que trazem grãos do Estado do Mato Grosso, e farelo de soja da esmagadora em Rondonópolis, no mesmo estado. Quanto ao fertilizante, o terminal rodoferroviário do Araguari, recebe esse produto também por via rodoviária das fábricas de Uberaba, Guará e Araxá.

De forma direta:

- Fertilizante pronto tem um potencial grande para conjugação no transporte rodoviário, utilizando-se os caminhões que trazem a soja de agricultores ou de silos próximos a eles no Estado de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

**O pólo número 4 – Rio Grande do Sul,** através de algumas regiões que concentram as cargas de soja que são embarcadas por ferrovia e rodovia ao porto de Rio Grande e para a esmagadora, na mesma cidade. Quanto ao fertilizante, as cidades expedidoras de soja recebem esse produto também por via ferroviária e rodoviária das fábricas de Porto Alegre e Rio Grande.

De forma direta:

- Fertilizante pronto tem um potencial grande para conjugação no transporte rodoviário, utilizando-se os caminhões que trazem a soja de agricultores ou de silos próximos a eles no Estado do Rio Grande do Sul.

A Figura 5.11 traz um mapa representando os pólos descritos e outras rotas com potencial sinérgico importantes. Este mapa é originado na figura 5.1 onde estão plotadas as unidades de Soja e Fertilizantes, mas desta feita com apontamentos dos potenciais de sinergia.

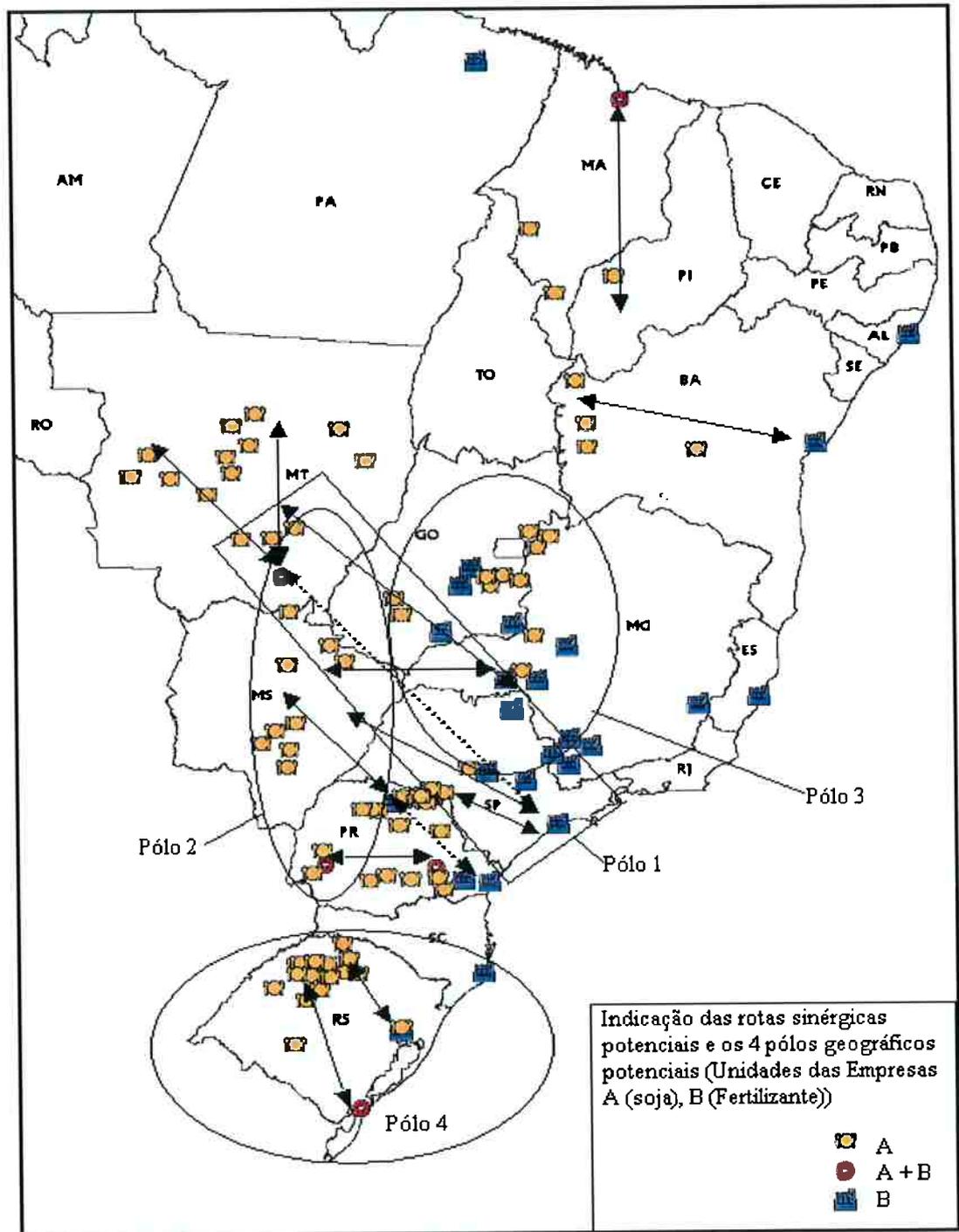


Figura 5-11: Mapa com as Unidades de A e B com potenciais (rotas e pólos) de sinergia

#### 5.4.2 - Tratamento das janelas de tempo de embarque da soja e fertilizante para a elaboração da heurística.

Visando a proceder à análise da questão das janelas de tempo em que ocorrem as movimentações, para cada um dos quatro pólos foram plotados os volumes, semana a semana, nas rotas escolhidas para ambos os produtos; num primeiro passo é preciso conhecer os volumes de soja e fertilizante que são embarcados no mesmo momento nas rotas cruzadas.

O conjunto de figuras ilustra por meio de gráficos o procedimento para o pólo número 1, Mesorregiões do MT para Alto Taquari (soja) e Cubatão para mesorregiões do MT (fertilizantes).

O gráfico da figura 5.12 traz a ilustração da distribuição dos volumes nos meses para todo o pólo, de forma consolidada, servindo para uma macroanálise do potencial de conjugação.

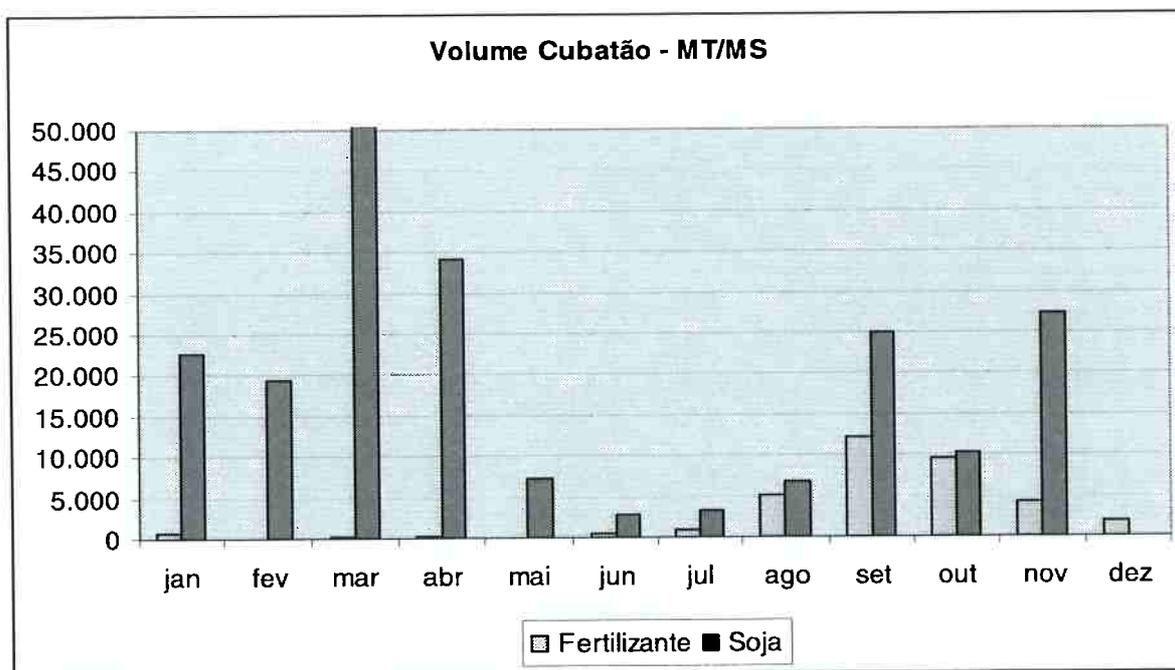


Figura 5-12: Gráfico com a distribuição dos volumes nos meses para o pólo número 1

Para que houvesse uma maior coerência com a logística praticada e compatibilidade dos volumes na escala gráfica, o gráfico da figura 5.13 traz os volumes (t) de fertilizantes embarcados em Cubatão para os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, e os volumes (t) de soja embarcados para o Estado de São Paulo.

A figura 5.13 presta-se a uma macro-análise dos potenciais, mas não pode servir para qualquer conclusão ou como ferramenta para a elaboração da heurística de conjugação das cargas de soja e fertilizante no pólo escolhido; para tanto é necessário a observação dos volumes embarcados semana a semana nas rotas cruzadas que são geradas no pólo estudado.

A continuação da seqüência de gráficos mostra a distribuição dos volumes por semana e nas rotas mais importantes no pólo. A análise então se define mais claramente, passa-se a observar volumes, rotas e janelas de tempo simultaneamente.

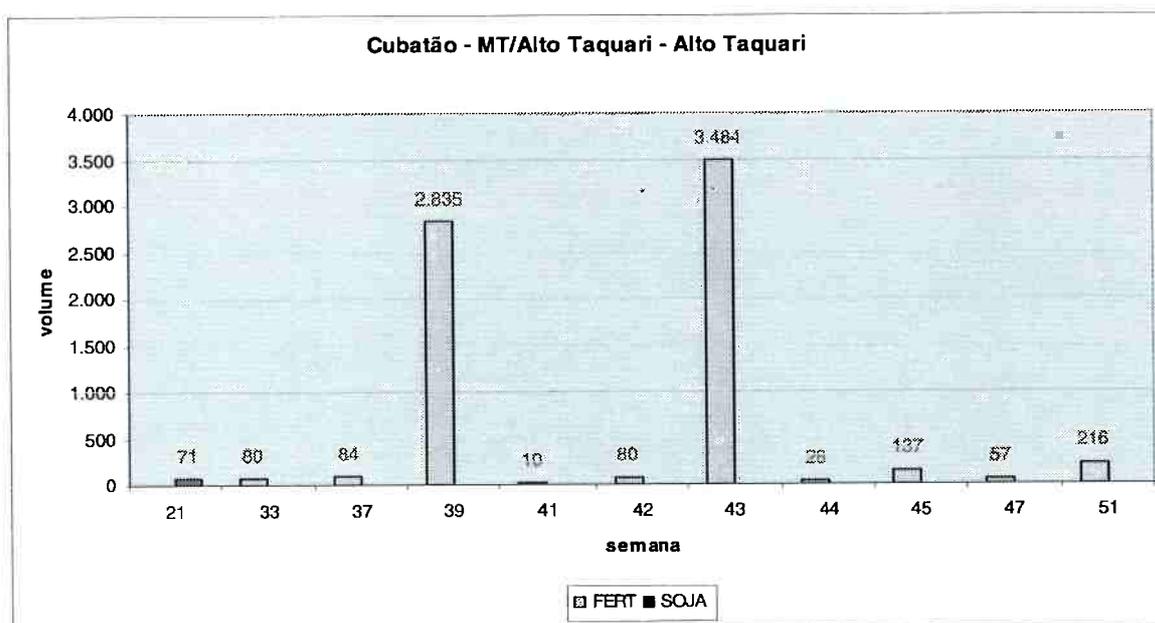
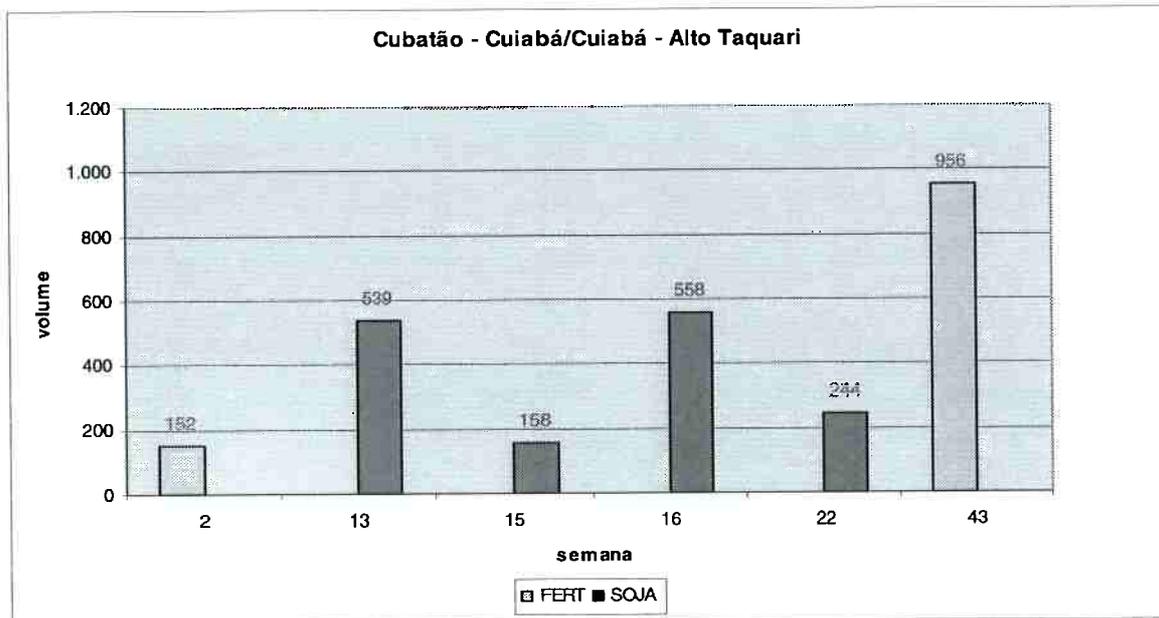
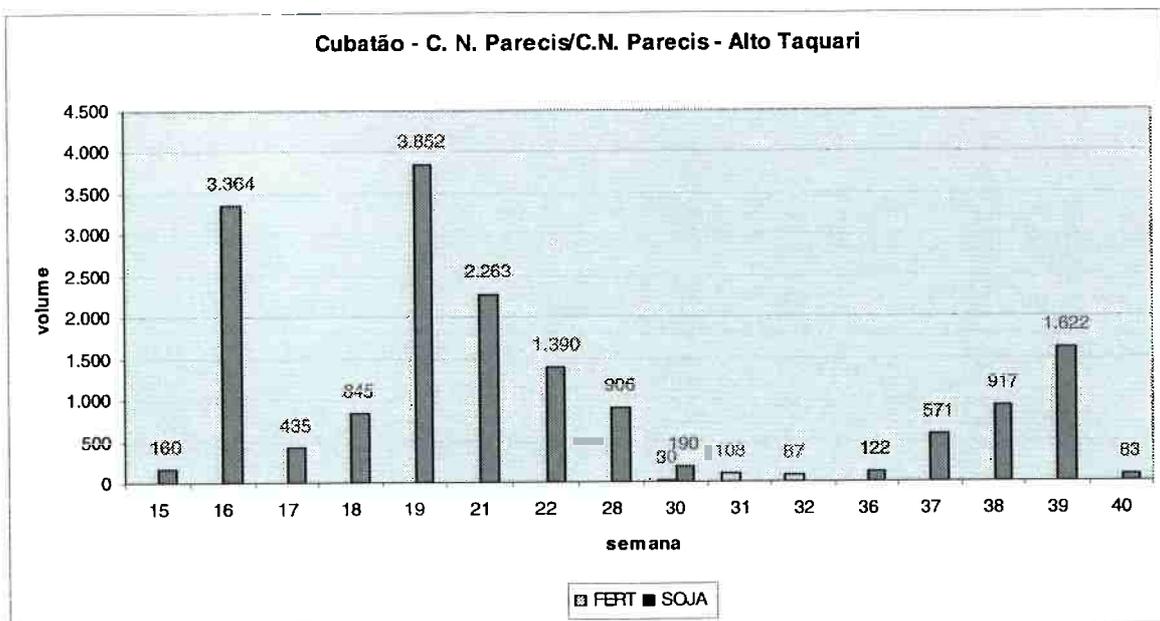


Figura 5-13: Gráfico com a distribuição dos volumes por semana e na rota Cubatão SP/Alto Taquari MT



**Figura 5-14: Gráfico com a distribuição dos volumes por semana e na rota Cubatão SP/Cuibá MT**



**Figura 5-15: Gráfico com a distribuição dos volumes por semana e na rota Cubatão SP/Parecis MT**

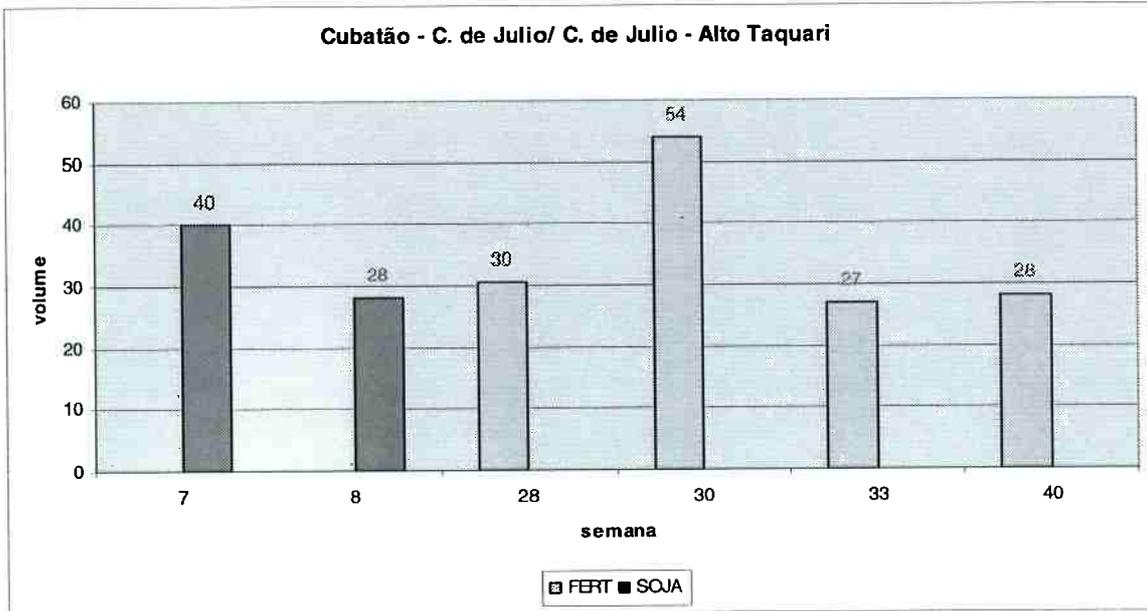


Figura 5-16: Gráfico com a distribuição dos volumes por semana e na rota Cubatão SP/C. Júlio e Alto Taquari MT

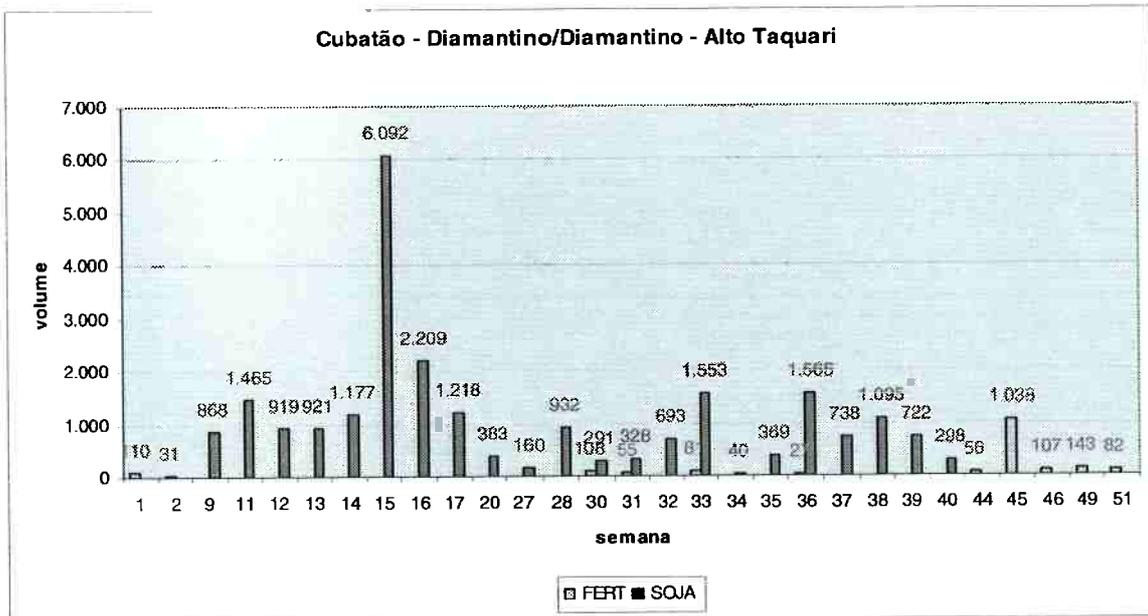


Figura 5-17: Gráfico com a distribuição dos volumes por semana e na rota Cubatão SP/Diamantino e Alto Taquari MT

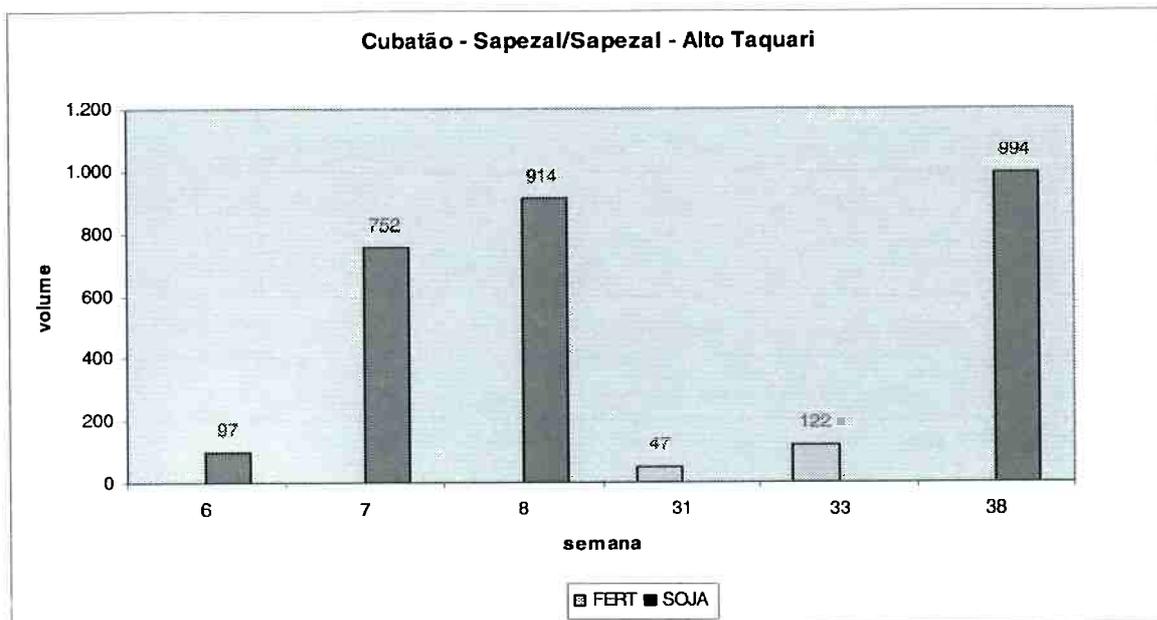


Figura 5-18: Gráfico com a distribuição dos volumes por semana e na rota Cubatão SP/Sapezal e Alto Taquari MT

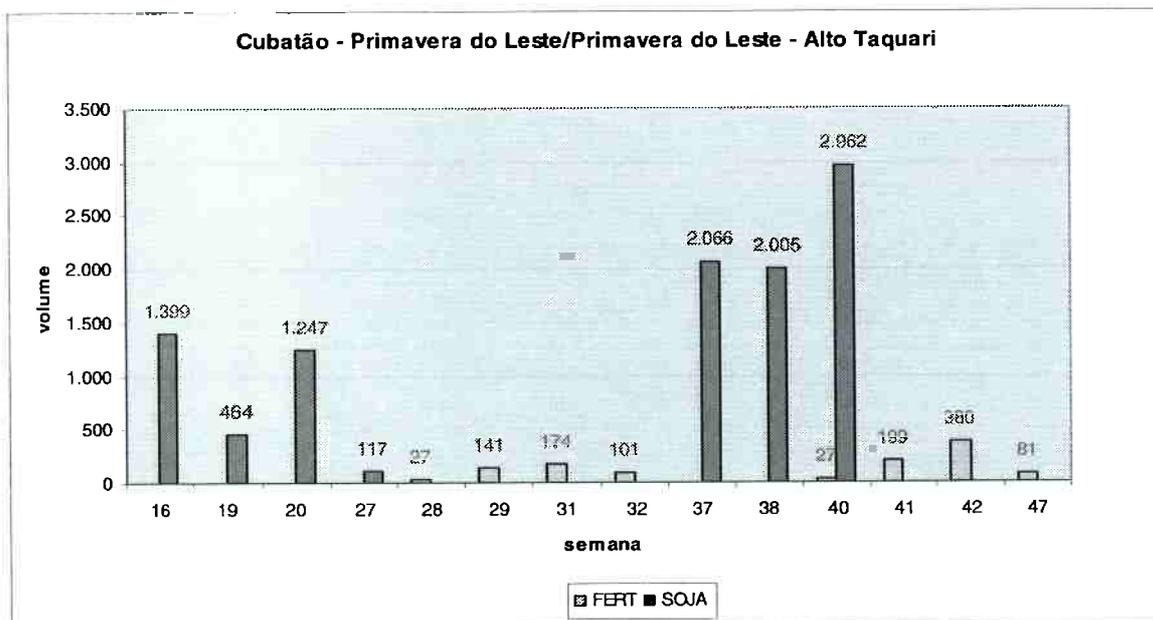
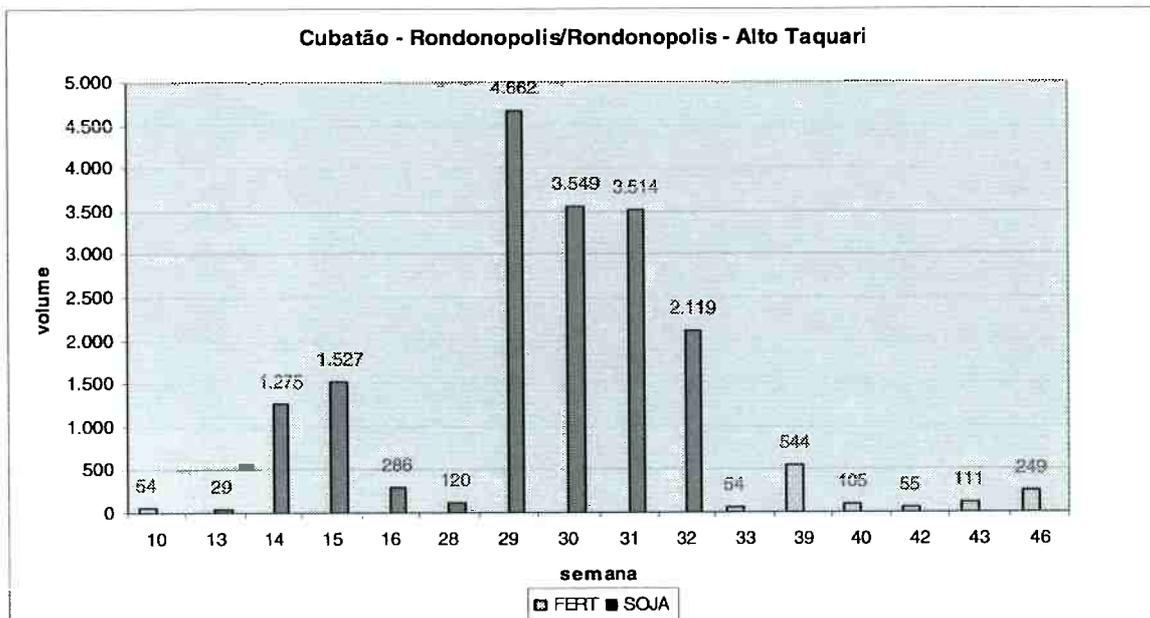


Figura 5-19: Gráfico com a distribuição dos volumes por semana e na rota Cubatão SP/Primavera do Leste e Alto Taquari MT



**Figura 5-20: Gráfico com a distribuição dos volumes por semana e na rota Cubatão SP/Primavera do Leste e Alto Taquari MT**

#### 5.4.3 - Descrição da Heurística utilizada na conjugação preliminar de cargas.

A heurística foi desenvolvida buscando conjugar as cargas realizadas em rotas cruzadas, utilizando-se os quatro pólos geográficos criados. Especificamente, foram utilizadas cidades para as origens, e mesorregiões para os destinos do fertilizante, e o inverso para a soja, ou seja cidades para o destino, e mesorregiões para as origens do grão.

As principais rotas de cada um dos pólos foram contempladas e divididas, semana a semana, no mesmo princípio utilizado para o conjunto de gráficos 5.10. Para a elaboração da heurística consideram-se as seguintes premissas:

1. Serão conjugadas apenas rotas cruzadas exatas, ou seja em que o destino de um dos produtos (soja ou fertilizante) seja exatamente a origem do outro produto (soja ou fertilizante). Para esta heurística, as regiões para a formação das rotas são as já citadas:
  - Cidades como origem do Fertilizante e Destinos da Soja.
  - Meso ou Microrregiões como origem da Soja e Destinos do Fertilizantes.
2. Para as janelas de tempo, serão passíveis de conjugação as cargas embarcadas nas seguintes situações:

- Embarques ocorridos exatamente na mesma semana para ambos os produtos.
  - Embarques realizados em até uma semana antes da semana de referência.
  - Embarques realizados em até uma semana depois da semana de referência.
3. Para cada rota conjugada realizada, o frete total original oriundo da soma dos fretes individuais (frete de fertilizante + frete de soja) será descontado 12% (doze por cento).
  4. Os gastos totais com frete serão soma dos fretes individuais sem conjugação de carga, adicionada à soma dos fretes conjugados;
  5. A apuração do resultado obtido com a heurística será a diferença da conta frete original, pela nova conta frete obtida com a conjugação de cargas.

O desconto de 12% determinado para a premissa 3, refere-se ao ganho da conjugação de rotas. O percentual abatido é diferente do utilizado na aplicação no capítulo 7, lá adotou-se a metade. Justifica-se: como a heurística não tem a finalidade de trazer resultados numéricos importantes, mas sim exercitar as premissas e construir o suporte teórico para o modelo matemático definitivo, utilizou-se aqui uma redução maior para facilitar a visualização dos resultados e assim permitir uma análise mais adequada. A questão de custos de fretes referentes aos ganhos com o transporte colaborativo será tratada com ênfase à frente.

#### **5.4.4 - Desenvolvimento da Heurística passo a passo.**

A heurística foi desenvolvida utilizando-se os *softwares* “Microsoft Access 2000” e “Microsoft Excel 2000”, e implementada em computador pessoal do tipo “Pentium 4, 256 MB de RAM, 1.4 GHZ”.

Com o intuito de ilustrar os passos da heurística, ao longo da descrição serão transcritas figuras e tabelas representando cada uma das etapas para o procedimento realizado no pólo número 2 (mesorregiões do MT para Maringá e Ponta Grossa (soja) e Cambé/Ponta Grossa para mesorregiões do MT (fertilizantes)).

- 1- A partir do banco de dados formado no “Microsoft Access 2000”, foram de lá retiradas consultas, gerando as tabelas correspondentes no “Microsoft no Excel 2000”, para cada um dos quatro pólos já definidos anteriormente.

2- Das tabelas plotadas no Excel, geraram-se planilhas para cada um dos Pólos, e para estas planilhas utilizou-se o recurso denominado “tabela dinâmica”. As tabelas dinâmicas receberam as variáveis: volume e frete pago, em colunas; e as rotas nas linhas, conforme a figura 5.21, que ilustra a entrada dos dados.

ROTA		Dados	33	34	35	36	37	38	39	40
NORDESTE		VOLUME	300	294	116					
MARINGA/PONTA GROSSA	SOJA	TOTAL PAGO	18.003,60	17.482,02	6.282,36					
CAMBE/PONTA GROSSA		VOLUME	40	129	146	234	152		96	196
NORDESTE	FERT	TOTAL PAGO	1.120,00	3.598,00	4.204,00	8.664,00	5.849,00		4.416,00	10.113,84
Total VOLUME			340	423	262	234	152		96	196
Total TOTAL PAGO			19.123,60	21.080,02	10.486,36	8.664,00	5.849,00		4.416,00	10.113,84

Figura 5-21: Entrada dos dados na planilha

3- No próximo passo, a tabela dinâmica retorna com os cálculos das conjugações de rota na semana exata da referência, conforme mostra a figura 5.22.

			33	34	35
		DIF VOLUME	260	166	-30
		DIF TOT PAGO	16.883,60	13.884,02	2.078,36
SINERGIA MESMA SEMANA		VOLUME	40	129	116
		TOTAL PAGO	1.120,00	3.598,00	6.282,36
VOLUMES RESTANTES		VOLUME	260	166	-
		TOTAL PAGO	16.883,60	13.884,02	-
		VOLUME	-	-	30
		TOTAL PAGO	-	-	-2.078,36

Figura 5-22: Cálculo das rotas conjugadas na mesma semana de referência

4- A seguir a heurística passa a buscar conjugação de rotas para a semana imediatamente anterior à semana de referência, através das fórmulas colocadas nas figuras 5.23 e 5.24

SEMANA 33

			33
		DIF VOLUME	=AJ3-AJ5
		DIF TOT PAGO	=AJ4-AJ6
SINERGIA MESMA SEMANA		VOLUME	=SE(AJ9>0;AJ5;AJ3)
		TOTAL PAGO	=SE(AJ9>0;AJ6;AJ4)
VOLUMES RESTANTES	SOJA	VOLUME	=SE(AJ11=0;AJ3;SE(AJ9>0;AJ3-AJ11;SE(AJ9<0;AJ3-AJ11;SE(AJ9>=0;AJ9;-1*AJ9))))
		TOTAL PAGO	=SE(AJ12=0;AJ4;SE(AJ10>0;AJ4-AJ12;SE(AJ10<0;AJ4-AJ12;SE(AJ10>=0;AJ10;-1*AJ10))))
	FERT	VOLUME	=SE(AJ11=0;AJ5;SE(AJ11>0;AJ5-AJ11;SE(AJ11<0;AJ5-AJ11;SE(AJ11>=0;AJ11;-1*AJ11))))
		TOTAL PAGO	=SE(AJ12=0;AJ6;SE(AJ12>0;AJ6-AJ12;SE(AJ12<0;AJ6-AJ12;SE(AJ12>=0;AJ12;-1*AJ12))))

Figura 5-23: Fórmulas para conjugação de cargas na semana anterior

Conjugação de rotas na semana anterior;

			33	34	35
		DIF VOL	-	-	-
		DIF TOT PAGO	-	-	-
SINERGIA 1 SEMANA ANTES		VOLUME	-	-	-
		TOTAL PAGO	-	-	-
VOLUMES RESTANTES	SOJA	VOLUME	260	166	-
		TOTAL PAGO	16883,6	13884,02	-
	FERT	VOLUME	-	-	30
		TOTAL PAGO	-	-	-2078,36

Figura 5-24: Tabela dinâmica para conjugação de cargas na semana anterior

5- A seguir, a heurística passa a buscar conjugação de rotas para a semana imediatamente posterior à semana de referência, através das fórmulas colocadas nas figuras 5.25 e 5.26:

SEMANA 34

		DIF VOL	=SE(E(AJ14<0;AJ16<0);AJ14-AJ16;0)
		DIF TOT PAGO	=SE(E(AJ15<0;AJ17<0);AJ15-AJ17;0)
SINERGIA 1 SEMANA ANTES		VOLUME	=SE(AJ19>0;AJ16;SE(AJ19<0;AJ14;0))
		TOTAL PAGO	=SE(AJ19>0;AJ17;SE(AJ19<0;AJ15;0))
VOLUMES RESTANTES	SOJA	VOLUME	=SE(AJ19>0;AJ14-AJ21;SE(AK21=0;AJ14-AJ21;SE(AJ19<0;AJ14-AJ21;SE(AJ19>=0;AJ19;-1*AJ19))))
		TOTAL PAGO	=SE(AJ21>0;AJ15-AJ22;SE(AK21=0;AJ15-AJ22;SE(AJ20<0;AJ15-AJ22;SE(AJ20>=0;AJ20;-1*AJ20))))
	FERT	VOLUME	=SE(AJ19>0;AJ16-AJ21;SE(AK21=0;AJ16;SE(AJ19<0;AJ16-AJ21;SE(AJ19>=0;AJ19;-1*AJ19))))
		TOTAL PAGO	=SE(AJ20>0;AJ17-AJ22;SE(AK21=0;AJ17;SE(AJ20<0;AJ17-AJ22;SE(AJ20>=0;AJ20;-1*AJ20))))

Figura 5-25: Fórmulas para conjugação de cargas na semana posterior

Conjugação de rotas na semana posterior;

		33	34	35
	DIF VOL	-	136,11	-
	DIF TOT PAGO	-	15962,38	-
SINERGIA 1 SEMANA DEPOIS	VOLUME	-	29,66	-
	TOTAL PAGO	-	-2078,36	-

Figura 5-26: Tabela dinâmica para conjugação de cargas na semana posterior

6- Cálculo do resultado final das conjugações de rota para o pólo, as fórmulas utilizadas para esse cálculo estão transcritas através da figura 5.27:

VOLUME	=BE11+BE21+BE31	=BE34/BE40
TOTAL PAGO	=BE12+BE22+BE32	=BE35/BE41

SOJA	VOLUME	=BE3	=\$BE\$34/BE38
	TOTAL PAGO	=BE4	=\$BE\$35/BE39
FERT	VOLUME	=BE5	=\$BE\$34/BE40
	TOTAL PAGO	=BE6	=\$BE\$35/BE41
VOLUME TOTAL		=BE7	=\$BE\$34/BE42
TOTAL PAGO		=BE8	=\$BE\$35/BE43

Figura 5-27: Fórmulas para o cálculo final da conjugação de rotas do pólo

Os resultados finais para a análise e conjugação de rotas para o exemplo utilizado, pólo número 2, são transcritos através da figura 5.28

VOLUME	315	11%
TOTAL PAGO	8.922,00	7%

SOJA	VOLUME	8.340	4%
	TOTAL PAGO	471.018	2%
FERT	VOLUME	2.784	11%
	TOTAL PAGO	121.271	7%
VOLUME TOTAL		11.124	3%
TOTAL PAGO		592.289	2%

Figura 5-28: Transcrição dos resultados do pólo

A tabela 5.13 traz os resultados completos para o pólo número 2

**Tabela 5-13: Resultados completos**

	SINERGIA NA MESMA SEMANA	SINERGIA UMA SEMANA ANTES	SINERGIA UMA SEMANA DEPOIS	TOTAL	-12%	REDUÇÃO NA CONTA FRETE
VOLUME	285	-	30	315		
TOTAL PAGO	11.000,36	-	-2.078,36	8.922,00	7.851,36	1.070,64

Conclui-se que apenas 4% do transporte de soja nesta rota é necessário para conjugar 11% do volume de fertilizantes, reduzindo a conta frete em R\$ 1.070,64 no período estudado.

### Apresentação dos Resultados da Heurística Aplicada

Uma vez detalhada a heurística e aplicada aos quatro pólos escolhidos colocam-se, a seguir, os resultados obtidos. Vale ressaltar que esses resultados não traduzem o potencial de ganhos com a implementação do modelo matemático, que deverá trazer resultados muito mais expressivos.

1- Resultado do Pólo 1 - Cubatão/Mato Grosso – através do terminal rodo-ferroviário de Alto Taquari, detalhado na figura 5.29.

MT - ALTO TAQUARI (SOJA) / CUBATAO - MT (FERTILIZANTES) - TOTAIS										
SOJA	VOLUME	398.553	T O T A L	SINERGIA NA MESMA SEMANA	SINERGIA UMA SEMANA ANTES	SINERGIA UMA SEMANA DEPOIS	TOTAL	OTIMIZAÇÃO 12%	REDUÇÃO CONTA FRETE	
	TOTAL PAGO	18.979.251,99								
FERT	VOLUME	12.791	S	VOLUME	1.519	2.830	160	4.509	-	
	TOTAL PAGO	420.507,36								
VOLUME TOTAL				411.344						
TOTAL PAGO				19.399.759,35				175.142		23.883
				% EM RELAÇÃO VOLUME TOTAL				35%		
				% EM RELAÇÃO TOTAL PAGO				47%		
APENAS 1%				DO TRANSPORTE DE SOJA É SUFICIENTE PARA A SINERGIA COM 35% DE FERTILIZANTES						

**Figura 5-29: Detalhamento dos resultados do Pólo número 1**

2- Resultado do Pólo 2 – Mato Grosso/Ponta Grossa/Cambé através do terminal rodoferroviário de Maringá, detalhado na figura 5.30.

MT - MARINGA_PONTA GROSSA (SOJA) / CAMBE_PONTA GROSSA - MT (FERTILIZANTES) - TOTAIS										
SOJA	VOLUME	634.998	T O T A L I S	SINERGIA NA MESMA SEMANA	SINERGIA UMA SEMANA ANTES	SINERGIA UMA SEMANA DEPOIS	TOTAL	OTIMIZAÇÃO 12%	REDUÇÃO CONTA FRETE	
	TOTAL PAGO	40.466.578								
FERT	VOLUME	76.324		VOLUME	39.301	2.237	2.548	44.086	-	-
	TOTAL PAGO	3.020.160		TOTAL PAGO	1.549.504	34.244	71.279	1.655.028	1.456.424	198.603
	VOLUME TOTAL	711.322		% EM RELAÇÃO VOLUME TOTAL		58%				
TOTAL PAGO		43.486.738		% EM RELAÇÃO TOTAL PAGO		55%				
APENAS 7% DO TRANSPORTE DE SOJA É SUFICIENTE PARA A SINERGIA COM 58% DE FERTILIZANTES										

Figura 5-30: Detalhamento dos resultados do Pólo número 2

3- Resultado do Pólo 3 – Mato Grosso/Mato Grosso do Sul para Uberaba/Araxá/Guará através do terminal rodo-ferroviário de Araguari, detalhado na figura 5.31.

MT - ARAGUARI (SOJA) / GUARA_ARAXA_UBERABA - MT (FERTILIZANTES) - TOTAIS										
SOJA	VOLUME	344.019	T O T A L I S	SINERGIA NA MESMA SEMANA	SINERGIA UMA SEMANA ANTES	SINERGIA UMA SEMANA DEPOIS	TOTAL	OTIMIZAÇÃO 12%	REDUÇÃO CONTA FRETE	
	TOTAL PAGO	17.628.104,37								
FERT	VOLUME	29.309		VOLUME	15.208	1.476	2.090	18.774	-	-
	TOTAL PAGO	972.028,15		TOTAL PAGO	502.729	38.074	69.162	609.965	536.769	73.196
	VOLUME TOTAL	373.328		% EM RELAÇÃO VOLUME TOTAL		64%				
TOTAL PAGO		18.600.132,52		% EM RELAÇÃO TOTAL PAGO		63%				
APENAS 5% DO TRANSPORTE DE SOJA É SUFICIENTE PARA A SINERGIA COM 64% DE FERTILIZANTES										

Figura 5-31: Detalhamento dos resultados do Pólo número 3

4- Resultado do Pólo 4 – Rio Grande do Sul através das movimentações de Rio Grande e Porto Alegre, detalhado na figura 5.32.

RS (SOJA) / RS (FERTILIZANTES) - TOTAIS										
SOJA	VOLUME	857.318	T O T A L I S	SINERGIA NA MESMA SEMANA	SINERGIA UMA SEMANA ANTES	SINERGIA UMA SEMANA DEPOIS	TOTAL	OTIMIZAÇÃO 12%	REDUÇÃO CONTA FRETE	
	TOTAL PAGO	19.178.778								
FERT	VOLUME	248.396		VOLUME	139.980	3.037	1.982	144.998	-	-
	TOTAL PAGO	4.079.997		TOTAL PAGO	2.547.486,66	40.460,49	27.661,57	2.615.608,72	2.301.735,67	313.873,05
	VOLUME TOTAL	1.105.713		% EM RELAÇÃO VOLUME TOTAL		58%				
TOTAL PAGO		23.258.774		% EM RELAÇÃO TOTAL PAGO		64%				
APENAS 17% DO TRANSPORTE DE SOJA É SUFICIENTE PARA A SINERGIA COM 58% DE FERTILIZANTES										

Figura 5-32: Detalhamento dos resultados do Pólo número 4

## 5.5 - Consolidação dos Resultados Financeiros com a Heurística e Conclusão do Capítulo

A tabela 5.14 traz o resumo e a consolidação dos ganhos financeiros obtidos com a implementação da heurística:

**Tabela 5-14: Consolidação dos resultados**

Pólo	Concentração	Ganhos obtidos
pólo 1	Taquari	R\$ 23.883,01
pólo 2	Marigá	R\$ 198.603,31
pólo 3	Araguari	R\$ 73.195,77
pólo 4	Rio Grande	R\$ 313.873,05
<b>Total</b>		<b>R\$ 609.555,13</b>

Os resultados obtidos mostram que a iniciativa da tese é válida, as premissas foram legitimadas e a heurística mostrou a possibilidade de ganhos financeiros significativos.

A construção e implementação dos modelos matemáticos partirão dessas premissas para um escopo bastante mais abrangente, trará resultados muito importantes tanto financeiros, como em contribuição acadêmica.

## **CAPÍTULO 6 METODOLOGIA PARA O TRANSPORTE COLABORATIVO DE CARGAS DE GRANDE VOLUME, POR MEIO DE MODELAGEM MATEMÁTICA.**

Esta tese de doutorado tem como objetivo realizar um estudo de Transporte Colaborativo para grandes volumes, especificamente para conjugação de cargas no transporte rodoviário.

Com a discussão dos conceitos de transporte colaborativo e pesquisas de casos reais em diferentes cenários, pode-se constatar a inexistência de aplicações para transporte colaborativo no modal rodoviário para grandes volumes. Desta feita, a contribuição da tese encontra-se sobretudo numa proposta de metodologia fundamentada em uma modelagem matemática consistente e de implementação factível.

A proposta do trabalho, então, é apresentar uma metodologia suportada por uma modelagem matemática, capaz de conciliar as necessidades do transporte com as restrições impostas pelas janelas de tempo, vindo a flexibilizar essas restrições interagindo com os níveis hierárquicos de decisão. O resultado final da aplicação da Metodologia ao caso real deverá trazer ganhos financeiros com a redução na contratação de fretes para o transporte de soja e fertilizantes.

Importante enfatizar que a metodologia que será proposta e a modelagem matemática visam a ser aplicáveis para o Transporte Colaborativo de cargas de grande volume no modal rodoviário, sem ser exclusivo para o caso escolhido. Pelos critérios adotados, passa a denominar-se empresa “A” a empresa detentora da carga de maior volume, com fluxos predominantes em direção aos portos (soja no caso real escolhido) e empresa “B” a que detém volumes menores e fluxos com direção ao interior para grande número de destinos (fertilizantes no caso real escolhido).

Neste capítulo será apresentada a metodologia, como também será detalhada a modelagem matemática, buscando aproximação com a realidade das empresas que atuam no mercado de movimentação de grandes volumes, e mais especificamente no agronegócio. O próximo capítulo trará a aplicação numérica do modelo matemático para o caso real (soja/fertilizante), na base de dados disponível e apresentada no capítulo 5.

A consolidação dos conceitos de Transporte Colaborativo na Metodologia para a aplicação ao caso Soja/Fertilizante deverá estar faceada com os três níveis hierárquicos de decisão: estratégico, tático e operacional. Para cada um dos níveis há aplicação de um modelo matemático que, em todos os casos, visa à obtenção do maior número de rotas conjugadas a fim de diminuir o custo na contratação de transporte. Apesar de os momentos e horizontes dos modelos serem diferentes, pois aplicam-se separadamente em cada um dos respectivos níveis, o processo é único e contínuo, obrigatoriamente interligado e interdependente.

Pode-se assim estabelecer a descrição da metodologia, inicialmente através da visão geral do processo e completando-se com o Fluxograma correspondente:

1. As empresas, de forma independente e dissociada, realizam seus respectivos planos de negócio que tratam da compra de soja e venda de fertilizante. A partir desse plano macro, as áreas de planejamento logístico passam a criar um plano de armazenagem e transporte. Nesse ponto, a metodologia proposta interage com os planos individuais criando já um projeto integrado de movimentação, com proposição direta e seqüenciamento de movimentação dos silos de soja, visando a favorecer, no plano tático, a conjugação de cargas. A colaboração inicia-se então, já no planejamento logístico macro.
2. Tendo planejado o posicionamento dos estoques e a seqüência de sua movimentação, de modo a atender às necessidades individuais da empresa de grãos e ao mesmo tempo contemplar locais e momentos de entrega de fertilizante, conclui-se o planejamento integrado. O horizonte é anual,

coincidente com o período em que ocorre o Planejamento de Negócio das empresas.

3. Iniciando-se a operação propriamente dita, a partir de um planejamento mensal de vendas de fertilizantes e movimentação de soja, a aplicação do modelo matemático será feita no nível tático. O resultado desta etapa da metodologia irá indicar as rotas possíveis de conjugação, e aquelas rotas que poderão tornar-se conjugadas no modelo operacional, mas somente se houver a concordância do deslocamento das janelas de tempo de movimentação das rotas em questão, de modo que essas sejam coincidentes. A colaboração nessa etapa atinge não só os níveis de planejamento operacional, mas também as áreas diretamente ligadas às do negócio. A área de vendas de fertilizantes deverá concordar em adiantar ou atrasar entregas a seus clientes, optando por flexibilizar ou não as janelas de tempo de fertilizantes. É importante notar que, se no nível estratégico a área de negócios e de logística da empresa de grãos é que deveria flexibilizar e mudar eventualmente a seqüência de movimentação dos silos de soja, agora é a área comercial de fertilizantes que deverá exercer a flexibilização e colaborar, já que a movimentação de soja estará em marcha, buscando normalmente um navio atracado para exportação ou uma fábrica requerendo matéria prima (soja para esmagamento). O volume de movimentação de fertilizante é menor, como demonstrado no capítulo 5, e o cliente (mediante planejamento prévio e consulta) pode recebê-lo alguns dias antes ou depois; desta forma é o fertilizante que tem de buscar coincidir sua movimentação com a soja.
4. A seqüência da metodologia irá fechar o processo propondo um conjunto viável e maximizado de rotas conjugadas. O nível é o operacional e o horizonte semanal; desta feita, não existe necessidade de modelo matemático, será bastante a utilização de um conjunto de planilhas que dará suporte à execução das rotas simples e conjugadas programadas, além de suportar a operação para eventuais mudanças no programa de transporte. Neste nível de decisão realiza-se então programação, e não mais planejamento. A

programação de transporte será a execução da carteira de pedidos de entrega de fertilizante e a necessidade consolidada de soja, buscando a efetivação do planejado no nível hierárquico tático, conforme determina a metodologia proposta.

5. A programação no nível operacional irá tratar de executar o conjunto de rotas conjugadas e aquelas de impossível conjugação, finalizando o ciclo.

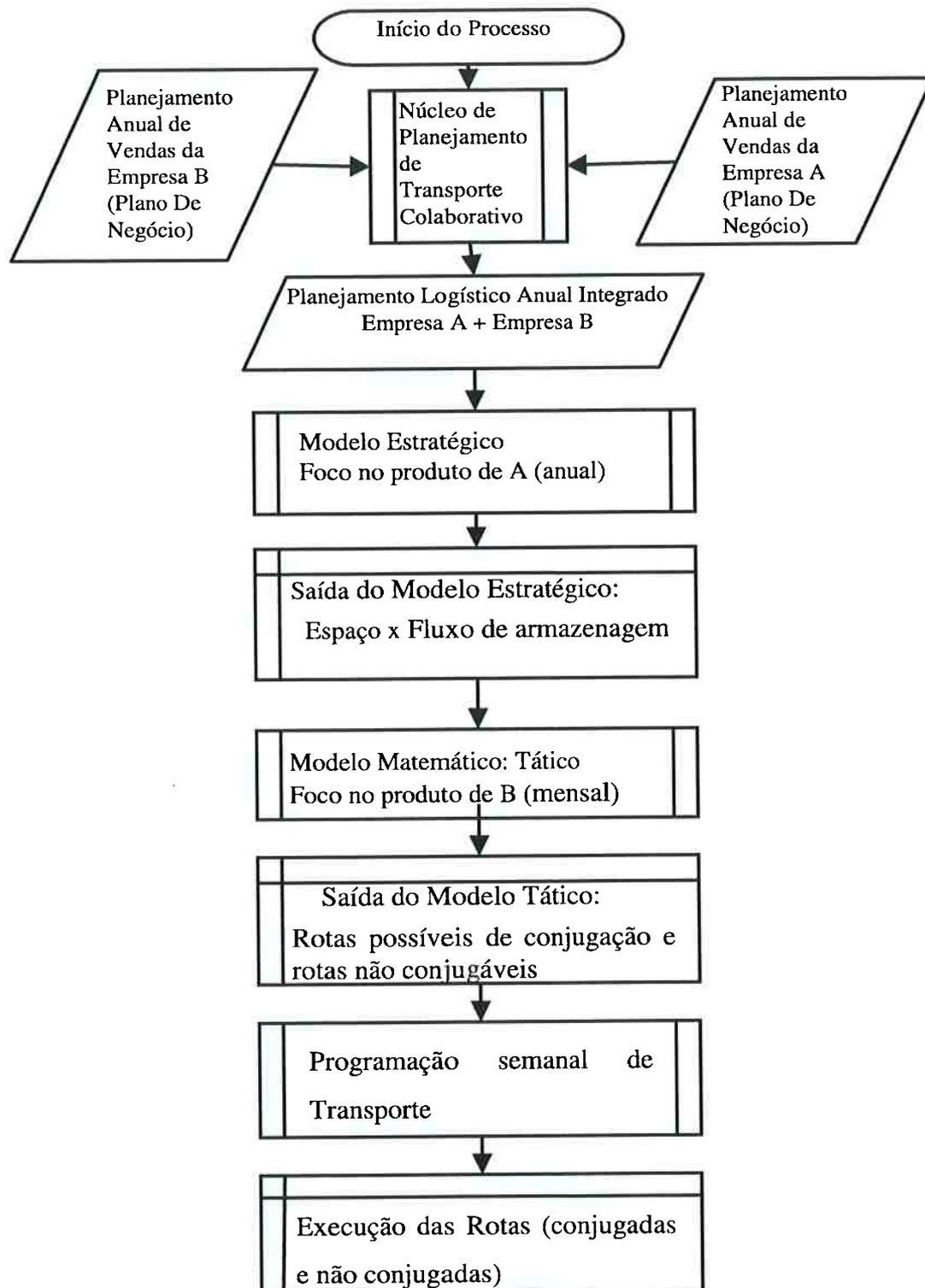


Figura 6-1: Fluxograma com a descrição geral da metodologia.

O resultado da aplicação da metodologia traz uma colaboração efetiva entre as empresas, as economias de frete obtidas são repassadas às áreas de negócio melhorando a eficiência da logística e o resultado financeiro de ambas as empresas, como de fato propõem os conceitos de transporte colaborativo.

Tendo-se uma visão mais ampla do processo, a seqüência do trabalho trata cada uma das etapas da metodologia, além do detalhamento da matemática para cada um dos níveis hierárquicos de decisão.

### **6.1 - Nível Hierárquico Estratégico.**

O objetivo do modelo matemático no Nível Estratégico é, a partir de um planejamento de armazenagem e movimentação de longo prazo, gerar alternativas de posicionamento de estoques de soja em silos, de modo a favorecer a conjugação destas cargas em rotas com fertilizantes. Uma vez que os clientes de fertilizantes e o momento de seu consumo não podem ser alterados, o re-planejamento estará centrado na alocação de estoques da soja; mais especificamente, irá influir no momento em que se movimentar a carga do silo, isto é, dado o conjunto de silos numa região, utiliza-se a seqüência da movimentação deles.

O Planejamento Estratégico das empresas, por regra, tem o horizonte de planejamento anual, e assim será considerado para esta pesquisa, cujo foco será voltado para o plano de negócios.

O Planejamento Estratégico (representado neste trabalho por “BP”, sigla em inglês para *Business Plan*) pode abranger questões mais amplas do planejamento anual da empresa como gastos, investimentos, resultados operacionais, retorno sobre o investimento, entre outros tópicos relativos ao negócio e à organização. Para o interesse deste trabalho, no entanto, importa o planejamento de exportação e processamento de soja para a empresa A, e o planejamento de produção e venda de fertilizantes da empresa B.

A definição estratégica de posicionamento no mercado e, conseqüentemente, volumes, locais e momentos de colocação de seus respectivos produtos, converge para o planejamento de movimentação logística.

O BP em seu bojo, com a definição do plano de negócios, informa para a empresa A os locais e momentos de movimentação dos silos de soja, com as respectivas rotas. Para a empresa B, o BP aponta a venda dos produtos e mercados ao longo do ano de planejamento vigente, e também fornece informações sobre as rotas principais, volumes e momentos.

Cada uma das empresas realiza seu BP individualmente, com foco em seu próprio negócio.

### **6.1.1 - BP para a Empresa A**

Para a empresa A, a movimentação logística começa com a decisão dos volumes de soja e farelo que serão exportados e vendidos no mercado nacional; a figura 6.1 ilustra a seqüência da tomada de decisão que acaba por gerar a movimentação logística.

O BP da Empresa A tem o foco bem definido: a partir de seu objetivo de *Market Share* (posição de mercado frente à concorrência) visa a realizar contratos comerciais de venda de soja e farelo (e óleo, não abordado nesta pesquisa) para o mercado interno e exportações. Definindo este posicionamento, a missão seguinte, bastante árdua, é buscar o suprimento de soja adequado (originação, na linguagem usual). A consolidação dos contratos de compra, vendas e exportação de soja define o plano logístico.

A figura 6.2 ilustra a seqüência para a tomada de decisão para o BP da Empresa A.

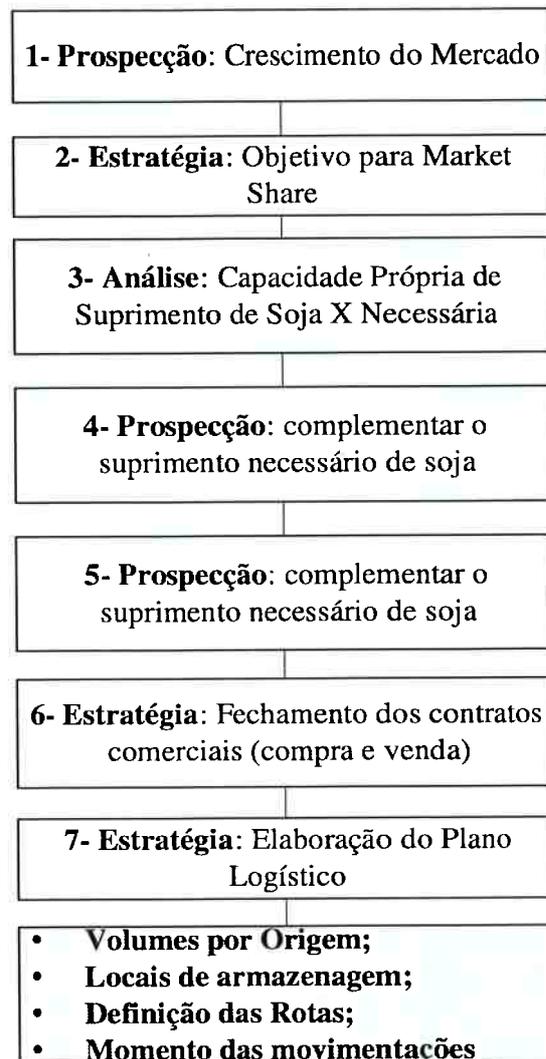


Figura 6-2 Tomada de decisões até o Planejamento Logístico da Empresa A

Com mais detalhes, o plano logístico da Empresa A deve conter:

1. Rotas Primárias – de fazendas fornecedoras de soja aos silos de armazenagem da região
2. Plano de estocagem e “giro” (capacidade de movimentação de sua própria capacidade no período da safra) dos silos de armazenagem
3. Rotas secundárias – dos silos de armazenagem às fábricas processadoras

4. Rotas finais – de fábricas e/ou silos para os destinos finais (clientes ou portos para exportação)
5. Volumes posicionados no tempo para cada uma das categorias de rotas

### **6.1.2 - BP para a Empresa B**

Para a empresa B, a movimentação logística começa com a decisão estratégica comercial. Uma detalhada e profunda prospecção do mercado nacional de fertilizantes, dividido e explorado região a região, define as perspectivas de consumo de fertilizantes de acordo com cada uma das culturas.

As culturas, em sua produtividade esperada por região, naturalmente revelam a necessidade de aplicação de fertilizantes, indicando o que o mercado vai demandar. O planejamento estratégico da empresa B determina então seus objetivos de participação deste mercado, e conseqüentemente projeta seu *Market Share*.

Definida a estratégia comercial e o *Market Share* por região, precisam-se os volumes de matéria prima a ser processada em cada uma das fábricas e o destino de suas respectivas produções, dando origem ao plano logístico. A figura 6.3 ilustra a seqüência da tomada de decisão que acaba por gerar a movimentação logística.

O BP da Empresa B também tem o foco bem preciso: a partir da demanda do Mercado Nacional de fertilizantes realiza a definição de seu objetivo de *Market Share*. Definindo este posicionamento, passa a buscar matéria prima (cerca de 65% importada) e a montar seu plano de produção e logística para atender ao mercado dividido em culturas e região.

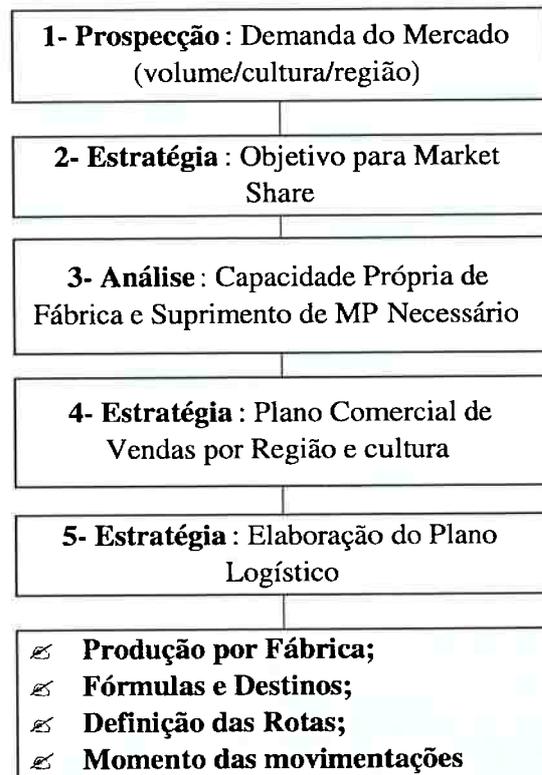


Figura 6-3: Tomada de decisões até o Planejamento Logístico da Empresa B

Com mais detalhes, o plano logístico da Empresa B deve conter:

1. Definição dos portos para importação
2. Plano de Armazenagem Primária nos portos ou pontos próximos
3. Rotas Primárias – dos portos (ou armazenagem primária) para as fábricas
4. Plano de produção voltado para a demanda dos mercados regionais (volume e culturas)
5. Rotas finais – das fábricas para os destinos finais (clientes)
6. Volumes posicionados no tempo para cada uma das categorias de rotas

### 6.1.3 - Aplicação de modelagem matemática para o Nível Estratégico

Até este momento, a descrição da criação do BP de cada uma das empresas faz referência a um procedimento normal dessas; visando a implementar o transporte colaborativo, e mais especificamente a Metodologia proposta nesta tese de

doutorado, o objetivo passa a ser a criação de um BP de logística único para as empresas. Para tanto, não basta unir os planos de logística e tratar de executá-los, mas sim de criar um terceiro plano de negócios, específico para a logística, que facilite a conjugação de cargas no momento da movimentação. Daí então a necessidade de implementação de um modelo matemático capaz de criar um único BP para as duas empresas.

Como já colocado anteriormente, a metodologia para a aplicação no Nível Estratégico de decisão objetiva sugerir o melhor seqüenciamento da movimentação dos estoques de soja nos silos da empresa A, de modo que a conjugação de cargas de soja e fertilizantes seja maximizada.

A decisão de escolher o seqüenciamento dos silos, como variável de decisão a otimizar (ou maximizar) a conjugação de cargas, deve-se exclusivamente às condições de mercado. No BP da empresa A, já se têm definidos os silos que serão usados, o giro e o momento em que serão carregados, bem como são conhecidas as grandes movimentações; é possível saber como será o fluxo de soja de uma determinada macrorregião para um porto ou uma fábrica, sendo possível estipular a ordem de movimentação ou seqüenciamento dos silos que compõem esta mesma macrorregião, sem prejuízo comercial à logística global do processo; mais do que isso, é fato conhecido como os caminhões estão alocados para a movimentação de soja daquela macrorregião. Dificilmente haverá sobre-custos de frete para a empresa A nesta operação de re-seqüenciamento. Em contrapartida, não há como mudar planejamento de vendas, em primeiro lugar porque este planejamento ainda é macro e depois porque ele é tão somente um desejo de vendas, estruturado é verdade, mas um desejo. Sabendo-se no entanto que determinada mesorregião (ou microrregião) deverá demandar fertilizantes em determinado momento (o momento do plantio), baseia-se nesta premissa o estudo para a criação do BP estratégico único para as empresas A e B.

O modelo matemático irá oferecer, como saída, vários cenários para compor um BP consolidado das empresas, porém este só estará concluído após a interação com as áreas comercial e de logística da empresa A.

Os resultados viáveis, oferecidos pelo modelo, buscam a maximização de cargas através de cenários que necessitam da validação ou opção por um deles pelas áreas de negócio. O objetivo deste recurso não é impor, através de possibilidades de ganho em logística, restrições ou prejuízos comerciais; o “*trade off*” nesta etapa poderá acontecer, mas a prática da metodologia e análise dos cenários propostos pelo modelo matemático deverá trazer resultados satisfatórios.

Desta forma procede-se à preparação para a maximização das cargas conjugadas com a realização de um BP único, através de um modelo matemático e interação com as áreas de negócio. O fluxograma da figura 6.4 ilustra, já com as indicações das variáveis de decisão, horizonte de planejamento e entrada de dados e, na seqüência, o detalhamento do modelo matemático para o nível estratégico.

#### **6.1.4 - Premissas e lógica para o modelo matemático e metodologia para o Nível Estratégico**

As Variáveis de Decisão no Nível Estratégico são:

1. Rotas e Cargas com conjugação possível nos horizontes mensais de planejamento (enviada à interação no nível tático)
2. Propor Alternativas de re-planejamento para a movimentação dos estoques de soja no tempo, sem inserir ou eliminar os silos já existentes

Entrada de dados: planejamento de negócio com foco logístico.

Horizonte de Programação: cinquenta e duas semanas (um ano).

Fluxograma do Processo:

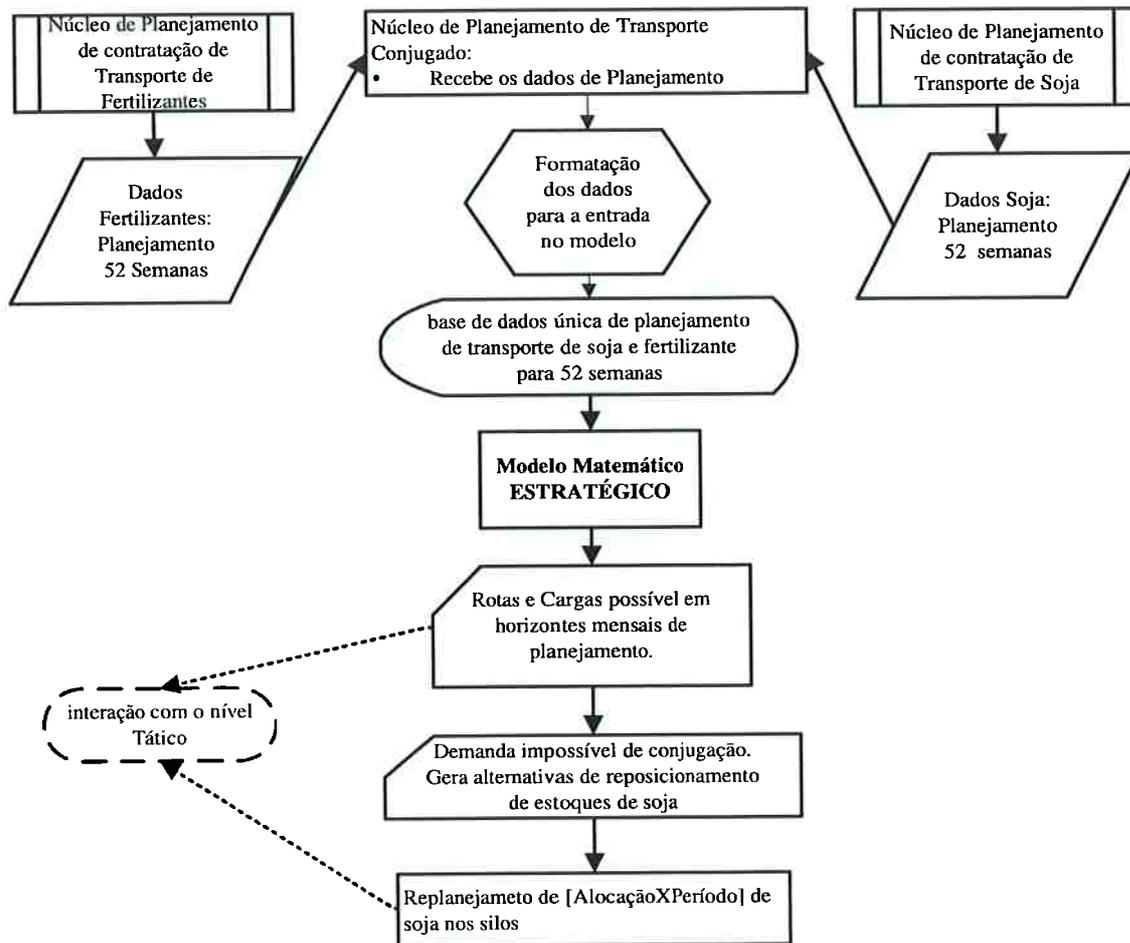


Figura 6.4 Premissas e lógica para o modelo matemático e metodologia para o Nível Estratégico.

### 6.1.5 - Modelo Matemático: Nível Estratégico.

O objetivo do modelo matemático no Nível Estratégico é, a partir de um planejamento de armazenagem e movimentação de longo prazo (BP da Empresa A), gerar alternativas de posicionamento de estoques de soja em silos, de modo a favorecer a conjugação destas cargas em rotas com fertilizantes. Uma vez que os clientes de fertilizantes e o momento de seu consumo não podem ser alterados (m função do BP da Empresa B), o re-planejamento estará centrado na alocação de estoques da soja; mais especificamente, irá influir no momento em que se movimentar a carga do silo, isto é, dado o conjunto de silos numa região, é utilizada a seqüência da movimentação deles.

Convém ratificar que este re-planejamento não pode expor nenhuma das duas empresas a um custo total de operação de frete maior do que o que seria conseguido por elas em operações isoladas; para controlar esta premissa, serão utilizados como padrão de operação os planejamentos anuais das empresas (*Business Plan*). Estes planejamentos anuais fornecerão o limite superior de custo total de operação de frete para cada empresa.

É importante ter uma medida da expectativa das empresas em utilizar um planejamento de transporte conjugado; essa medida, sendo mais ou menos otimista, permitirá uma flexibilização maior ou menor do planejamento anual das operações de frete das empresas. Em função do desconhecimento da expectativa de flexibilização do planejamento anual (*Business Plan*) de ambas as empresas envolvidas no processo, o modelo incorpora, em sua formulação, um “fator de flexibilização” que representaria um percentual de volumes transportados que poderia sofrer alteração de modo a favorecer a conjugação de carga. Um valor deste fator de flexibilização igual a zero significa que não é aceita alteração no planejamento anual adotado; um valor igual a um indica que todo o volume pode ser alterado para favorecer a conjugação de cargas (efetivamente, seria um planejamento sem vínculo com os BPs das empresas). O controle deste fator permite obtenção da medida dos ganhos para cada grau de flexibilização do BP.

### ***NOMENCLATURA DOS ÍNDICES***

Os seguintes índices serão utilizados para o desenvolvimento do modelo matemático – foco estratégico neste trabalho:

- ✓  $i$  ... para pontos de origem da Empresa A, associado também às instalações de armazenagem da empresa A;
- ✓  $j$  ... para pontos de destino da Empresa A, associado também às instalações de processamento ou escoamento da Empresa A;
- ✓  $m$  ... para pontos de origem da Empresa B, associados também às instalações processadoras da empresa B;

- ✓  $n$  ... para pontos de destino da Empresa B, associados também aos clientes de Empresa B;
- ✓  $t$  ... para indicar o período de tempo

Relativo aos conjuntos de índices:

- ✓  $I$  ... para indicar o conjunto de todos os pontos de origem da Empresa A;
- ✓  $J$  ... para indicar o conjunto de todos os pontos de destino da Empresa A;
- ✓  $M$  ... para indicar o conjunto de todos os pontos de origem da Empresa B;
- ✓  $N$  ... para indicar o conjunto de todos os pontos de destino da Empresa B;
- ✓  $T$  ... para indicar o conjunto com todos os períodos de tempo.

## PARÂMETROS

Os parâmetros utilizados no modelo matemático – foco estratégico estão descritos a seguir:

Relativo aos custos:

- ✓  $C^X_{i,j,t}$  ... custo do frete em R\$/ton. para a rota com origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  no período de tempo de índice  $t$ ;
- ✓  $C^Y_{m,n,t}$  ... custo do frete em R\$/ton. para a rota com origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  no período de tempo de índice  $t$ ;
- ✓  $C^{WAB}_{i,j,m,n,t}$  ... custo do frete em R\$/ton. para a rota conjugada com uma rota da Empresa A de origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  seguido de outra rota da Empresa B de origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  no período de tempo de índice  $t$ ;
- ✓  $C^{WBA}_{m,n,i,j,t}$  ... custo do frete em R\$/ton. para a rota conjugada com uma rota da Empresa B de origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  seguido de outra rota da Empresa A de origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  no período de tempo de índice  $t$ ;

Relativo às demandas e ao BP:

- ✓  $D^A_{j,t}$  ... demanda das instalações de processamento ou escoamento da Empresa A no ponto de índice  $j$  no período de tempo de índice  $t$ ;

- ✓  $D^B_{n,t}$  ... demanda dos clientes da Empresa B no ponto de índice  $n$  no período de tempo de índice  $t$ ;
- ✓  $B^A_{i,j,t}$  ... BP da Empresa A para a rota de origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  no período de tempo de índice  $t$ ;
- ✓  $B^B_{m,n,t}$  ... BP da Empresa B para a rota de origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  no período de tempo de índice  $t$ ;

Relativo aos estoques:

- ✓  $E^{AM}_{i,t}$  ... estoque mínimo a ser deixado no final do período de índice  $t$  nas instalações de armazenagem no ponto de índice  $i$ ;
- ✓  $E^{AX}_{i,t}$  ... estoque máximo permitido na instalação de armazenagem no ponto de índice  $i$  no período de índice  $t$ ;
- ✓  $E^{ABP}_{i,t}$  ... entrada de produtos estimada pelo BP da Empresa A para as instalações de armazenagem no ponto de índice  $i$  até o início do período de índice  $t$ ;
- ✓  $E^I_i$  ... estoque inicial de produtos nas instalações de armazenagem da Empresa A no ponto de índice  $i$ ;

Relativo aos fatores de flexibilização:

- ✓  $F^A_{i,j,t}$  ... fator de flexibilização do BP da Empresa A para a rota de origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  no período de tempo de índice  $t$ ;
- ✓  $F^B_{m,n,t}$  ... fator de flexibilização do BP da Empresa B para a rota de origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  no período de tempo de índice  $t$ ;

Os fatores de flexibilização variam entre zero e um, sendo o valor igual zero indicando nenhuma margem de flexibilização e valor um indicando capacidade total de re-planejamento.

### **VARIÁVEIS DE DECISÃO**

As seguintes variáveis de decisão compõem o modelo matemático proposto:

- ✓  $X_{i,j,t}$  ... quantidade em toneladas transportada pela Empresa A da origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  no período de tempo de índice  $t$ ;

- ✓  $Y_{m,n,t}$  ... quantidade em toneladas transportada pela Empresa B da origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  no período de tempo de índice  $t$ ;
- ✓  $W^{AB}_{i,j,m,n,t}$  ... quantidade em toneladas transportada em rota conjugada com uma rota da Empresa A de origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  seguido de outra rota da Empresa B de origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  no período de tempo  $t$ ;
- ✓  $W^{BA}_{m,n,i,j,t}$  ... quantidade em toneladas transportada em rota conjugada com uma rota da Empresa B de origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  seguido de outra rota da Empresa A de origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  no período de tempo  $t$ ;
- ✓  $E^A_{i,t}$  ... estoque na instalação da Empresa A localizado na origem de índice  $i$  no período de tempo de índice  $t$ .
- ✓  $C^T$  ... custo total em R\$ das operações de frete da Empresa A e Empresa B;
- ✓  $C^{TA}$  ... custo total em R\$ de operações de frete da Empresa A;
- ✓  $C^{TB}$  ... custo total em R\$ de operações de frete da Empresa B.

### **FUNÇÃO OBJETIVO**

Função com objetivo de minimizar a conta frete de todo o sistema. Na inexistência das rotas conjugadas (variáveis  $W$ ), minimizaria o custo da conta frete das duas empresas considerando uma operação totalmente estanque da outra:

$$C^T = \sum_i^I \sum_j^J \sum_t^T (X_{i,j,t} \times C^X_{i,j,t}) + \sum_m^M \sum_n^N \sum_t^T (Y_{m,n,t} \times C^Y_{m,n,t}) + \sum_i^I \sum_j^J \sum_m^M \sum_n^N \sum_t^T (W^{AB}_{i,j,m,n,t} \times C^{WAB}_{i,j,m,n,t} + W^{BA}_{m,n,i,j,t} \times C^{WBA}_{m,n,i,j,t}) \quad (1)$$

### **RESTRIÇÕES**

#### **ATENDIMENTO DA DEMANDA NAS INSTALAÇÕES DE PROCESSAMENTO OU ESCOAMENTO DA EMPRESA A**

Garante o atendimento da demanda das instalações de processamento ou escoamento da Empresa A:

$$\sum_i^I X_{i,j,t} + \sum_i^I \sum_m^M \sum_n^N (W^{AB}_{i,j,m,n,t} + W^{BA}_{m,n,i,j,t}) \geq D^A_{j,t} \quad , \forall j \in J, \forall t \in T \quad (2)$$

*Atendimento da demanda nos clientes da Empresa B*

Garante o atendimento da demanda dos clientes da empresa B:

$$\sum_m^M Y_{m,n,t} + \sum_i^I \sum_j^J \sum_m^M (W^{AB}_{i,j,m,n,t} + W^{BA}_{m,n,i,j,t}) \geq D^B_{n,t} \quad , \forall n \in N, \forall t \in T \quad (3)$$

*Cumprimento do BP da Empresa A*

Garante o atendimento das metas de BP da Empresa A:

$$X_{i,j,t} + \sum_m^M \sum_n^N (W^{AB}_{i,j,m,n,t} + W^{BA}_{m,n,i,j,t}) \geq B^A_{i,j,t} \times (1 - F^A_{i,j,t})$$

$, \forall i \in I, \forall j \in T, \forall t \in T \quad (4)$

*Cumprimento do BP da Empresa B*

Garante o atendimento das metas de BP da Empresa B:

$$Y_{m,n,t} + \sum_i^I \sum_j^J (W^{AB}_{i,j,m,n,t} + W^{BA}_{m,n,i,j,t}) \geq B^B_{m,n,t} \times (1 - F^B_{m,n,t})$$

$, \forall m \in M, \forall n \in N, \forall t \in T \quad (5)$

*Estoque mínimo para instalações de armazenagem da Empresa A*

Garante o estoque mínimo nas instalações de armazenagem da Empresa A:

$$E^A_{i,t} \geq E^{AM}_{i,t} \quad , \forall i \in I, \forall t \in T \quad (6)$$

*Estoque máximo para instalações armazenagem da Empresa A*

Garante que os estoques máximos nas instalações de armazenagem da Empresa A não sejam ultrapassados:

$$E^A_{i,t} \leq E^{AX}_{i,t} \quad , \forall i \in I, \forall t \in T \quad (7)$$

*Cálculo do estoque para instalações armazenagem da Empresa A*

Continuidade do estoque nas instalações de armazenagem da Empresa A:

Para o primeiro período:

$$E^A_{i,(t=1)} = E^{ABP}_{i,(t=1)} + E^I_i, \forall i \in I \quad (8)$$

Para os demais períodos:

$$E^A_{i,t} = E^A_{i,(t-1)} - \sum_j X_{i,j,(t-1)} + E^{ABP}_{i,(t-1)} - \sum_j \sum_m \sum_n (W^{AB}_{i,j,m,n,(t-1)} + W^{BA}_{m,n,i,j,(t-1)})$$

,  $\forall i \in I, \forall t \in T, t \geq 2$  (9)

### Cálculo do custo total e das parcelas das rotas compostas

Ao denominarmos uma rota composta feita pela Empresa A seguida pela Empresa B, consideramos que ela é assim realizada:

- ✓ (A). Carregamento produto Empresa A na origem de índice  $i$ ; deslocamento e descarregamento para destino de índice  $j$ ;
- ✓ (B). Deslocamento vazio do ponto de índice  $j$  para o ponto de índice  $m$ ; eventual operação para deixar equipamentos compatíveis com produto da Empresa B;
- ✓ (C). Carregamento produto empresa B na origem de índice  $m$ ; deslocamento e descarregamento para destino de índice  $n$ .

No caso de operações isoladas, a Empresa A pagaria os custos das operações descritas em (A) e a Empresa B pagaria os custos das operações descritas em (C). No caso de uma operação em conjunto, gerando uma rota conjugada, há o custo das operações descritas em (B); a questão a ser respondida é: como este custo deve ser dividido entre as empresas?

Sabe-se, por hipóteses adotadas no trabalho, que uma rota conjugada é 6% mais barata que uma rota simples. Continuando com o exemplo apresentado, se considerarmos que o custo da rota simples da operação descrita em (A) seja  $C^A$  e analogamente para (C) obter-se  $C^C$  e que as operações descritas em (B) seja  $C^B$ , e assim escrever a seguinte equação:

$$(C^A + C^C) \times 0,06 < C^B \quad (9)$$

Caso a equação (9) seja satisfeita obtém-se duas rotas simples possíveis de serem conjugadas, considerando somente a questão espacial.

Adota-se agora que  $C^A$ , seja o custo a ser pago pela Empresa A em uma rota conjugada e analogamente  $C^C$ . Então considera-se, para efeitos de cálculo no modelo, a seguinte hipótese para a divisão de custos em uma rota conjugada:

$$\checkmark \text{ Empresa A: } C^{A'} = C^A + \frac{C^A}{(C^A + C^C)} \times C^B \quad (10)$$

$$\checkmark \text{ Empresa B: } C^{C'} = C^C + \frac{C^C}{(C^A + C^C)} \times C^B \quad (11)$$

Defini-se então os seguintes parâmetros adicionais:

- ✓  $C^{WAAB}_{i, j, m, n, t}$  ... parcela do custo total do frete destinada para Empresa A, em R\$/ton., para a rota conjugada com uma rota de origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  seguido de outra rota de origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  no período de tempo de índice  $t$ ;
- ✓  $C^{WBAB}_{i, j, m, n, t}$  ... parcela do custo total do frete destinada para a Empresa B, em R\$/ton. para a rota conjugada com uma rota de origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  seguido de outra rota de origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  no período de tempo de índice  $t$ ;

Analogamente pode-se definir para uma rota conjugada feita pela Empresa B seguida pela Empresa A:

- ✓  $C^{WABA}_{m, n, i, j, t}$  ... parcela do custo total do frete destinada para Empresa A, em R\$/ton., para a rota conjugada com uma rota de origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  seguido de outra rota de origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  no período de tempo de índice  $t$ ;
- ✓  $C^{WBBA}_{m, n, i, j, t}$  ... parcela do custo total do frete destinada para a Empresa B, em R\$/ton. para a rota conjugada com uma rota de origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  seguido de outra rota de origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  no período de tempo de índice  $t$ ;

Convém observar que a divisão dos custos conforme estas premissas não fere a discussão levantada na <Introdução>, onde propôs que não se poderia expor

nenhuma das duas empresas a um custo total de operação de frete maior do que seria conseguido por elas em operações isoladas.

Para melhor apreciação dos resultados do modelo alguns valores de referência são calculados; a princípio demonstra-se o seguinte valor:

Custo Total Empresa A

$$C^{TA} = \sum_i^I \sum_j^J \sum_t^T (X_{i,j,t} \times C^X_{i,j,t}) + \sum_i^I \sum_j^J \sum_m^M \sum_n^N \sum_t^T (W^{AB}_{i,j,m,n,t} \times C^{WAAB}_{i,j,m,n,t} + W^{BA}_{m,n,i,j,t} \times C^{WABA}_{m,n,i,j,t}) \quad (12)$$

Custo Total Empresa B

$$C^{TB} = \sum_m^M \sum_n^N \sum_t^T (Y_{m,n,t} \times C^Y_{m,n,t}) + \sum_i^I \sum_j^J \sum_m^M \sum_n^N \sum_t^T (W^{AB}_{i,j,m,n,t} \times C^{WBAB}_{i,j,m,n,t} + W^{BA}_{m,n,i,j,t} \times C^{WBBA}_{m,n,i,j,t}) \quad (13)$$

Esquemas de rotas conjugadas (interpretação dos índices)

No texto e figuras a seguir, coloca-se a explicação das viagens conjugadas e um panorama das muitas opções de conjugação possíveis, sempre relacionando com os índices adotados, neste trabalho, para a modelagem matemática. Apesar desta descrição estar alocada no nível estratégico, serve o texto e figuras para contribuir com o entendimento de toda a metodologia.

A figura 6.4 ilustra os transportes sem rotas conjugadas, e relacionadas aos respectivos índices apontados no modelo matemático. Na figura 6.5 transportes com rotas conjugadas, também relacionadas aos respectivos índices apontados no modelo matemático.

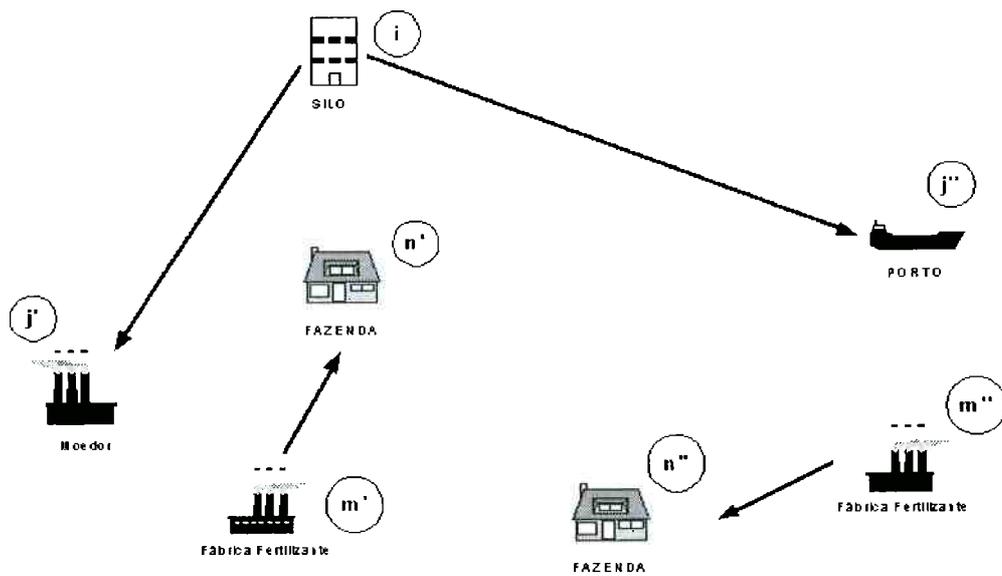


Figura 6-4: Transportes sem conjugação de rotas

Rotas feitas pela empresa A:

$i - j'$

$i - j''$

Rotas feitas pela empresa B:

$m' - n'$

$m'' - n''$

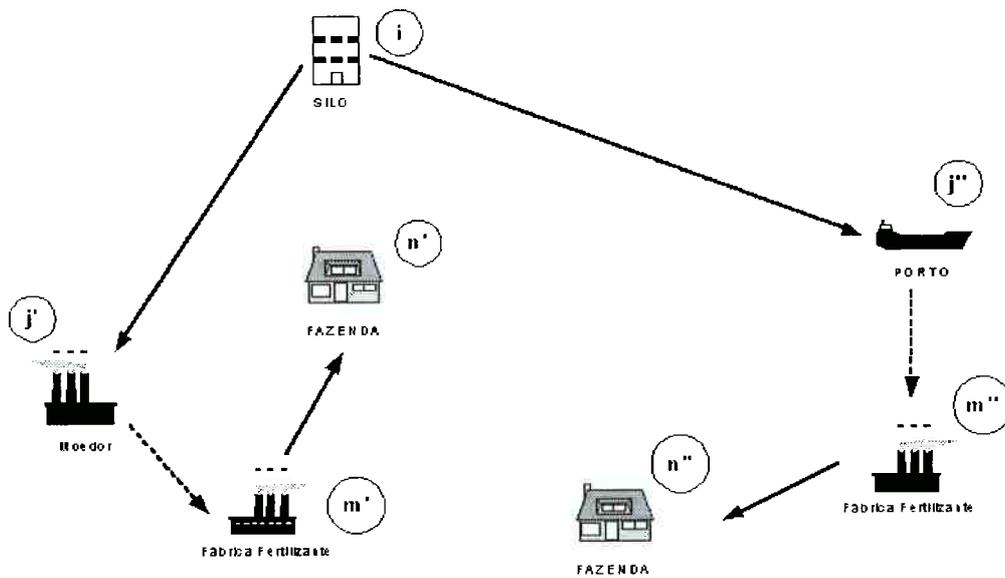


Figura 6-5: Transportes com conjugação de rotas

Rotas possíveis de conjugação (avaliando somente a questão espacial):

$i - j' - m' - n'$

$i - j'' - m'' - n''$

O que os índices representam e demonstram as figuras recebem uma representação mais didática por meio das figuras 6.6 a 6.9.

A figura 6.6 mostra possibilidades de transportes sem rotas conjugadas, e as figuras 6.7 a 6.9, possibilidades de transportes com rotas conjugadas; desta feita as figuras ilustram as rotas não com a representação dos índices, mas com os elementos dos cenários reais. Os elementos que compõem os cenários são então:

- Silos de armazenagem e expedição de soja (produtos da Empresa A);
- Fazenda que produzem a soja e consomem fertilizantes (produto da Empresa B);
- Portos que recebem as importações das matérias primas para a produção da Empresa B, e as exportações dos produtos da Empresa A;
- Fábricas para a produção da Empresa B;
- Caminhões e linhas indicativas dos tipos de rotas entre os componentes dos cenários, simples e conjugadas.

A conjugação de cargas a princípio pode parecer um evento simples onde é agregado retorno ao equipamento que realiza a carga principal, mas na prática a combinação das inúmeras possibilidades entre os participantes do sistema torna complexa a sua execução. O objetivo do conjunto de figuras a seguir é mostrar que existem inúmeras possibilidades de conjugação de rotas que só podem ganhar materialização, e assim obter êxito em um grande projeto como este, com a implementação uma metodologia estruturada e estabelecimento desta metodologia em bases sólidas de transporte colaborativo de forma que o sistema apresente uma solução de custo total final menor que as rotas formadas pelas empresas individualmente.

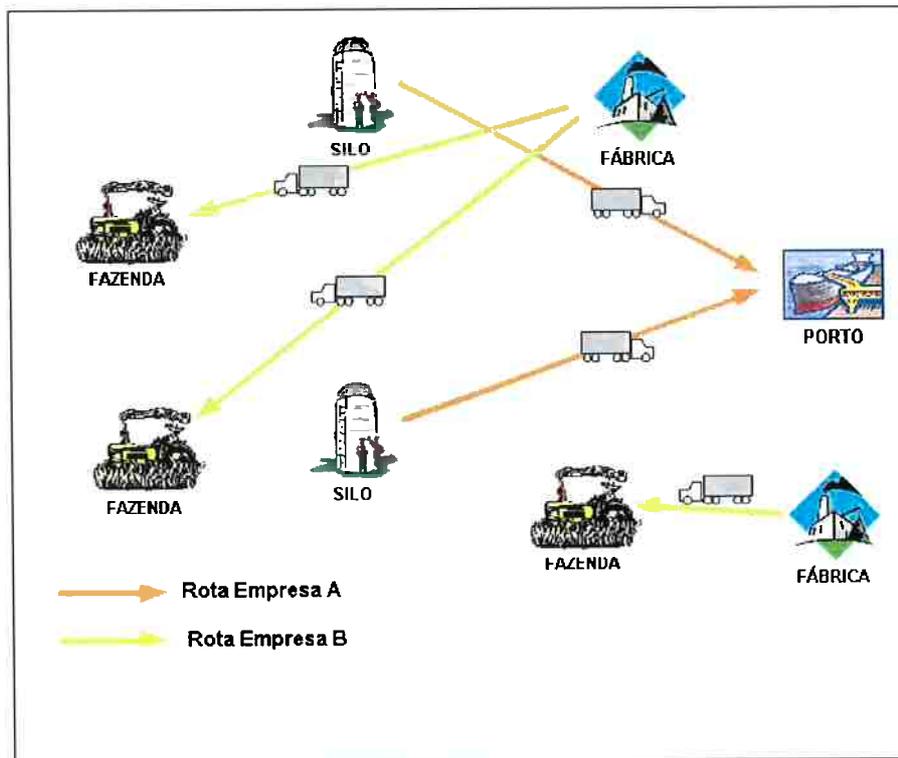


Figura 6-6: Transportes sem conjugação de rotas - exemplo

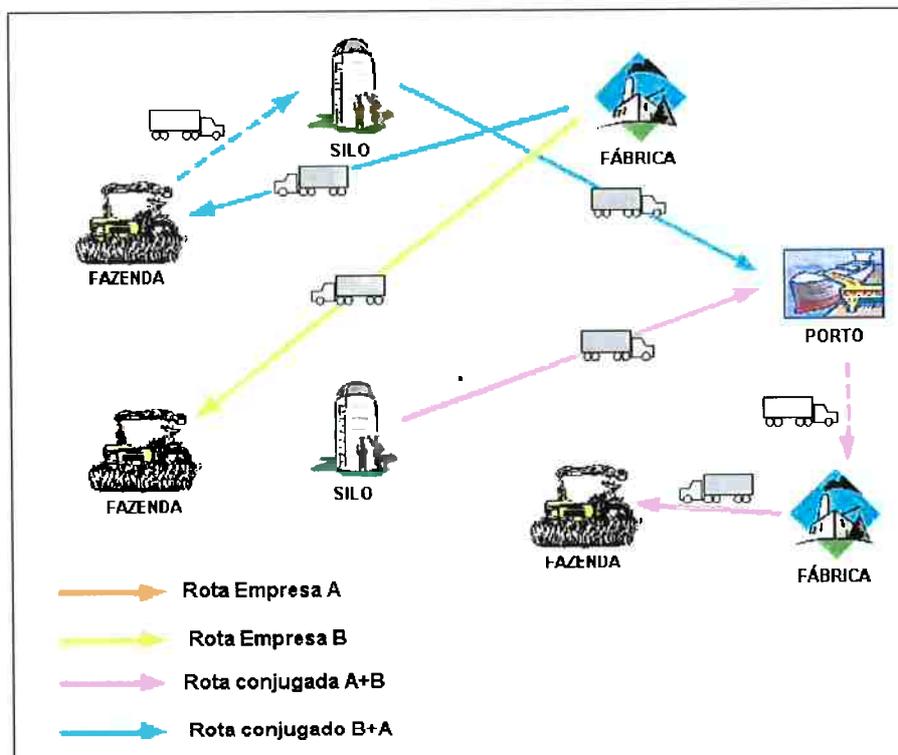


Figura 6-7: Transportes com conjugação de rotas - exemplo 1

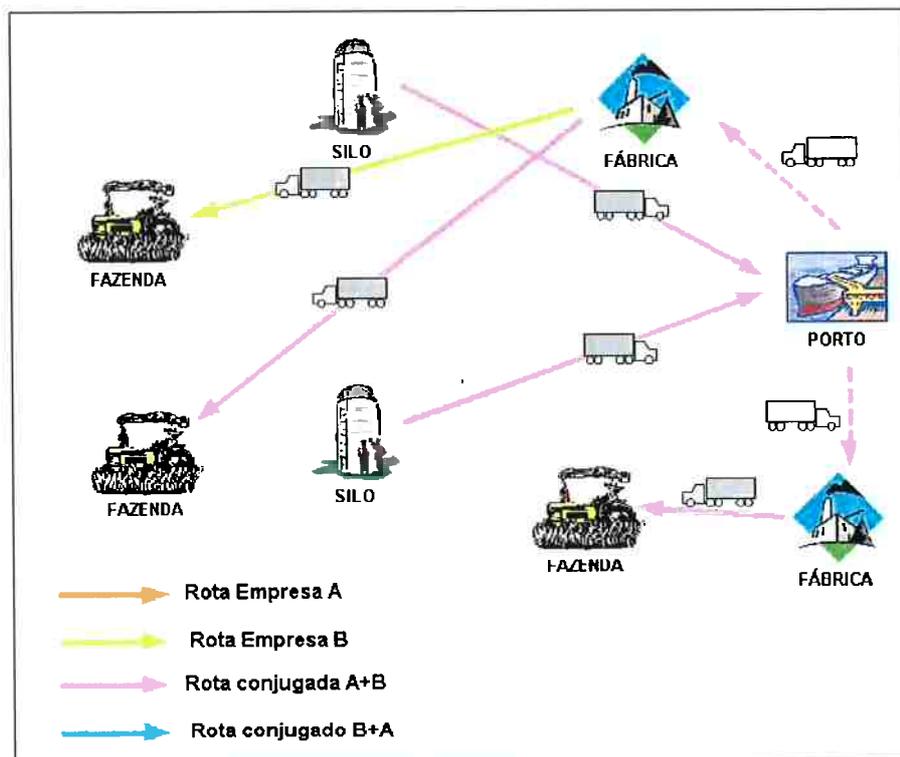


Figura 6-8: Transportes com conjugação de rotas – exemplo 2

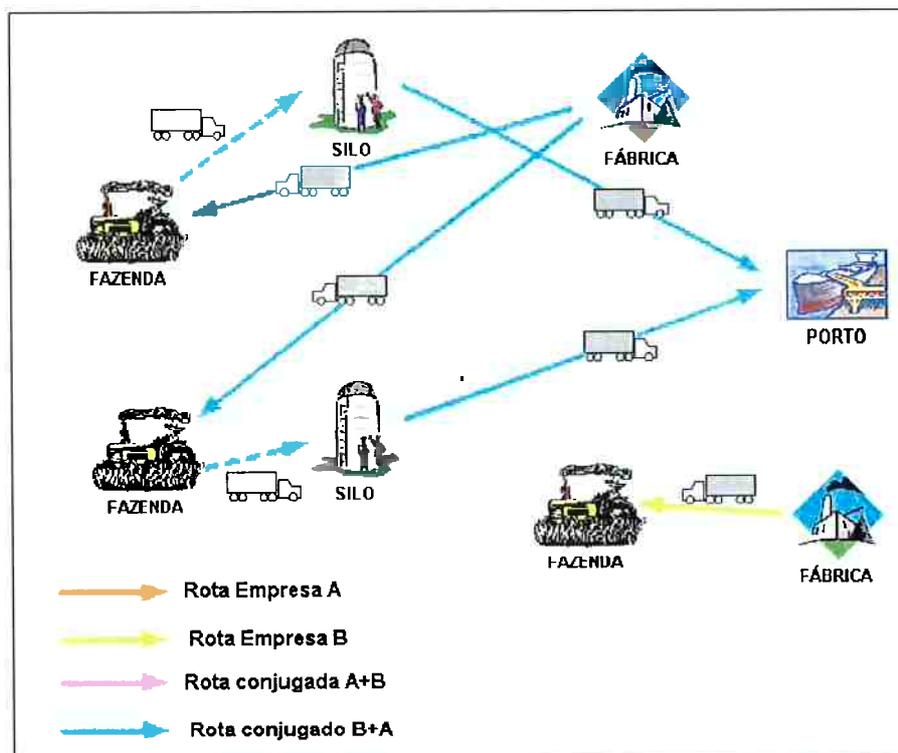


Figura 6-9: Transportes com conjugação de rotas – exemplo 3

## 6.2 - Nível Hierárquico: Tático

Os Planejamentos Estratégicos (BP) das empresas, a partir da metodologia proposta, dão origem a um BP único com foco na logística e mais especificamente na movimentação das cargas das empresas A e B. O objetivo é seqüenciar a movimentação dos estoques do produto da empresa A de modo a maximizar a conjugação das cargas no momento da execução.

O BP consolidado das empresas reflete também a anuência das áreas de negócio na aceitação de todas ou parte das recomendações oriundas da saída do modelo matemático no nível estratégico; como colocado anteriormente, a escolha se dá através da opção por um dos cenários que o modelo oferece. O cenário escolhido define então o planejamento logístico para o ano em exercício, rematando o equilíbrio entre as necessidades das áreas comercial e logística da empresa A e as possibilidades de conjugação de cargas com a empresa B.

Como todo plano de negócio, o BP em questão é uma visão macro do que, se validadas as premissas de sua elaboração, deverá acontecer; já o planejamento do nível tático está embasado em valores mais concretos, refletem movimentações, via de regra, já contratadas para a empresa A e volumes já em fase final de comercialização para a empresa B, até porque agora o horizonte é mensal e o planejamento deverá traduzir maior precisão e menor abrangência. Se as circunstâncias desenhadas para a elaboração do BP tiverem-se desenvolvido com acurácia e o cenário validado no modelo matemático tiver sido favorável à logística, a consolidação dos volumes no nível estratégico deverá apontar para um bom índice de conjugação de cargas.

O seguimento da metodologia propõe um novo modelo matemático para o nível tático; desta feita, o objetivo é buscar maximizar a conjugação de cargas através de cenários que flexibilizem as janelas de tempo previstas para a empresa B, fixando (ou mantendo) as janelas de tempo de entregas para a Empresa A e, então, planejar a execução dos transportes da empresas A e B em viagens simples e conjugadas.

A análise se inicia a partir de um planejamento mensal de movimentação dos produtos; as rotas e volumes de ambas as empresas constituirão a entrada de dados para o modelo matemático.

Pela característica dos planejamentos estratégico e tático, o primeiro acaba por não ser coincidente com o segundo no formato e detalhamento das informações. Se no estratégico a visão é de fluxos no longo prazo, agora, no nível tático a abordagem é detalhar rotas, volumes e valores de frete que compõem a movimentação do período (mensal). Ainda há que se considerar que as diferenças de negócio e operação fazem, obrigatoriamente, que os planos táticos das empresas sejam diferentes entre si.

A seguir procuram-se demonstrar as principais características dos respectivos planejamentos.

### **6.2.1 - Planejamento Tático da Empresa A**

Para a empresa A, o planejamento tático mensal oferece:

- as rotas e volumes para os portos, visando a atender os contratos de exportação
- as rotas e volumes para abastecimento das fábricas

As características de movimentação da empresa A são: de grande volume, carga a granel e fluxos consolidados de centros de distribuição (silos de armazenamento) para portos ou para fábricas. As rotas em questão são então em número finito e os fluxos bem definidos em volume e tarifas.

É possível afirmar que a determinação das rotas, volumes e tarifas são mais estáveis e menos sujeitos a fatores externos porque os contratos de exportação são concluídos com antecedência, e a programação dos navios também é bastante firme; para o produto transportado para as fábricas o fenômeno é semelhante, já que essas fábricas estão posicionadas em locais definidos (em número limitado), com demanda também estável e conhecida.

Os fatores apresentados proporcionam, portanto, como vantagem a possibilidade de um planejamento de movimentação mais estável e portanto a possibilidade de planejar recursos com maior antecedência; no entanto, o volume muito grande acaba por ser fator negativo, pois a quantidade de recursos necessários muitas vezes excede a oferta disponível, com a agravante de que os atrasos de entrega para a exportação

trazem prejuízos relevantes, principalmente as multas pela espera do navio atracado ou a parada de produção de uma fábrica por falta de produto para ser processado.

Recursos de transporte colocam-se como fator de maior importância para conjugar cargas, aumentar a produtividade e fidelizar o transportador, e são preponderantes na competitividade frente à concorrência que atua nas mesmas rotas, mas sem o benefício da prática desta conjugação.

O planejamento tático da empresa A traz, então, um número mais limitado de rotas, janelas de tempo mais longas e definidas e volumes altos a serem movimentados.

### **6.2.2 - Planejamento Tático da Empresa B**

Para a empresa B o planejamento tático mensal oferece:

- as rotas e volumes das fábricas para os clientes (sentido interior).

As características de movimentação da empresa B são também de grandes volumes, porém menores do que os percebidos para a empresa A, são cargas compostas em sua maioria por sacos de 50 kg e *Big Bags* de 1 tonelada, em menor quantidade. Desta feita, o número das rotas em questão tende a infinito (cerca de 4 mil) e os fluxos permitem pouca definição prévia de volume.

A determinação das rotas de transporte com precisão e antecedência para a empresa B é mais difícil do que a movimentação dos produtos da empresa A; este fato se justifica não só pela quantidade muito maior de rotas mas porque, enquanto na empresa A a movimentação se caracteriza como transferências de grandes volumes, na empresa B a movimentação se caracteriza como distribuição dos produtos acabados. Enquanto três ou quatro pessoas realizam a comercialização dos três produtos (soja, farelo ou óleo) da empresa A, na empresa B são cerca de 2 mil profissionais efetuando vendas de 3000 itens (entre produtos diferentes e embalagens) para aproximadamente 30 mil clientes. Sabe-se que os agricultores não possuem, via de regra, locais para armazenagem de fertilizantes; eles se decidem pela compra praticamente no momento da aplicação no solo; então as vendas podem ser adiantadas, postergadas, e até mesmo incrementadas ou prejudicadas em função de

condições climáticas, variação cambial, subsídio e barreiras tarifárias de países que importam produtos agrícolas do Brasil. Se a situação econômica e/ou o negócio dos agricultores passa por momentos difíceis, esses podem optar por aplicar menos fertilizantes realizando uma agricultura com menos tecnologia; se o inverso ocorre, então aplicam o fertilizante de forma correta, aumentando o seu consumo.

O cenário apresentado influi diretamente na logística, torna esse mercado de difícil previsibilidade e baixa acurácia na previsão de demanda e, conseqüentemente, é mais complicado o planejamento do transporte, fazendo-se menor a margem de manobra para a flexibilização das janelas de tempo, tópico principal do modelo matemático para o nível tático.

As tarifas de transporte da empresa A também não possuem a mesma estabilidade das pagas para o transporte da empresa B. Como já abordado anteriormente, e ainda será alvo de maior detalhamento, o transporte dos produtos de B caracterizam carga de retorno; desta forma para a mesma distância, ou mais precisamente em rota complementar, o valor do frete pode variar de 30% até 45% do valor pago no transporte de A; essa variação ocorre e é determinada pela oferta de carga em cada um dos sentidos. Sabe-se que mesmo em baixa de A e em alta de B ainda paga-se menos no trecho transportando B.

Os fatores apresentados constituem, de fato, desvantagem para o transporte de B e dificultam um planejamento de movimentação mais estável; em contrapartida, a oferta de caminhões, sempre maior no sentido contrário, favorece a obtenção de recursos de transporte.

### **6.2.3 - Aplicação de modelagem matemática para o Nível Tático**

A aplicação do modelo matemático para o nível tático irá resultar no planejamento consolidado para a movimentação das duas empresas para as quatro semanas subseqüentes, indicando:

1. rotas de impossível conjugação, a serem executadas, portanto, como viagens simples;
2. rotas conjugadas dentro das janelas de tempo determinadas nos planejamentos individuais e iniciais;

3. rotas de possível conjugação com flexibilização das janelas de tempo de entrega de B.

Nesta etapa da metodologia, a modelagem matemática proposta passará a tratar rotas, fluxos e valores de fretes.

Em uma primeira etapa, o objetivo do modelo matemático é descartar todas as viagens de conjugação impossível, quer por restrições geográficas quer por total impossibilidade de adequação de janelas de tempo; esse conjunto de rotas fica à disposição para, no momento previsto, ser executado como rotas simples; em seguida, o modelo oferece um conjunto de rotas que são classificadas como perfeitamente aptas para conjugação, indicada pelas áreas de negócios das empresas tanto pelo quesito geográfico quanto pelo quesito janela de tempo para o transporte. Esse conjunto também é disponibilizado para ser executado pelas áreas operacionais, sempre conforme o planejamento, como será tratado pela metodologia no nível operacional.

O modelo matemático, objetivando maximizar os ganhos com contratação de fretes, passa a buscar cenários para a conjugação de cargas. As premissas para aceitação de uma rota conjugada como viável e as possibilidades aceitas como passíveis de formação de cenários para as janelas de tempo serão detalhadas à frente, com a exposição do modelo matemático para o nível tático.

As rotas que, em um primeiro momento, são consideradas de “Não Conjugação Direta” por não estarem dentro das condições iniciais das janelas de tempo propostas, mas que estejam dentro das condições geográficas para formação de uma rota composta, passam a fazer parte do cenário de “Rotas Possíveis de Conjugação”.

Forma-se então o cenário completo do planejamento tático do período de quatro semanas analisadas. Este cenário é constituído por todas as rotas sugeridas para composição, pelo ganho de frete obtido se a rota for ratificada, e pela adequação à janela de tempo, necessária para viabilizá-la. Como na etapa anterior (no modelo do nível estratégico), a metodologia indica neste momento a interação com as áreas de negócio. Ao contrário do ocorrido no nível estratégico, a área de negócio que agora deverá participar mais ativamente do processo colaborativo é a empresa B; isso ocorre porque o volume de movimentação da empresa A é maior, mais definido e

contido em rotas mais concentradas; portanto, como já colocado anteriormente, é a rota principal. À empresa B que possui rotas e fluxos pulverizados, implicando em grande volume formado por uma infinidade de pedidos de vendas, normalmente de uma ou duas cargas, caberá a decisão de validar o cenário oferecido pelo modelo matemático. A análise irá medir o impacto do deslocamento das janelas de tempo no nível de serviço acordado com o cliente. A colaboração entre as áreas visa a maximizar os ganhos das duas empresas, quantificados por economias na contratação de frete; assim, o cenário é aceito total ou parcialmente se os ganhos com fretes não forem inferiores a possíveis perdas comerciais, e totalmente recusado na ocorrência da premissa inversa.

O nível de serviço acordado com o cliente é composto por um “pacote” onde o prazo de entrega é componente importante, e como já dito que o cliente não possui armazenagem para o produto de B, adiantar a entrega poderá ser tão ruim quanto atrasá-la; prejuízos comerciais podem ser então evitados; entenda-se por prejuízo perda da venda ou do cliente se esse nível de serviço for ajustado para a obtenção dos ganhos com a otimização da logística e conjugação de cargas. O cliente poderá ser compensado por concordar em alterar a data de entrega inicial de seu pedido; esta compensação poderá ocorrer de diversas formas, como por exemplo:

- reembolso por custos adicionais de armazenagem;
- descontos no preço de venda;
- prazos diferenciados para pagamento;
- Linhas especiais de crédito;
- bônus em próximas compras.

Essas formas de compensação ou prêmios para o cliente que aceita ter a sua data de entrega alterada, e portanto permite que no sistema logístico a janela de tempo seja adequada ao cenário proposto pelo modelo matemático, tem custo. Eis então o equilíbrio que deverá ser alcançado:

- O conjunto de vantagens, oferecido aos clientes para aceitação das alterações da data de entrega, não poderá ter custo maior do que os ganhos obtidos com a redução de frete conseguida com o cenário proposto pelo modelo matemático para a conjugação de cargas.

Na prática, grande parte das adequações de períodos de entrega poderá ser realizada sem qualquer adicional de custo porque o nível de serviço habitual não contempla janelas de tempo tão rígidas para a entrega de produtos de B; os pedidos de vendas normalmente contemplam a semana de entrega, portanto um bom planejamento e eficiência operacional permitirão margem de manobra suficiente para a adequação necessária. No conjunto das medidas para viabilizar o cenário oferecido pelo modelo matemático se, contudo, o negócio ocorrer em grande escala, deverá haver clientes que mereçam contrapartida de vantagens como as citadas, para que aceitem alterações e gerando custos adicionais, porque existem grandes clientes efetuando grandes compras (e grandes fluxos de movimentação) que são decisivos para o sucesso do transporte colaborativo.

É importante ressaltar que nesta etapa da metodologia o foco ainda é planejamento, o resultado do modelo matemático indicará o melhor cenário para a conjugação de cargas e redução de gastos com fretes; a implementação dos cenários só vai acontecer, de fato, na programação de transportes no nível operacional.

#### **6.2.4 - Premissas e lógica para o modelo matemático e metodologia para o Nível Tático**

O objetivo do modelo matemático no Nível Tático é, a partir de um planejamento de transporte, gerar todas as possibilidades de conjugação de cargas no médio prazo e fornecer subsídio para a interação com as áreas autorizadas a flexibilizar as janelas de tempo.

O “médio prazo” aqui é especificamente: 2(dois) meses, sendo o primeiro firme, ou seja o primeiro de planejamento no nível tático não sofrerá mudanças no planejamento subsequente.

As Variáveis de Decisão no Nível Tático são:

1. Rotas e Cargas com conjugação possível que não atendam às janelas de tempo primárias, para a apresentação e negociação com os níveis de gestão das empresas

2. Rotas e Cargas de impossível conjugação nesse horizonte de programação  
(enviada à interação no nível estratégico)

Entrada de dados: planejamento de vendas de fertilizantes e de transporte de soja.

Horizonte de Programação: quatro semanas.

Fluxograma do Processo:

A figura 6.10 representa o fluxograma do processo para a metodologia aplicada ao nível tático.

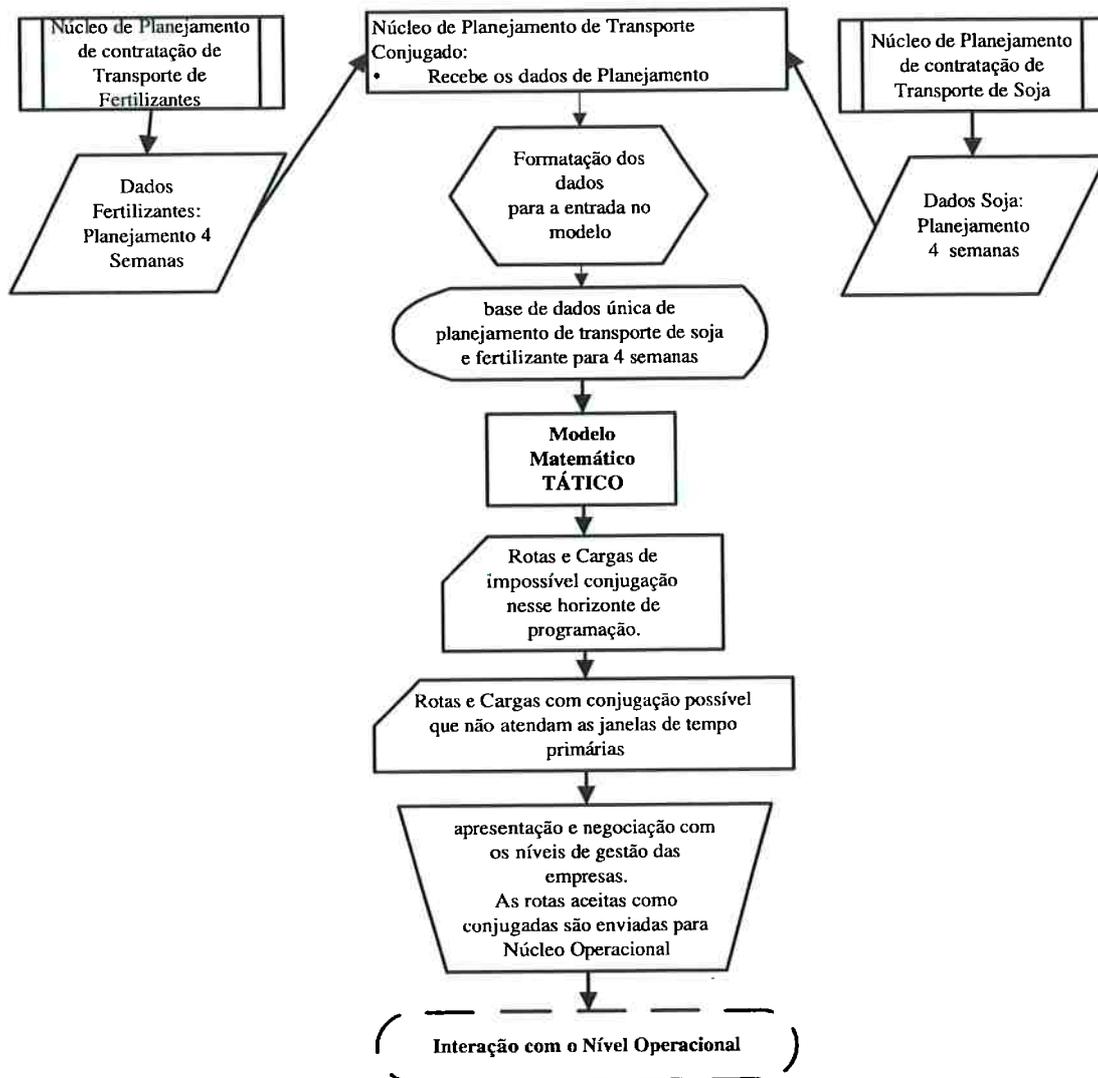


Figura 6-10: Premissas e lógica para o modelo matemático e metodologia para o Nível Tático

### 6.2.5 - Modelo Matemático: Nível Tático.

#### *NOMENCLATURA DOS ÍNDICES*

Os seguintes índices serão utilizados para o desenvolvimento do modelo matemático – foco tático neste trabalho:

- ✓  $i$  ... para pontos de origem da Empresa A, associado também às instalações de armazenagem da empresa A;
- ✓  $j$  ... para pontos de destino da Empresa A, associado também às instalações de processamento ou escoamento da Empresa A;
- ✓  $m$  ... para pontos de origem da Empresa B, associados também às instalações processadoras da empresa B;
- ✓  $n$  ... para pontos de destino da Empresa B, associados também aos clientes de Empresa B;
- ✓  $t$  ... para indicar o período de tempo

Relativo aos conjuntos de índices:

- ✓  $I$  ... para indicar o conjunto de todos os pontos de origem da Empresa A;
- ✓  $J$  ... para indicar o conjunto de todos os pontos de destino da Empresa A;
- ✓  $M$  ... para indicar o conjunto de todos os pontos de origem da Empresa B;
- ✓  $N$  ... para indicar o conjunto de todos os pontos de destino da Empresa B;
- ✓  $T$  ... para indicar o conjunto com todos os períodos de tempo.

#### *PARÂMETROS*

Os parâmetros utilizados no modelo matemático – foco estratégico estão descritos a seguir:

Relativo aos custos:

- ✓  $C^x_{i,j,t}$  ... custo do frete em R\$/ton. para a rota com origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  no período de tempo de índice  $t$ ;

- ✓  $C^Y_{m, n, t}$  ... custo do frete em R\$/ton. para a rota com origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  no período de tempo de índice  $t$ ;
- ✓  $C^{WAB}_{i, j, m, n, t}$  ... custo do frete em R\$/ton. para a rota conjugada com uma rota da Empresa A de origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  seguido de outra rota da Empresa B de origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  no período de tempo de índice  $t$ ;
- ✓  $C^{WBA}_{m, n, i, j, t}$  ... custo do frete em R\$/ton. para a rota conjugada com uma rota da Empresa B de origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  seguido de outra rota da Empresa A de origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  no período de tempo de índice  $t$ ;
- ✓  $C^{WAAB}_{i, j, m, n, t}$  ... parcela do custo total do frete destinada para Empresa A, em R\$/ton., para a rota conjugada com uma rota de origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  seguido de outra rota de origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  no período de tempo de índice  $t$ ;
- ✓  $C^{WBAB}_{i, j, m, n, t}$  ... parcela do custo total do frete destinada para a Empresa B, em R\$/ton. para a rota conjugada com uma rota de origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  seguido de outra rota de origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  no período de tempo de índice  $t$ ;
- ✓  $C^{WABA}_{m, n, i, j, t}$  ... parcela do custo total do frete destinada para Empresa A, em R\$/ton., para a rota conjugada com uma rota de origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  seguido de outra rota de origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  no período de tempo de índice  $t$ ;
- ✓  $C^{WBBA}_{m, n, i, j, t}$  ... parcela do custo total do frete destinada para a Empresa B, em R\$/ton. para a rota conjugada com uma rota de origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  seguido de outra rota de origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  no período de tempo de índice  $t$ ;

Relativo às demandas e ao Planejamento de rotas:

- ✓  $D^A_{j, t}$  ... demanda das instalações de processamento ou escoamento da Empresa A no ponto de índice  $j$  no período de tempo de índice  $t$ ;
- ✓  $D^B_{n, t}$  ... demanda dos clientes da Empresa B no ponto de índice  $n$  no período de tempo de índice  $t$ ;

- ✓  $P^A_{i,j,t} \dots$  Planejamento de rotas da Empresa A para a rota de origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  no período de tempo de índice  $t$ ;
- ✓  $P^B_{m,n,t} \dots$  Planejamento de rotas da Empresa B para a rota de origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  no período de tempo de índice  $t$ ;

Relativo aos fatores de flexibilização:

- ✓  $H^A_{i,j,t,t'} \dots$  percentual máximo da demanda  $D^A_{j,t}$  da instalação da Empresa A do ponto de índice  $j$  que é atendido pelo ponto de armazenagem do ponto de índice  $i$ , que pode ser transferida para do período de tempo de índice  $t$  para o período de tempo de índice  $t'$ ;
- ✓  $H^B_{m,n,t,t'} \dots$  percentual máximo da demanda  $D^B_{n,t}$  do cliente da Empresa B no ponto de índice  $n$  que é atendido pela fábrica de índice  $m$ , que pode ser transferida para do período de tempo de índice  $t$  para o período de tempo de índice  $t'$ ;

### **VARIÁVEIS DE DECISÃO**

As seguintes variáveis de decisão compõem o modelo matemático proposto:

- ✓  $X_{i,j,t} \dots$  quantidade, em toneladas, transportada pela Empresa A da origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  no período de tempo de índice  $t$ ;
- ✓  $Y_{m,n,t} \dots$  quantidade, em toneladas, transportada pela Empresa B da origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  no período de tempo de índice  $t$ ;
- ✓  $W^{AB}_{i,j,m,n,t} \dots$  quantidade, em toneladas, transportada em rota conjugada com uma rota da Empresa A de origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  seguido de outra rota da Empresa B de origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  no período de tempo  $t$ ;
- ✓  $W^{BA}_{m,n,i,j,t} \dots$  quantidade, em toneladas, transportada em rota conjugada com uma rota da Empresa B de origem de índice  $m$  para o destino de índice  $n$  seguido de outra rota da Empresa A de origem de índice  $i$  para o destino de índice  $j$  no período de tempo  $t$ ;
- ✓  $Z^A_{i,j,t,t'} \dots$  quantidade, em toneladas, da demanda  $D^A_{j,t}$  da instalação da Empresa A do ponto de índice  $j$  remanejada do período de tempo de índice  $t$  para o período de tempo de índice  $t'$ ;

- ✓  $Z^B_{m, n, t, t'}$  ... quantidade, em toneladas, da demanda  $D^B_{n, t}$  do cliente da Empresa B do ponto de índice  $n$  remanejada do período de tempo de índice  $t$  para o período de tempo de índice  $t'$ .
- ✓  $C^T$  ... custo total em R\$ das operações de frete da Empresa A e Empresa B no tempo  $T$ ;
- ✓  $C^{TA}$  ... custo total em R\$ de operações de frete da Empresa A no tempo  $T$ ;
- ✓  $C^{TB}$  ... custo total em R\$ de operações de frete da Empresa B no tempo  $T$ .

### **FUNÇÃO OBJETIVO**

Função com objetivo de minimizar a conta frete de todo o sistema. Na inexistência das rotas conjugadas (variáveis  $W$ ), minimizaria o custo da conta frete das duas empresas considerando uma operação totalmente estanque da outra:

$$C^T = \sum_i^I \sum_j^J \sum_t^T (X_{i,j,t} \times C^X_{i,j,t}) + \sum_m^M \sum_n^N \sum_t^T (Y_{m,n,t} \times C^Y_{m,n,t}) + \sum_i^I \sum_j^J \sum_m^M \sum_n^N \sum_t^T (W^{AB}_{i,j,m,n,t} \times C^{WAB}_{i,j,m,n,t} + W^{BA}_{m,n,i,j,t} \times C^{WBA}_{m,n,i,j,t}) \quad (14)$$

### **RESTRICÇÕES**

#### **ATENDIMENTO DA DEMANDA NAS INSTALAÇÕES DE PROCESSAMENTO OU ESCOAMENTO DA EMPRESA A**

Garante o atendimento da demanda das instalações de processamento ou escoamento da Empresa A:

$$\sum_i^I X_{i,j,t} + \sum_i^I \sum_m^M \sum_n^N (W^{AB}_{i,j,m,n,t} + W^{BA}_{m,n,i,j,t}) \geq D^A_{j,t} - \sum_i^I \sum_{t' \neq t}^T Z^A_{i,j,t,t'} + \sum_i^I \sum_{t' \neq t}^T Z^A_{i,j,t',t} \quad , \forall j \in J, \forall t \in T \quad (15)$$

#### **ATENDIMENTO DA DEMANDA NOS CLIENTES DA EMPRESA B**

Garante o atendimento da demanda dos clientes da empresa B:

$$\begin{aligned} \sum_m^M Y_{m,n,t} + \sum_i^I \sum_j^J \sum_m^M (W^{AB}_{i,j,m,n,t} + W^{BA}_{m,n,i,j,t}) &\geq \\ &,\forall n \in N, \forall t \in T \quad (16) \\ \geq D^B_{n,t} - \sum_m^M \sum_{t' \neq t}^T Z^B_{m,n,t,t'} + \sum_m^M \sum_{t' \neq t}^T Z^B_{m,n,t',t} \end{aligned}$$

**CUMPRIMENTO DO PLANEJAMENTO DE ROTAS DA EMPRESA A**

Garante o atendimento das metas do planejamento de rotas da Empresa A:

$$\begin{aligned} X_{i,j,t} + \sum_m^M \sum_n^N (W^{AB}_{i,j,m,n,t} + W^{BA}_{m,n,i,j,t}) &\geq P^A_{i,j,t} - \sum_{t' \neq t}^T Z^A_{i,j,t,t'} + \sum_{t' \neq t}^T Z^A_{i,j,t',t} \\ &,\forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (17) \end{aligned}$$

**CUMPRIMENTO DO PLANEJAMENTO DE ROTAS DA EMPRESA B**

Garante o atendimento das metas do planejamento de rotas da Empresa B:

$$\begin{aligned} Y_{m,n,t} + \sum_i^I \sum_j^J (W^{AB}_{i,j,m,n,t} + W^{BA}_{m,n,i,j,t}) &\geq P^B_{m,n,t} - \sum_{t' \neq t}^T Z^B_{m,n,t,t'} + \sum_{t' \neq t}^T Z^B_{m,n,t',t} \\ &,\forall m \in M, \forall n \in N, \forall t \in T \quad (18) \end{aligned}$$

**MÁXIMO REMANEJAMENTO NO PLANEJAMENTO DE ROTAS DA EMPRESA A**

Garante que não haja mais remanejamento na Empresa A do o que permitido:

$$Z^A_{i,j,t,t'} \leq P^A_{i,j,t} \times H^A_{i,j,t,t'} \quad ,\forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T, \forall t' \in T, t \neq t' \quad (19)$$

**MÁXIMO REMANEJAMENTO NO PLANEJAMENTO DE ROTAS DA EMPRESA B**

Garante que não haja mais remanejamento na Empresa B do o que permitido:

$$Z^B_{m,n,t,t'} \leq P^B_{m,n,t} \times H^B_{m,n,t,t'} \quad ,\forall m \in M, \forall n \in N, \forall t \in T, t \neq t' \quad (20)$$

### **BALANÇO DOS REMANEJAMENTOS DA EMPRESA A**

Garante que os remanejamentos na Empresa A não sejam superiores a demanda em cada ponto e período:

$$D^A_{j,t} - \sum_i \sum_{t' \neq t} Z^A_{i,j,t,t'} + \sum_i \sum_{t' \neq t} Z^A_{i,j,t',t} \geq 0 \quad , \forall j \in J, \forall t \in T \quad (21)$$

### **BALANÇO DOS REMANEJAMENTOS DA EMPRESA B**

Garante que os remanejamentos na Empresa B não sejam superiores a demanda em cada ponto e período:

$$D^B_{n,t} - \sum_i \sum_{t' \neq t} Z^B_{m,n,t,t'} + \sum_i \sum_{t' \neq t} Z^B_{m,n,t',t} \geq 0 \quad , \forall i \in I, \forall t \in T \quad (22)$$

## **6.3 - Nível Hierárquico: Operacional.**

O objetivo do modelo matemático no Nível Operacional é a partir de uma demanda de transporte, conhecida e firme, gerar todas as possibilidades de conjugação das rotas de soja e fertilizantes; conforme as premissas estabelecidas.

As Variáveis de Decisão no nível operacional são:

1. Conjunto de Rotas e Cargas com conjugação;
2. Conjunto de Rotas e Cargas de impossível conjugação;

Entrada de dados: carteira de pedidos de fertilizantes; programação de transporte de soja.

Horizonte de Programação: uma semana.

Fluxograma do Processo:

A figura 6.11 representa o fluxograma do processo para a metodologia aplicada ao nível operacional.

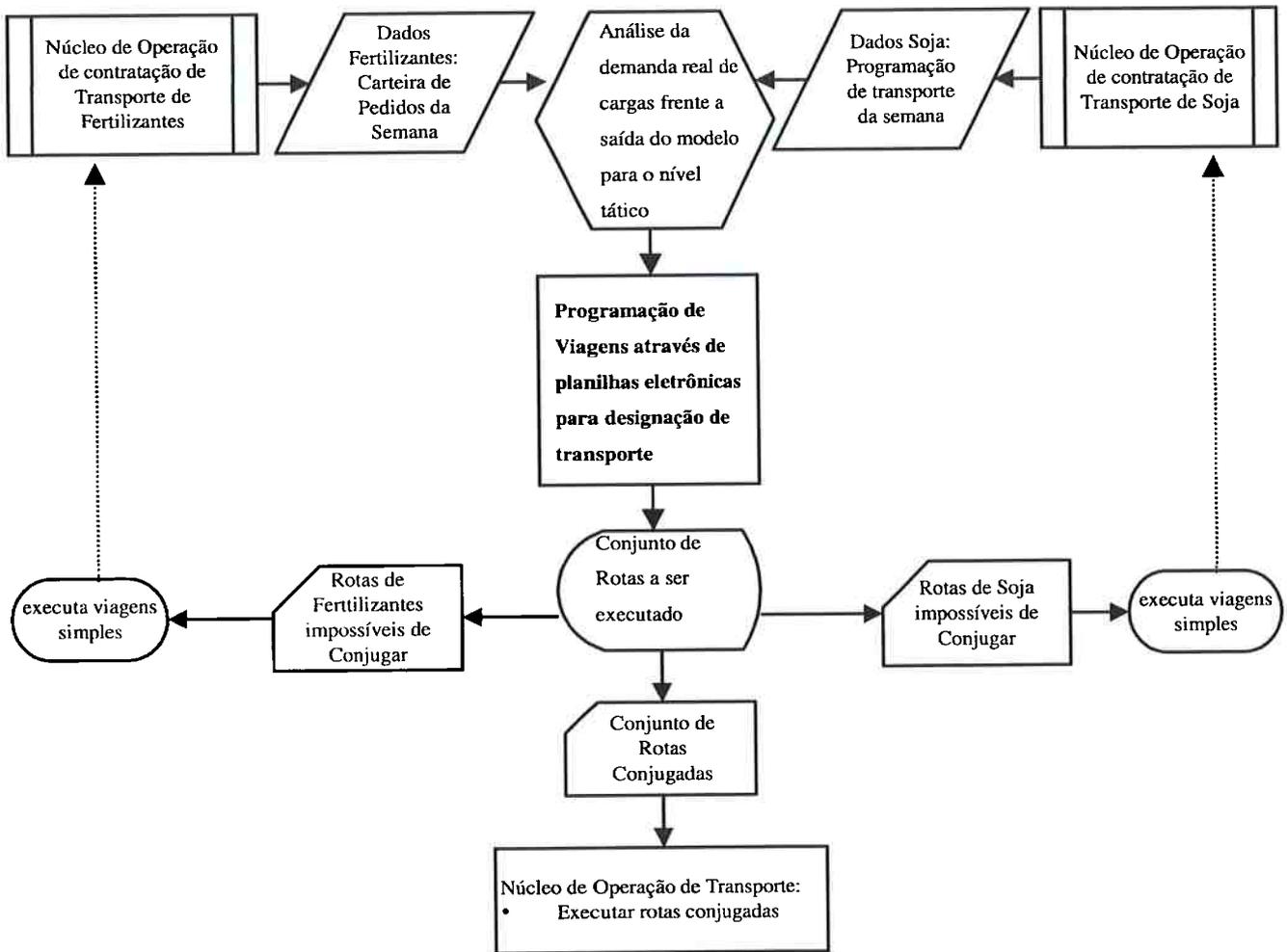


Figura 6-11: Premissas e lógica para o modelo matemático e metodologia para o Nível Operacional

### **6.3.1 - Descrição da Metodologia para a execução das cargas no nível hierárquico operacional.**

A metodologia proposta para o transporte colaborativo alcança o ponto de execução das rotas. O nível agora é o operacional; todo o planejamento foi elaborado nos níveis hierárquicos anteriores (estratégico e tático). A etapa seguinte e final tratará de executar o planejado, daí resultando a abordagem de programação de cargas (como colocado no início do capítulo).

O planejamento realizado por meio da modelagem matemática buscou maximizar a possibilidade de conjugação de cargas, e assim o transporte colaborativo entre as empresas A e B; porém a sua execução é dependente da confirmação da carteira de pedidos de venda do produto de B e efetivação do fluxo do produto de A, restando apenas programar as viagens simples e conjugadas e ordenar a execução. Por esta razão não cabe novo modelo matemático, mas sim empenhar esforços para buscar realizar a proposta do planejamento. O processo de programação de viagens finaliza o ciclo atendendo à demanda de cargas da semana.

A programação de viagens é um processo trabalhoso, porém não complexo; a complexidade está em se realizar o planejamento de cargas simples e conjugadas, trabalhando as restrições impostas pelas regras de negócio das empresas; estas etapas foram concluídas por meio das implementações dos modelos matemáticos apresentados (estratégico e tático); desta feita, a metodologia acaba por aceitar as melhores práticas de programação de cargas e designação de viagens, cujo processo básico (na seqüência em que deverá ocorrer) é enumerado a seguir:

1. O núcleo de contratação e operação de transportes recebe a demanda confirmada de viagens para os produtos de A e de B.
2. Realiza também a comparação entre o planejado e a demanda real, e por meio de planilhas eletrônicas adequa a demanda real ao planejado.
3. O conjunto final de viagens é então formado e subdividido em três categorias:
  - a. Viagens simples (não conjugadas) para a Empresa A
  - b. Viagens simples (não conjugadas) para a Empresa B
  - c. Viagens conjugadas

4. O conjunto de viagens simples (não conjugadas) para a Empresa A é direcionado para o núcleo de contratação e operação desta empresa, que executa as viagens conforme os seus processos habituais.
5. O conjunto de viagens simples (não conjugadas) para a Empresa B é direcionado para o núcleo de contratação e operação desta empresa, que também executa as viagens conforme os seus processos habituais.
6. O conjunto de viagens conjugadas fica a cargo do núcleo de contratação e operação (central – formado para planejamento e operação do transporte colaborativo) que executa as viagens conjugadas conforme o estabelecido no planejamento. É importante ressaltar que, previamente, deverá ter havido a negociação interna e a correspondente anuência das áreas das Empresas A e B quanto às flexibilizações das restrições, apontadas nos modelos matemáticos.
7. Fim do ciclo, preparação para a execução da demanda de transportes da semana seguinte.

Com a seqüência apresentada para o nível operacional, conclui-se a descrição da metodologia.

## **CAPÍTULO 7 APLICAÇÃO EM CASO REAL “SOJA E FERTILIZANTE”**

### **7.1 - Introdução ao Capítulo**

A abordagem da pesquisa é a larga movimentação de grandes volumes; a prática do mercado reforça seu direcionamento já que a possibilidade de efetivar o transporte colaborativo aumenta com o aumento dos volumes e alternativas de conjugação de rotas com maior abrangência geográfica. O caso escolhido para a aplicação da metodologia atende a ambos os requisitos; como foi mostrado detalhadamente nos capítulos iniciais, o transporte de soja e fertilizantes realizado em todos os estados brasileiros supera a casa de 50 milhões de toneladas, apenas levando-se em conta as empresas que participaram desta pesquisa.

Neste capítulo será realizada a implementação da metodologia e dos modelos matemáticos descritos no capítulo 6; para tanto, faz-se necessário resgatar, de forma breve, elementos básicos do caso real e dos cenários que compõem a movimentação de soja e fertilizante.

A movimentação da soja inicia-se com processo de transporte a partir do agricultor (originação) para os silos de armazenamento e daí para as unidades expedidoras e/ou processadoras, ou o transporte é direto do produtor para as unidades processadoras ou portos para exportação; já no caso do grão processado, o transporte tem origem nas unidades processadoras com destino a consumidores fabris, no mercado doméstico e para exportação (como o caso do farelo de soja).

O volume de soja transportado por ferrovia vem aumentando significativamente nos últimos anos, com a privatização do setor ferroviário, alcançando a casa de 28%; porém a grande parcela, 67% da soja, é movimentada no modal rodoviário. A movimentação rodoviária é realizada, via de regra, por meio do caminhão tipo graneleiro bi-trem. O fluxo predominante é do interior para o litoral em busca dos portos ou grandes mercados consumidores internos. O Brasil possui grande conhecimento e recursos agrários no desenvolvimento desta cultura; durante praticamente todo o ano, existe soja sendo colhida ou armazenada, disponível para o transporte. Este fenômeno não elimina mas atenua a sazonalidade; a colheita inicia-se em janeiro na região norte/noroeste do país e encerra-se em setembro na região sul; desta forma os recursos (finitos e por vezes fator crítico) movimentam-se junto com a safra.

Para o fertilizante o cenário é bastante similar, com fluxo e sazonalidade invertidos; como é evidente, os períodos de maior consumo de fertilizantes são os de plantio, portanto de menor movimentação de soja; se a inversão de fluxo é positiva para a concretização de sinergia e transporte colaborativo, o descompasso temporal não o é; amenizando este fenômeno está a movimentação de fertilizantes para outras culturas, e a movimentação dos silos de soja. A sazonalidade na movimentação de fertilizante vem mudando e também amenizando o problema que, no entanto, ainda é muito relevante pois cerca de 60% a 70% de todo este fertilizante produzido são consumidos no segundo semestre. Os equipamentos e modais para o transporte de fertilizantes acompanham a tendência do transporte de soja.

Todos estes fatores e considerações já foram explorados nos capítulos: 1, 3, e 5.

## **7.2 - Considerações e premissas assumidas para os fretes das viagens conjugadas.**

Em vários momentos desta pesquisa foram feitas ponderações técnicas e de mercado para o assunto: preço e custo de fretes rodoviários. Com maior ênfase no capítulo 3 tratou-se da planilha formadora dos custos de transporte rodoviário de carga, e as regras que o mercado adota para formação de preços de fretes. É importante

recuperar a consideração de que o mercado é auto regulador, fazendo normal a prática de cargas de retorno, quando enfatizou-se que em havendo ofertas de transporte em sentido contrário ao principal o caminhão não deve voltar sem carga à região de origem, principalmente em distância superiores a 500 km. Os principais fatores determinantes para a efetivação desta prática são o balanceamento de cargas e a agilidade nas operações de carga e descarga, com maior peso para o primeiro.

A região que sofre forte desequilíbrio entre a rota principal e a de retorno, acaba por ter o preço do frete principal maior do que em regiões providas de maior equilíbrio entre ida e volta (respeitada a grandeza de distância e condições operacionais), e conseqüentemente as cargas de retorno que por ventura existam são muito disputadas e com preços relativamente inferiores. Pode-se concluir que a semelhança com as regras de “oferta e procura” não é casual, mas válida como em tantos outros segmentos.

#### **7.2.1 - Parâmetro de redução de fretes para cargas efetivamente conjugadas e cálculo dos fretes reais equivalentes por distância.**

O Transporte Colaborativo desenvolvido como metodologia nesta tese não tem como finalidade gerar cargas de retorno, seria impossível com este trabalho criar fluxo de produtos, o objetivo é maximizar a conjugação de rotas quando o fluxo de carga já existe.

Conforme detalhado nos capítulos iniciais, a redução de frete obtida com a implementação desta pesquisa acontece pelos seguintes e mais importantes motivos:

1. Aumento de produtividade dos caminhões envolvidos no processo, em função de:
  - a. Agilidade nas operações de carga e descarga, uma vez que os veículos ficam dedicados na operação e podem ser programados com antecedência e continuidade.
  - b. Atuação dedicada dos veículos, o que elimina o tempo de procura e negociação de novas cargas
2. Garantia de carga de retorno nos desequilíbrios de fluxo e quedas nas movimentações determinando vantagem competitiva frente aos provedores de transporte que não participam do sistema.

Na metodologia, desenvolvida e amparada em modelagem matemática, o desconto obtido com a conjugação de carga é um parâmetro, e pode ser determinado região a região e manipulado de modo a ser elevado ou diminuído. Os fatores mais importantes a serem considerados para esta decisão são:

- o balanceamento entre a rota principal e retorno;
- o sazonalidades determinando alta ou baixa das movimentações do sistema;
- o interesse em incentivar determinado fluxo;
- o criar fator competitivo frente aos que não participam do sistema, diminuindo a redução do frete, buscando cativar os transportadores que servem aos concorrentes.

Considerando-se tudo o que foi explorado neste item 7.3 resta determinar um parâmetro para a aplicação prática da metodologia que seguirá nos tópicos seguintes. Um valor módico e coerente com as práticas reais de mercado para o de desconto do frete na conjugação de cargas é **6%**. Este será o valor utilizado na implementação da metodologia ao caso real escolhido. Na hipótese desta tese ser adotada para implementação em sistemas reais, a recomendação é que este parâmetro não seja único, mas que seja determinado caso a caso, região a região, sempre buscando reproduzir fielmente na modelagem matemática as práticas do mercado, e o modelo foi desenvolvido de modo a permitir esta construção.

É importante notar que o valor de 6% aqui adotado é conservador, pois não se pretende criar valor através de números irreais que venham a mascarar o verdadeiro mérito da pesquisa que é tratar as viagens, seus momentos e restrições, e aí gerar movimento contínuo, minimizando o tráfego dos equipamentos sem carga.

O desconto de 6% será adotado pelo modelo matemático, sobre os fretes reais (soma dos fretes unitários do ciclo original de ida e volta), cada vez que uma viagem conjugada for concretizada. Os fretes “reais” utilizados pelo modelo matemático foram extraídos da base de dados (valores efetivamente praticados) e receberam tratamento estatístico.

Esta análise estatística teve como objetivo estabelecer padrões de fretes praticados por rota, e por região. Isto se fez necessário para estabelecer fretes equivalentes por

distância facilitando a implementação, já que se a opção adotada fosse de busca de frete real para cada par origem/destino teriam-se duas conseqüências principais que poderiam inviabilizar a aplicação da metodologia, a saber:

1. O número de pares origens/destinos é muito grande e se tornaria um obstáculo ao trabalho computacional;
2. Rotas alternativas são criadas no sistema (mantendo o fluxo e seu balanceamento) que certamente não teriam seus respectivos valores de fretes pré-determinados.

As figuras a seguir mostram os gráficos com as regressões relacionadas ao custo do transporte para as Empresa A (7.1 a 7.3) e B (7.4 a 7.6) por quadrimestre.

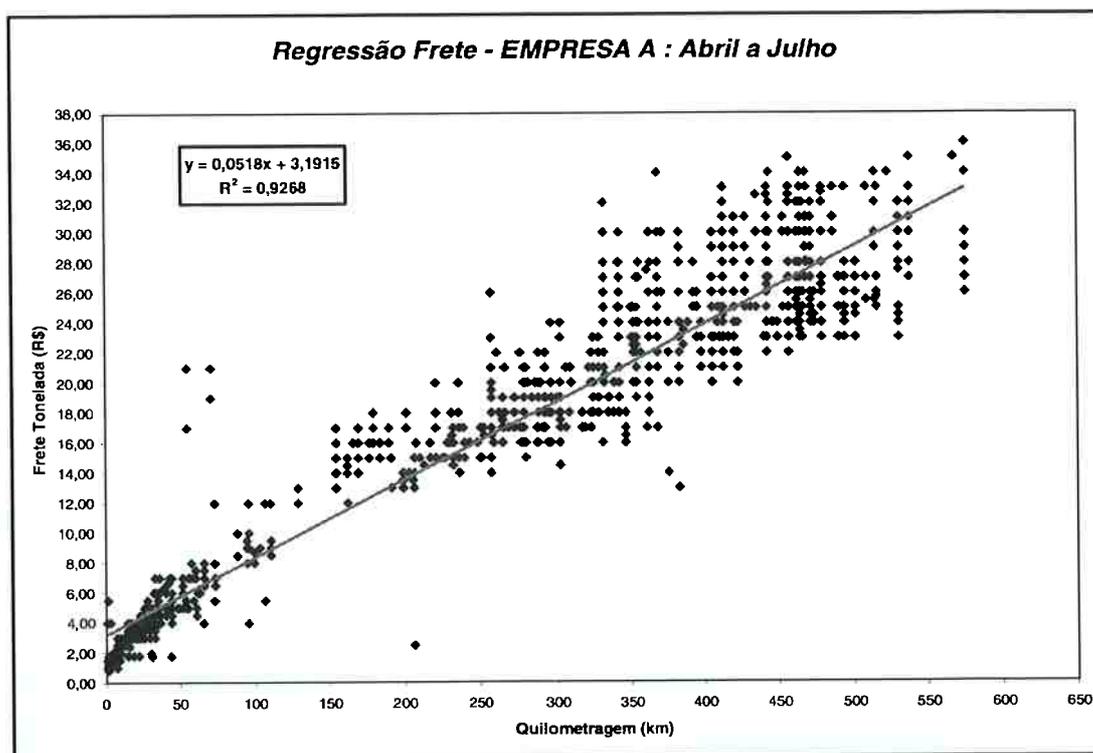


Figura 7-1: Regressão de frete, abril a julho, para a Empresa A

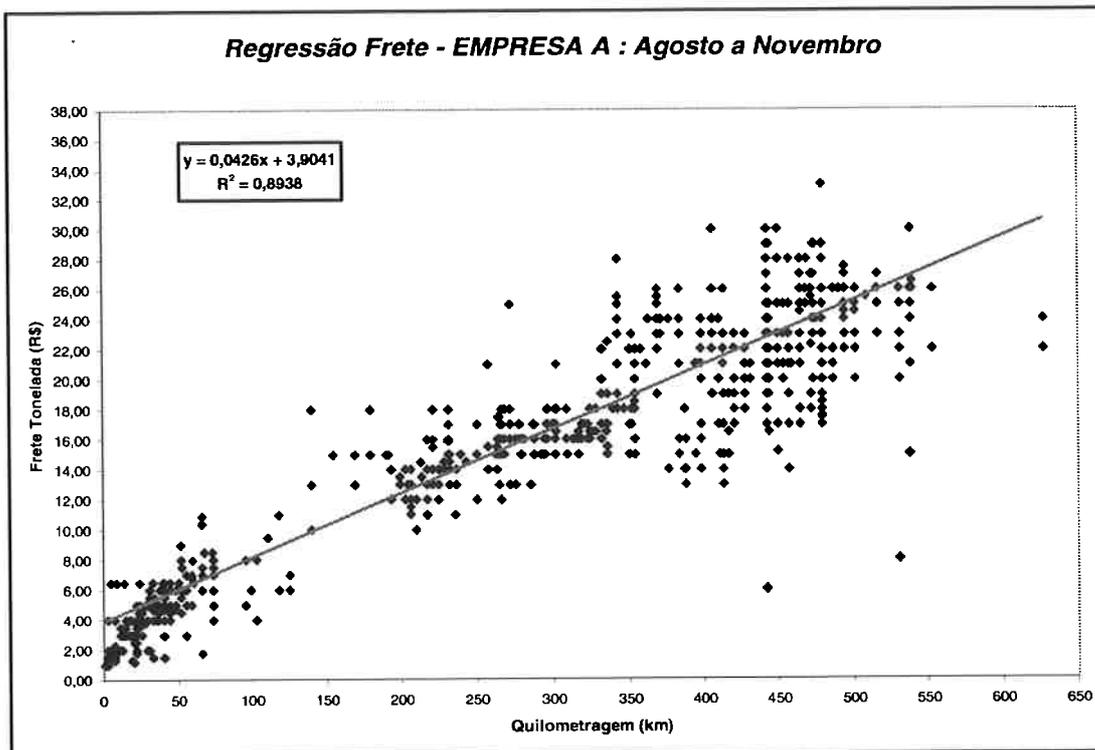


Figura 7-2: Regressão de frete, agosto a novembro, para a Empresa A

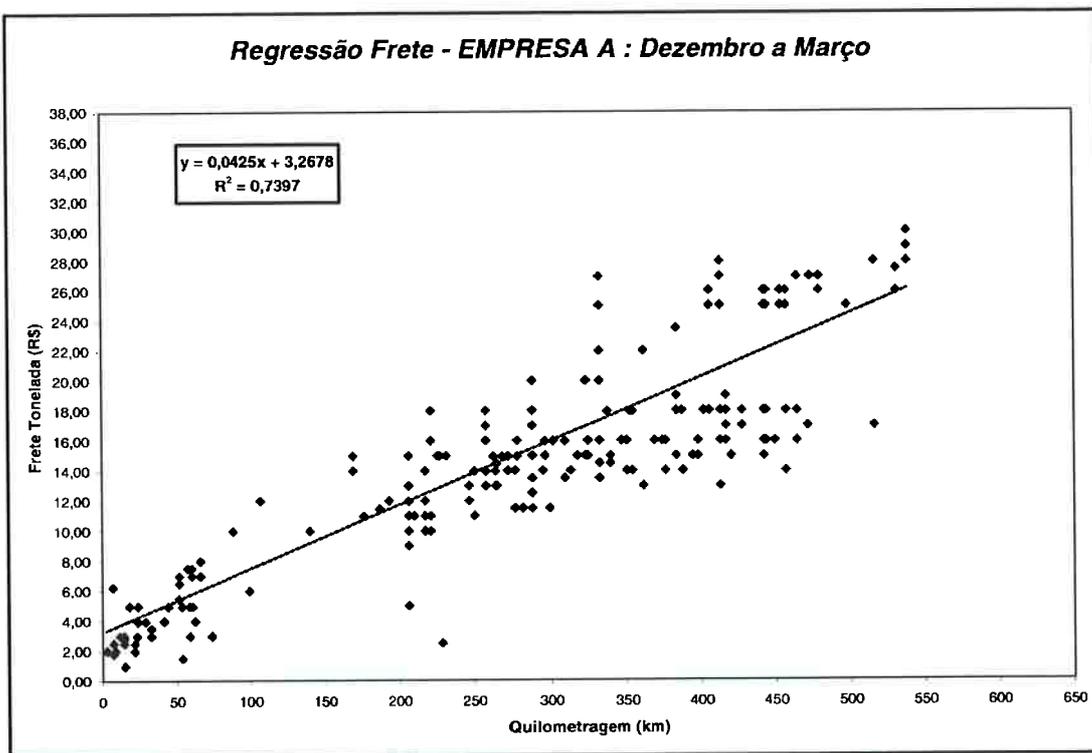


Figura 7-3: Regressão de frete, dezembro a março, para a Empresa A

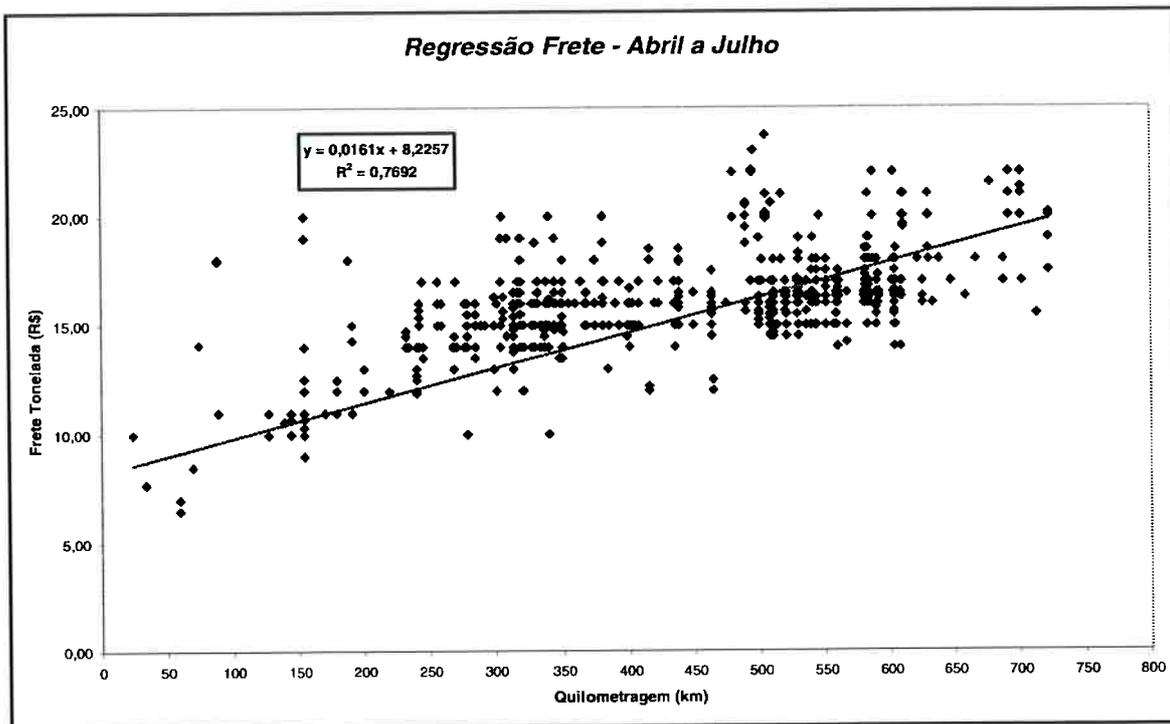


Figura 7-4: Regressão de frete, abril a julho, para a Empresa B

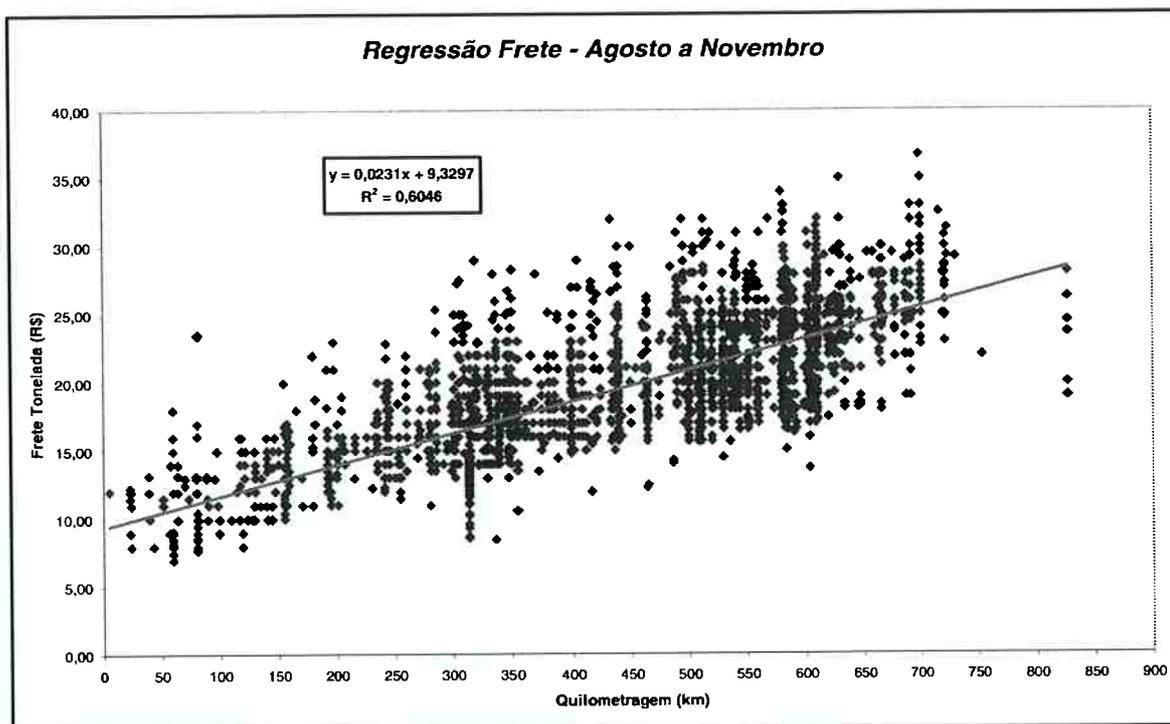
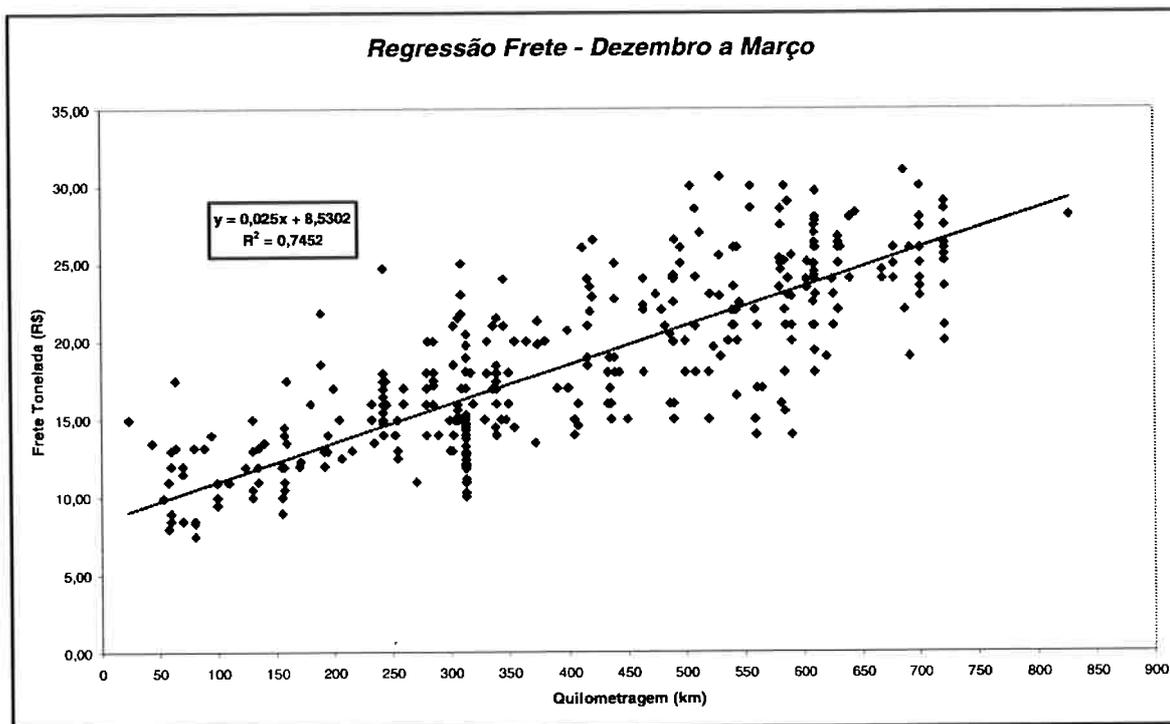


Figura 7-5: Regressão de frete, agosto a novembro, para a Empresa B



**Figura 7-6: Regressão de frete, dezembro a março, para a Empresa B**

O trabalho estatístico procurou ser exaustivo visando encontrar para cada período a melhor equação de correlação. A amostra de dados para o cálculo das regressões tem mais de 13.000 pontos.

Os valores de  $R^2$  obtidos em cada uma dos casos mostram adequada aderência dos valores à uma regressão linear, conferindo conforto na utilização dos resultados para os modelos matemáticos.

As distâncias foram determinadas pelo arco de circunferência em coordenadas esféricas nas latitudes e longitudes da origem e destino, dada pela fórmula (Ballou, 1999):

$$D_{A-B} = 6340 * \{ \arccos[ \sin(LAT_A) * \sin(LAT_B) + \cos(LAT_A) * \cos(LAT_B) * \cos|LONG_A - LONG_B| ] \}$$

onde:

$D_{A-B}$ : distância esférica entre o ponto A e B (Km);

$LAT_A$ : latitude, em radianos, do ponto A;

$LAT_B$ : latitude, em radianos, do ponto B;

$LONG_A$ : longitude, em radianos, do ponto A;

$LONG_B$ : longitude, em radianos, do ponto B.

Com a finalidade de diminuir a distorção causada pelos acréscimos e diminuições de demanda de carga, que acabam por causar impacto no preço dos fretes, a formulação apresentada para cálculo do “frete distância” foi implementada por período. Os períodos foram escolhidos de modo a coincidir com a sazonalidade de plantio de soja, portanto consumo de fertilizantes (alta para a empresa B), e períodos de exportação de soja (alta para a empresa A). Desta forma, as fórmulas para o cálculo do custo de transporte da soja da Empresa A e de fertilizante da Empresa B estão descritas a seguir:

- Empresa A
  - ♦ Dezembro a Março:  
 $C_1^A = 0.0425 \cdot D + 3.2678$
  - ♦ Abril a Julho (alta do consumo de soja):  
 $C_2^A = 0.0518 \cdot D + 3.1915$
  - ♦ Agosto a Novembro:  
 $C_3^A = 0.0426 \cdot D + 3.9041$
- Empresa B
  - ♦ Dezembro a Março:  
 $C_1^B = 0.0342 \cdot D + 8.5302$
  - ♦ Abril a Julho:

$$C_2^B = 0.0220 \cdot D + 8.2257$$

- Agosto a Novembro (alta do consumo de fertilizantes):

$$C_3^B = 0.0316 \cdot D + 9.3297$$

onde  $D$  é a distância a ser percorrida.

A formulação apresentada foi obtida com adequado tratamento estatístico para toda a base de dados utilizada; as figuras apenas ilustram o resultado. As curvas de fretes obtidas foram testadas e comprovaram eficiência. Não há interesse em transcrever para este texto a tabela obtida para o “frete distância”, mas seus resultados foram aplicados à modelagem matemática proposta para a metodologia.

### 7.3 - Implementação da metodologia por Pólo Geográfico

Os fatores que caracterizam o cenário para a implementação da metodologia e que, pela sua magnitude, permitirão o seu sucesso, também podem determinar o fracasso se não trabalhados adequadamente; são eles:

1. abrangência geográfica
2. conjunto de rotas
3. volume de carga

A importância destes elementos no desenvolvimento da metodologia já foi suficientemente detalhada neste trabalho porém, para a sua implementação, faz-se necessária uma análise sob o aspecto prático; é preciso compor estes elementos de modo que favoreçam a operação e não que a inviabilizem.

Como colocado anteriormente, são mais de 3000 as rotas de fertilizantes utilizadas; as rotas para a movimentação de soja são em número menor, porém ainda grande.

As operações são realizadas em todo o território brasileiro, todos os estados são atendidos com entregas de fertilizantes e produzem soja e/ou farelo e/ou consomem seus derivados e/ou são canais de exportação. No pico de cada uma das safras os volumes são muito grandes e pulverizados.

A somatória destes fatores dificultaria qualquer controle mais apurado visando a aplicação de modelos matemáticos a partir de uma única base de dados, além de demandar recursos computacionais acima do razoável.

Finalmente um fator decisivo que impede a implementação da metodologia proposta neste trabalho por meio de uma base centralizada é a impossibilidade de interação com os níveis hierárquicos de decisão, interação que constitui um dos pilares do método. Esta impossibilidade advém da razão de uma operação única para todo o país inviabilizar na prática a rápida e eficiente interação com os responsáveis pelos diversos processos, por exemplo: suponha-se uma central em São Paulo; caso fosse apresentado, como saída do nível tático, um cenário que dependesse da aprovação da equipe de vendas de Barcarena, no Pará, o processo se tornaria inviável.

Estas razões ratificam o ensaio realizado no capítulo 5, onde a heurística foi implementada por pólo geográfico. O conceito de implementação por pólo é reforçado por meio da seguinte argumentação:

1. Os caminhões fixam-se em determinadas regiões estabelecendo pólos, buscando sinergias e movimentos contínuos neste segmento, sediando-se em região ou atividade no período produtivo do pólo. Na prática, isto significa que não há fuga de recursos de transportes no processo.
2. Os momentos de pico são diferentes, ou seja, uma central estaria com toda a sua atenção voltada para a região de maior movimento e, possivelmente, perderia detalhes de regiões que estivessem em baixa mas com carga possível de conjugar.
3. Não há sinergia entre regiões distantes ou corredores de transportes diferentes, isto é, não existe possibilidade de conjugação de cargas entre rotas do Rio Grande do sul e do Paraná, por exemplo, mesmo estando relativamente próximas e na mesma região do país. Isto ocorre porque os canais de distribuição são diferentes, as fábricas de produção de fertilizantes e processamento de soja, bem como os portos para a importação de fertilizantes e exportação de soja, são definidos e não passíveis de interação ou intercâmbio. A soja do Rio Grande do Sul corre para Rio Grande, e de lá sai grande parte do fertilizante; já no Paraná o movimento é em sentido contrário, predominantemente para Paranaguá. Esse raciocínio pode ser replicado para todo o país, consolidando o conceito.

Apresentada a motivação para a implementação da metodologia de transporte colaborativo por pólo geográfico, cabe retorno à análise efetuada no capítulo 5, onde a divisão realizada resultou em:

1. Mesorregiões do MT para Alto Taquari (soja) e Cubatão para mesorregiões do MT (fertilizantes)
2. Mesorregiões do MT para Maringá e Ponta Grossa (soja) e Cambé/Ponta Grossa para mesorregiões do MT (fertilizantes)
3. Mesorregiões do MT para Araguari (soja) e Guará/Araxá/Uberaba para mesorregiões do MT (fertilizantes)
4. Mesorregiões do RS para Esteio/Porto Alegre/Rio Grande (soja) e Porto Alegre/Rio Grande para mesorregiões do RS (fertilizantes)

É suficiente para comprovação da efetividade da metodologia a sua implementação para um pólo geográfico, desta forma permitindo análises mais detalhadas dos cenários e possibilidades, direcionamento inviável para este trabalho no caso de implementação para todos os pólos.

O pólo escolhido é o do Rio Grande do Sul. O critério escolhido foi aquele com maior resultado financeiro e sinérgico na heurística aplicada no capítulo 5.

Resgatando algumas considerações sobre este pólo:

- Existem várias regiões que concentram as cargas de soja e que são embarcadas por ferrovia e/ou rodovia ao porto de Rio Grande e para a esmagadora, na mesma cidade, que expede a maior quantidade de fertilizante. Também com grande volume o sistema é replicado em Porto Alegre, cidade expedidora de fertilizante e que recebe soja e seus derivados. A prática mostra que soja e fertilizante têm potencial grande para conjugação no transporte rodoviário, utilizando-se os caminhões que trazem a soja de agricultores ou de silos próximos a eles no Estado do Rio Grande do Sul, inclusive através da utilização de intermodalismo, já que a ferrovia atua fortemente neste processo.

Extraída da figura 5. 2, a figura 7.7 ilustra a posição do pólo escolhido.

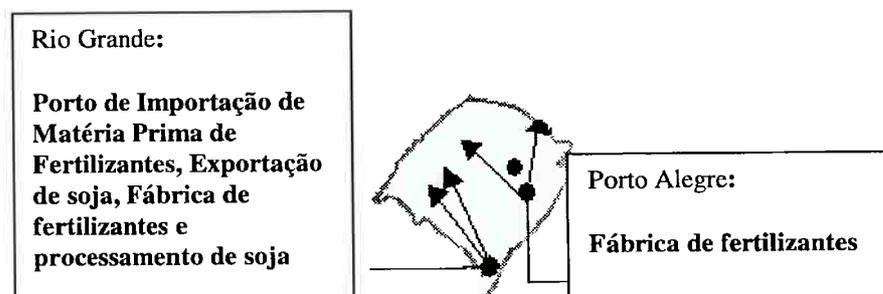


Figura 7-7: Ilustração do Pólo do Rio Grande do Sul escolhido para a aplicação do caso real

### 7.3.1 - Caracterização do Cenário – Pólo Geográfico: Estado do Rio Grande do Sul

#### 7.3.1.1 MERCADO DE GRÃOS

No Rio Grande do Sul, como no conjunto da produção de grãos do país, houve queda na colheita; porém, a magnitude das perdas ali foi mais significativa, atingindo um patamar de -15,7% no conjunto desses grãos, passando de uma produção de 19,4 para 16,4 milhões de toneladas em 2002.

Dois fatos devem ser destacados em relação à última safra: em primeiro lugar, a redução no Brasil da área de plantio de milho em 3,9%, e em segundo, a expansão das áreas de culturas de feijão em 20,3% e de soja em 17,1%. Neste Estado, as variações da área colhida acompanharam a tendência nacional; houve crescimento das áreas de soja (11,1%) e de feijão (11,4%) e um decréscimo de 14,6% na área do milho. Na safra 2001/2002 houve, então, migração da produção de milho para as culturas de soja e de feijão, sendo tal situação o resultado do comportamento elevado dos preços desses dois grãos na comercialização da safra 2000/2001.

### 7.3.2.2 MERCADO DE SOJA

A produção brasileira de soja na safra 2001/2002 apresentou um crescimento de 11,3%, atingindo o volume de 42,0 milhões de toneladas. Também a área cultivada apresentou uma expansão de 17,1% em relação à safra anterior. Essa safra poderia ter sido muito maior não fosse a queda de 5,0% na produtividade, em virtude de problemas climáticos nos estados do Sul e, também, em Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Bahia e Maranhão.

Estimativa da produção, da área e da produtividade da soja no Brasil e no Rio Grande do Sul — safras 2000/2001 e 2001/2002							
DISCRIMINAÇÃO	BRASIL			Δ% B/A	RIO GRANDE DO SUL		Δ% D/C
	Safras		Safras				
	2000/2001 (A)	2001/2002 (B)	2000/2001 (C)		2001/2002 (D)		
Produção (t) .....	37 683 083	41 936 663	11.3	6 935 552	5 610 511	-19.1	
Área (ha) .....	13 930 744	16 315 193	17.1	2 965 010	3 295 342	11.1	
Produtividade (kg/ha)	2 705	2 570	-5.0	2 339	1 703	-27.2	

FONTE: <http://www.sidra.ibge.gov.br> (out. 2002).  
LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA. [s.l.]: IBGE/GCEA-RS, out. 2002.

**Figura 7-8: Estimativa da produção de soja Brasil X RS.**

Já no Rio Grande do Sul, as perdas foram significativas: a produção de 5,6 milhões de toneladas representou uma redução de 19,1% em relação à da safra 2000/2001. Embora a área no Estado tenha também apresentado expansão de 11,1%, as condições climáticas desfavoráveis levaram à significativa queda de 27,2% no rendimento médio por hectare.

A comercialização em 2002 deu-se praticamente em dois momentos: nos meses que precederam a colheita, quando o produtor brasileiro vendeu como nunca, motivado pela alta cotação da soja no mercado externo; em um segundo momento, a partir dos meses que sucederam a colheita, quando houve uma desaceleração da comercialização face à perspectiva de safra cheia nos Estados Unidos e na América

do Sul e, também, à expectativa da obtenção de preços mais elevados no segundo semestre.

No mercado gaúcho, o preço médio de comercialização no primeiro semestre do ano foi da ordem de R\$ 22,94 a saca de 60kg; já no período jul/nov, a venda em nível de produtor deu-se em torno dos R\$ 36,45, o que representou, em média, um ganho de 58,89% para aquele produtor que vendeu na segunda metade de 2002. Mas se forem comparados os preços praticados na última semana do mês de novembro em relação a igual período do ano anterior, constata-se um crescimento de 62,3%.

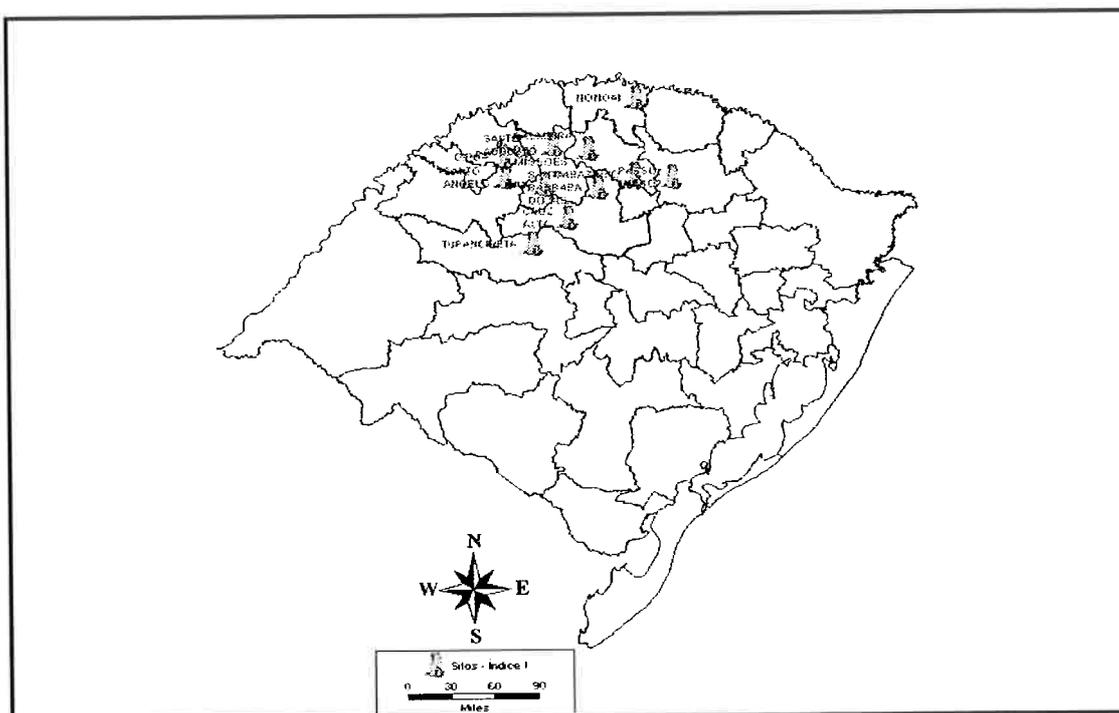
Esse quadro escalonado de vendas na espera de melhores preços foi possível em virtude da melhoria no nível de capitalização dos produtores, com a boa safra e os preços elevados de 2000 e 2001. Praticamente, a comercialização em 2002 ocorreu com preços altamente satisfatórios e superiores aos praticados em 2001, em decorrência de cotações mais firmes no mercado externo e da manutenção de uma taxa média de câmbio mais elevada.

#### **7.4 - Implementação da Metodologia proposta para o Transporte Colaborativo ao caso Real: Pólo Rio Grande do Sul**

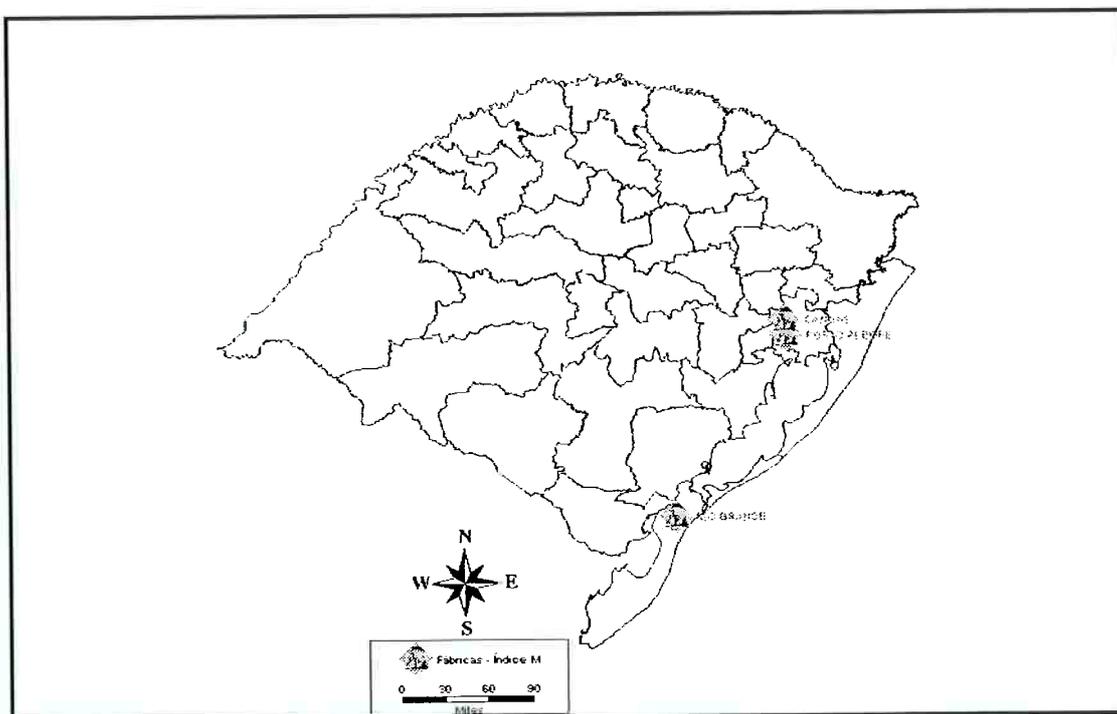
Neste capítulo define-se o estudo de caso que será utilizado para exploração do modelo matemático apresentado no capítulo anterior. Este caso tratará o problema proposto com um número reduzido de índices e variáveis. A redução do número de dimensões foi realizada empregando-se instrumentos de **Geoinformação**, na tentativa de gerar o máximo de informações agregadas em tabelas, ilustrações gráficas e mapas.

Após a definição das dimensões e parâmetros do estudo de caso, foi efetuado o processamento computacional. Este caso foi implementado utilizando-se como linguagem de manipulação algébrica o GAMS 2.50 (BROOKE et al., 1997) e o CPLEX como *solver*. O emprego do GAMS facilita a codificação do modelo e das suas diversas instâncias ou cenários e o uso do CPLEX é recomendado para problemas combinatórios de médio/grande porte (HINO, 1999).





**Figura 7-10: Silos do estudo de caso**



**Figura 7-11: Fábricas do estudo de caso**

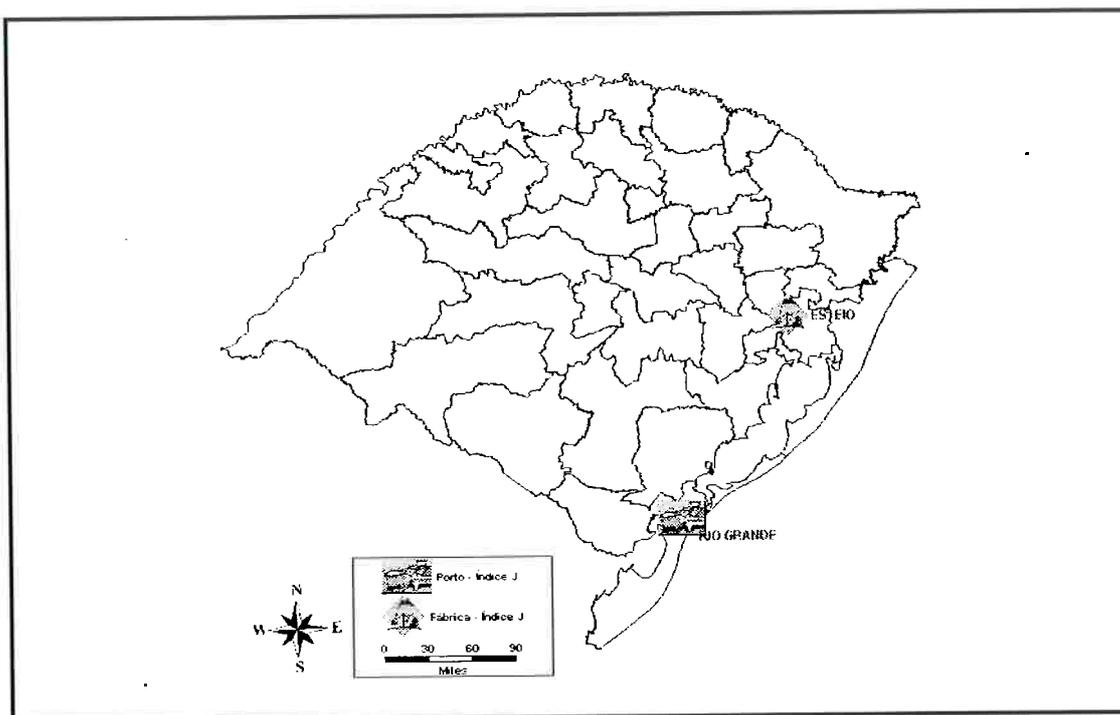


Figura 7-12: Porto do estudo de caso

### 7.5 - Cenários estudados

O modelo matemático foi parametrizado; desta forma, tornou-se possível construir diversas análises e decidir por uma linha de conduta com implementação prática viável, mas principalmente concluir a respeito da influência das condições externas ao sistema de transporte e como tais condições determinam o resultado.

Os fatores externos ao sistema de transporte, como visto no capítulo 6, estão basicamente ligados às condições comerciais e intrínsecas aos mercados de soja e fertilizante. Os fatores críticos do processo são:

- máxima flexibilização no BP original para o modelo estratégico;
- máxima flexibilização das janelas de tempo no modelo tático.

Essa conjuntura deve propiciar o melhor resultado para o custo de transporte, mas a questão natural é: traz o menor custo total para o sistema e atende à necessidade do negócio? Esta questão não pode ser respondida nesta aplicação porque o transporte, na prática, já terá sido realizado, e as interações com os níveis hierárquicos de decisão têm obrigatoriamente que acontecer em tempo real.

É possível, no entanto, simular cenários e analisar os resultados. As análises, então, permitem faixas de flexibilização e os respectivos resultados.

Como proposto na metodologia apresentada no capítulo 6, a aplicação da modelagem matemática inicia-se com a realização do BP para o nível estratégico, tanto para a Empresa A quanto para a Empresa B; os melhores resultados obtidos vão determinar os cenários que seguem para implementação no nível tático, e novamente deve ser realizada a análise dos resultados destes cenários, comparando-se o grau de flexibilização das janelas de tempo com a redução de frete obtida.

Ratifica-se que não há como aferir o impacto causado (positivo ou negativo) no custo total, pois a questão comercial e demais regras do negócio não são ponderadas nesta pesquisa. Desta forma, aceita-se como resultado final da aplicação o melhor resultado obtido dos respectivos cenários (estratégico+tático).

Nesta aplicação prática não cabe qualquer ação no nível operacional, mantendo-se como resultado final o obtido no modelo tático.

Os cenários escolhidos para a implementação dos modelos estratégicos estão sumarizados na tabela 7.1, e dos modelos táticos na tabela 7.2.

Para tornar-se possível a comparação, o primeiro cenário é a soma pura e simples do que as empresas realizaram em termos de custo de frete, ou seja, o que aconteceu de fato sem otimização (R1).

O cenário seguinte (R2) busca realizar uma simulação de otimização do BP sem conjugação de cargas; em outras palavras, o modelo matemático buscou o melhor BP considerando somente a conta frete, antes ainda de qualquer conjugação de cargas ou aplicação dos conceitos de transporte colaborativo.

Os cenários seguintes (R3 a R8) já buscam a máxima conjugação de cargas e, para tanto, a cada cenário o BP é flexibilizado de forma progressiva no seqüenciamento da movimentação dos estoques.

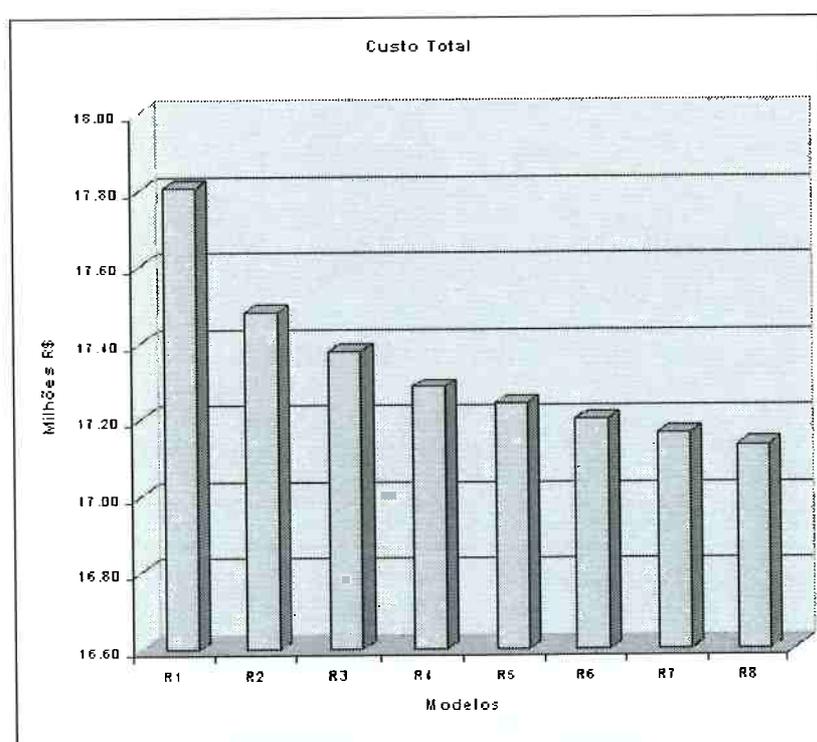
**Tabela 7-1: Descrição resumida dos Cenários Estudados**

MODELO	DESCRIÇÃO
R1	BP, sem rota composta
R3a	BP, com rota conjugada, nenhuma flexibilidade de alteração do BP e com 100% de remanejamento para 1 semana e 50% para 2 semanas
R3b	BP, com rota conjugada, nenhuma flexibilidade de alteração do BP e com 75% de remanejamento para 1 semana
R3c	BP, com rota conjugada, nenhuma flexibilidade de alteração do BP e sem remanejamento
R8a	BP, com rota conjugada, total flexibilidade de alteração do BP da empresa A e com 100% de remanejamento para 1 semana e 50% para 2 semanas
R8b	BP, com rota conjugada, total flexibilidade de alteração do BP da empresa A e com 75% de remanejamento para 1 semana
R8c	BP, com rota conjugada, total flexibilidade de alteração do BP da empresa A e sem remanejamento

**Tabela 7-2: Descrição dos modelos selecionados para o aprofundamento do estudo de caso**

MODELO	DESCRIÇÃO
R1	Business Plan, sem rota composta
R2	Otimizado (nenhum vínculo com Business Plan), sem rota conjugada
R3	Business Plan, com rota conjugada, nenhuma flexibilidade de alteração do BP
R4	Business Plan, com rota conjugada, com 20% de flexibilidade de alteração do BP da empresa A
R5	Business Plan, com rota conjugada, com 40% de flexibilidade de alteração do BP da empresa A
R6	Business Plan, com rota conjugada, com 60% de flexibilidade de alteração do BP da empresa A
R7	Business Plan, com rota conjugada, com 80% de flexibilidade de alteração do BP da empresa A
R8	Business Plan, com rota conjugada, com total flexibilidade de alteração do BP da empresa A

A seqüência do capítulo mostra os resultados, ilustrados por gráficos e tabelas. A figura 7.13 traz um gráfico representativo do Custo Total, em milhões de reais, da saída do modelo estratégico para cada um dos cenários.



**Figura 7-13: Custo Total para cada cenário resultante do modelo Estratégico**

Além da questão do Custo Total de Transporte, é importante realizar uma análise do seqüenciamento do esvaziamento dos silos (questão relativa ao modelo estratégico), e qual o impacto gerado nos estoques do produto, armazenado pela empresa A. Como foi visto no capítulo 6, as restrições do modelo poupam os silos de apresentar estoque menor do que zero, ou seja, o sistema está protegido de desabastecimento frente a uma demanda colocada. Na aplicação desenvolvida, neste capítulo para o

caso real, foi realizada uma análise criteriosa deste tópico e, a partir das saídas do modelo estratégico, elaborados gráficos para uma melhor análise visual do ocorrido com os estoques. Não se faz necessário trazer para o texto todas as avaliações com seus respectivos gráficos, mas para demonstrar a forma e a análise propriamente dita, a seguir são apresentados dois deles; o primeiro (figura 7.14) exibindo a situação para o BP original, e o segundo para o cenário de melhor resultado (figura 7.15).

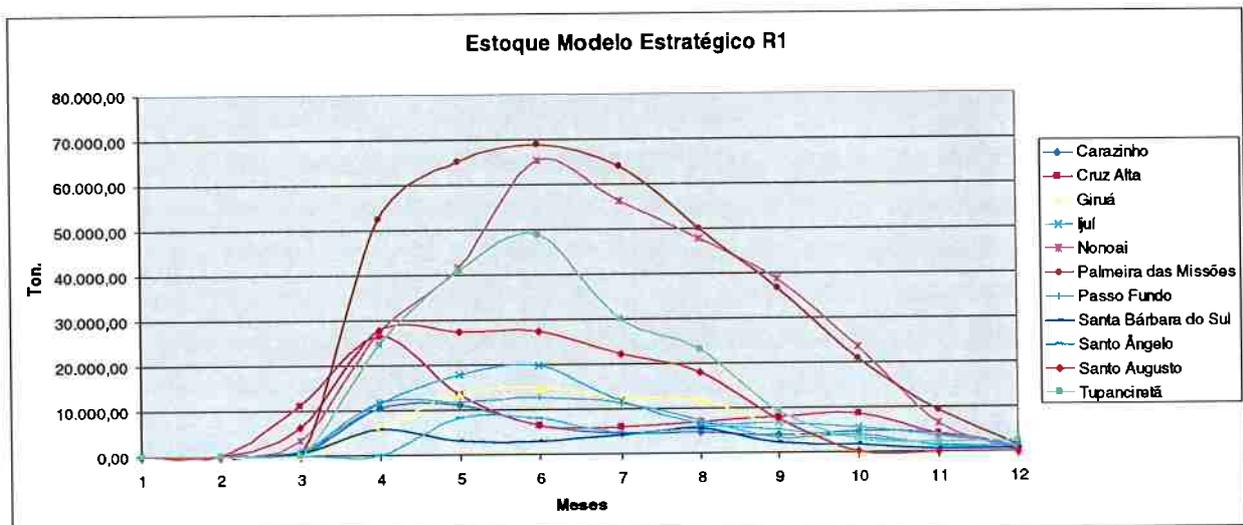


Figura 7-14: Gráfico para saída do modelo estratégico – estoques – BP original

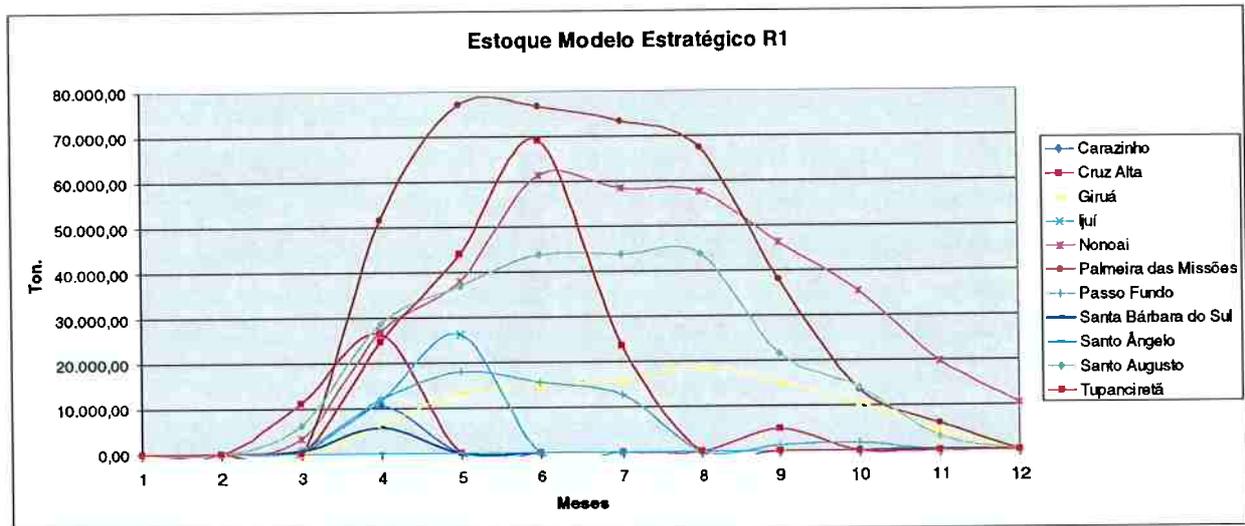


Figura 7-15: Gráfico para saída do modelo estratégico – estoques – R8 (melhor resultado)

A análise visual permite perceber as mudanças nos níveis de estoque, como também que o modelo (R8) chega ao limite várias vezes, buscando maximizar a possibilidade de conjugação de cargas dos produtos de A armazenados e de B frente à previsão de vendas.

Os cenários: *R1*, *R3* e *R8* foram selecionados com a finalidade de promover um aprofundamento do estudo para cada um destes casos, e a seguir são mostrados os resultados obtidos com a aplicação dos modelos matemáticos, utilizando-se de várias iterações nos cenários escolhidos. A apresentação será realizada por meio de uma tabela com os resultados para o nível estratégico e outra para o nível tático, sendo estas acompanhadas de gráficos tipo “coluna”, representando o percentual que o modelo obtém para os tipos de rotas. Este conjunto de informações, denominado “análise”, foi compilado para cada conjunto de cenários (estratégico+tático). Os índices usados nas tabelas e gráficos representam os indicados no capítulo 6, sendo: W rota composta e X, Y rotas simples; A e B referem-se às cargas e rotas das respectivas empresas. Desta forma, para as rotas compostas:

- $W_{ab}$  = percentual transportado em uma rota conjugada com outra da Empresa A, como origem.
- $W_{ba}$  = percentual transportado em uma rota conjugada com outra da Empresa B, como origem.

A figura 7.16 sumariza o percentual de utilização de todos os (oito) cenários por tipo de viagem (simples e conjugadas) para as empresas A e B, em um gráfico de coluna; nota-se já de início a efetividade da metodologia com o patamar de alcance de conjugação de cargas situado em 50% , caracterizando-se assim o transporte colaborativo.

Na seqüência do capítulo apresentam-se as análises dos cenários escolhidos.

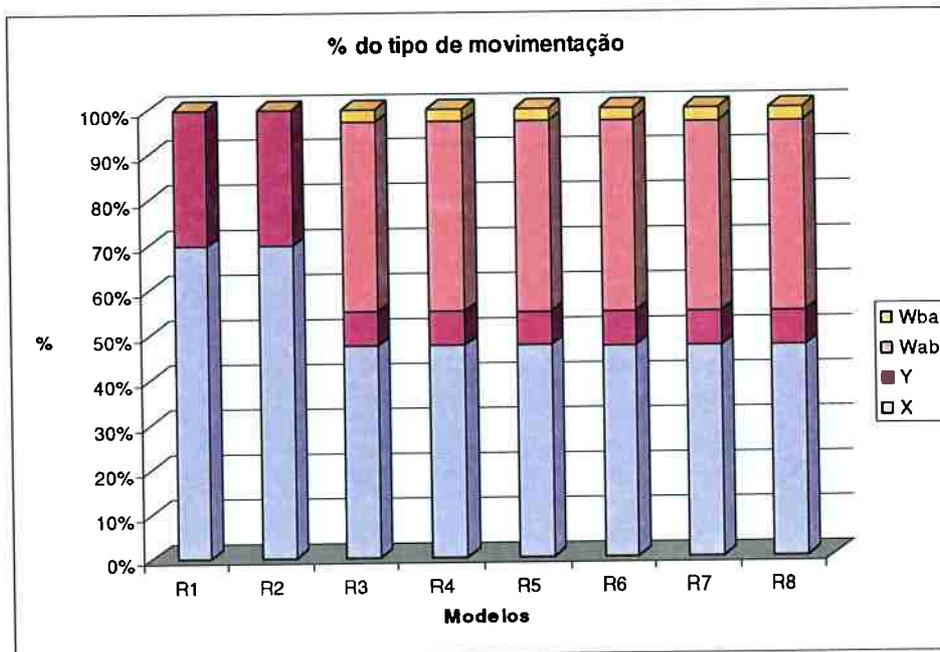


Figura 7-16: Percentual do tipo de movimentação para cada modelo

Análise 1: R1 – BP sem composição de rotas.

Tabela 7-3: Resultado do BP para o cenário R1, no caso do modelo estratégico

ESTRATÉGICO							
Mês	C Total	X	Y	Wab	Wba	CT A	CT B
JAN	105.692,40	0,00	6.188,14	0,00	0,00	0,00	105.692,40
FEV	14.425,37	0,00	883,45	0,00	0,00	0,00	14.425,37
MAR	102.098,63	2.466,04	2.914,42	0,00	0,00	56.315,29	45.783,34
ABR	2.238.047,22	89.050,73	5.814,10	0,00	0,00	2.166.716,87	71.330,35
MAI	2.189.607,75	80.949,77	20.438,37	0,00	0,00	1.913.642,71	275.965,04
JUN	2.306.366,18	82.808,45	21.598,21	0,00	0,00	2.002.289,26	304.076,92
JUL	2.164.768,37	79.578,77	19.611,81	0,00	0,00	1.892.226,18	272.542,19
AGO	3.042.978,51	92.481,38	47.860,16	0,00	0,00	2.044.070,39	998.908,12
SET	2.204.734,13	64.311,55	35.011,63	0,00	0,00	1.487.520,54	717.213,59
OUT	1.966.375,97	43.986,73	48.899,47	0,00	0,00	992.586,76	973.789,21
NOV	1.129.075,91	25.160,76	29.608,74	0,00	0,00	565.502,59	563.573,32
DEZ	343.750,98	10.350,99	8.312,06	0,00	0,00	180.549,32	163.201,66
<b>Total Global</b>	<b>17.807.921,43</b>	<b>571.145,19</b>	<b>247.140,56</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>13.301.419,91</b>	<b>4.506.501,53</b>

Tabela 7-4: Resultado do BP para o cenário R1, no caso do modelo tático

TÁTICO							
Mês	C Total	X	Y	Wab	Wba	CT A	CT B
JAN	105.692,40	0,00	6.188,14	0,00	0,00	0,00	105.692,40
FEV	14.425,37	0,00	883,45	0,00	0,00	0,00	14.425,37
MAR	102.098,64	2.466,04	2.914,42	0,00	0,00	56.315,29	45.783,35
ABR	2.238.047,03	89.050,71	5.814,10	0,00	0,00	2.166.716,67	71.330,36
MAI	2.189.607,45	80.949,77	20.438,38	0,00	0,00	1.913.642,22	275.965,23
JUN	2.306.366,09	82.808,44	21.598,22	0,00	0,00	2.002.289,16	304.076,94
JUL	2.164.767,65	79.578,76	19.611,77	0,00	0,00	1.892.226,13	272.541,52
AGO	3.042.978,00	92.481,36	47.860,16	0,00	0,00	2.044.069,87	998.908,13
SET	2.204.734,07	64.311,56	35.011,61	0,00	0,00	1.487.520,72	717.213,36
OUT	1.966.375,26	43.986,68	48.899,48	0,00	0,00	992.585,77	973.789,49
NOV	1.129.075,12	25.160,84	29.608,62	0,00	0,00	565.504,26	563.570,86
DEZ	343.752,16	10.350,99	8.312,15	0,00	0,00	180.549,28	163.202,87
<b>Total Global</b>	<b>17.807.919,24</b>	<b>571.145,15</b>	<b>247.140,50</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>13.301.419,36</b>	<b>4.506.499,88</b>

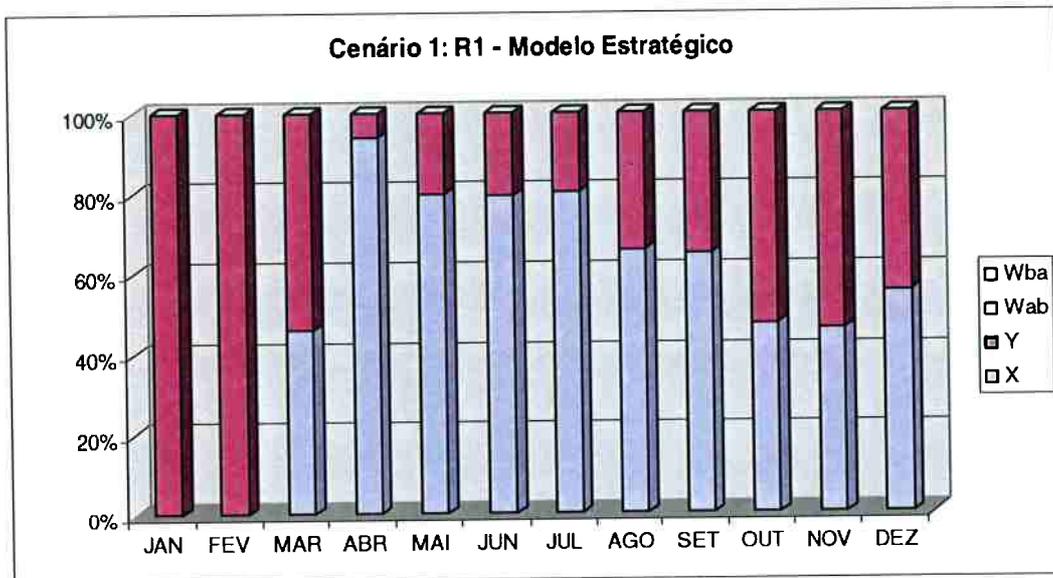


Figura 7-17: Resultado do BP para o cenário R1, no caso do modelo estratégico

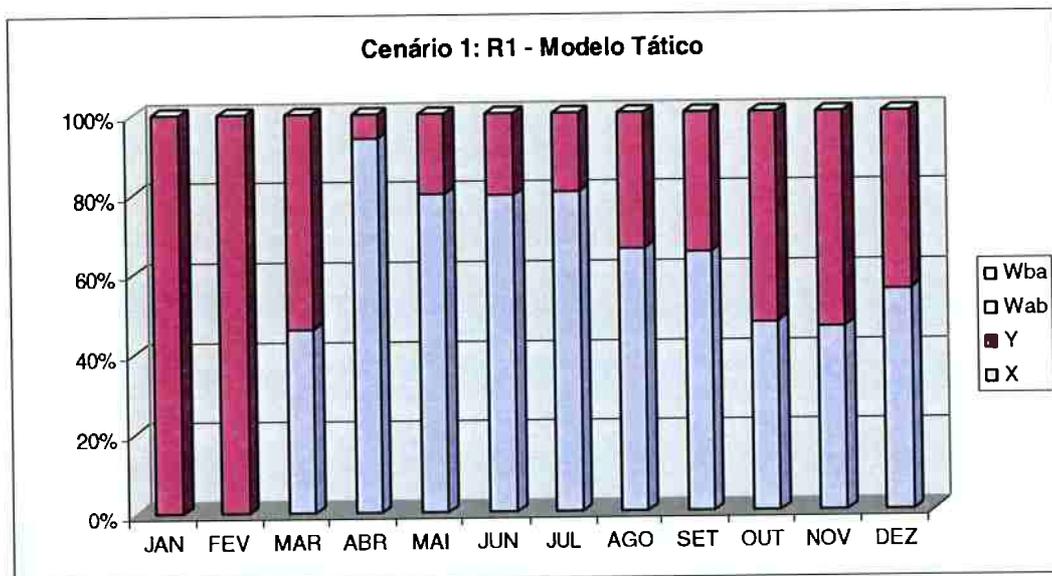


Figura 7-18: Resultado do B Pl para o cenário R1, no caso do modelo tático

Análise 2: R3a - BP com rotas conjugadas, nenhuma flexibilidade de alteração do BP e com 100% de remanejamento para 1 semana e 50% para 2 semanas

Tabela 7-5: Resultado do BP para o cenário R3a, no caso do modelo estratégico

ESTRATÉGICO							
Mês	C Total	X	Y	Wab	Wba	CT A	CT B
JAN	105.692,40	0,00	6.188,14	0,00	0,00	0,00	105.692,40
FEV	14.425,37	0,00	863,45	0,00	0,00	0,00	14.425,37
MAR	98.889,03	1.014,02	1.462,40	2.904,04	0,00	58.144,23	40.744,80
ABR	2.234.433,84	87.478,13	4.241,50	2.819,20	326,00	2.160.758,23	73.675,61
MAI	2.167.504,51	70.093,62	9.582,20	18.802,38	2.909,96	1.875.205,63	292.298,88
JUN	2.278.334,98	69.033,24	7.823,00	24.004,92	3.545,50	1.952.542,58	325.792,40
JUL	2.140.557,92	68.145,96	8.179,00	18.256,40	4.609,22	1.848.816,96	291.740,96
AGO	2.938.640,07	51.881,62	7.260,40	77.774,62	3.424,90	2.025.419,42	913.220,66
SET	2.129.439,03	33.291,97	3.992,05	60.458,50	1.580,66	1.485.573,88	643.865,15
OUT	1.869.120,04	1.920,19	6.832,93	78.909,32	5.223,76	990.607,97	878.512,07
NOV	1.071.569,63	0,00	4.447,98	48.526,96	1.794,56	573.150,82	498.418,80
DEZ	330.306,52	3.728,02	1.689,09	12.258,98	986,96	182.268,76	148.037,76
<b>Total Global</b>	<b>17.378.913,34</b>	<b>386.586,77</b>	<b>62.582,14</b>	<b>344.715,32</b>	<b>24.401,52</b>	<b>13.152.488,48</b>	<b>4.226.424,86</b>

Tabela 7-6: Resultado do BP o cenário R3a, no caso do modelo tático

TÁTICO							
Mês	C Total	X	Y	Wab	Wba	CT A	CT B
JAN	105.692,40	0,00	6.188,14	0,00	0,00	0,00	105.692,40
FEV	11.524,07	0,00	660,89	0,00	0,00	0,00	11.524,07
MAR	101.987,72	1.082,67	1.753,67	2.766,76	0,00	58.225,58	43.762,14
ABR	2.262.147,79	85.121,12	3.824,78	6.788,90	1.070,46	2.152.321,32	109.826,47
MAI	2.134.868,50	73.738,64	11.546,53	10.822,38	3.600,08	1.894.420,79	240.447,71
JUN	2.293.763,43	69.530,63	9.641,32	23.870,74	2.685,10	1.950.241,61	343.521,82
JUL	2.130.066,31	66.336,43	4.789,12	22.449,62	4.035,10	1.840.242,73	289.823,58
AGO	2.718.086,81	60.823,86	4.743,20	58.551,24	4.763,94	2.038.174,49	679.912,31
SET	2.552.993,39	12.781,90	5.060,58	101.910,60	1.149,02	1.470.582,29	1.082.411,11
OUT	1.694.031,18	6.108,81	2.888,24	73.926,08	1.829,86	1.013.538,16	680.543,03
NOV	1.029.338,34	2.564,01	5.026,43	43.991,50	1.202,28	577.384,79	451.953,56
DEZ	330.802,66	3.997,89	1.959,15	11.861,18	845,24	182.204,29	148.598,37
<b>Total Global</b>	<b>17.365.152,60</b>	<b>382.085,96</b>	<b>58.082,05</b>	<b>356.939,00</b>	<b>21.181,08</b>	<b>13.177.336,03</b>	<b>4.187.816,57</b>

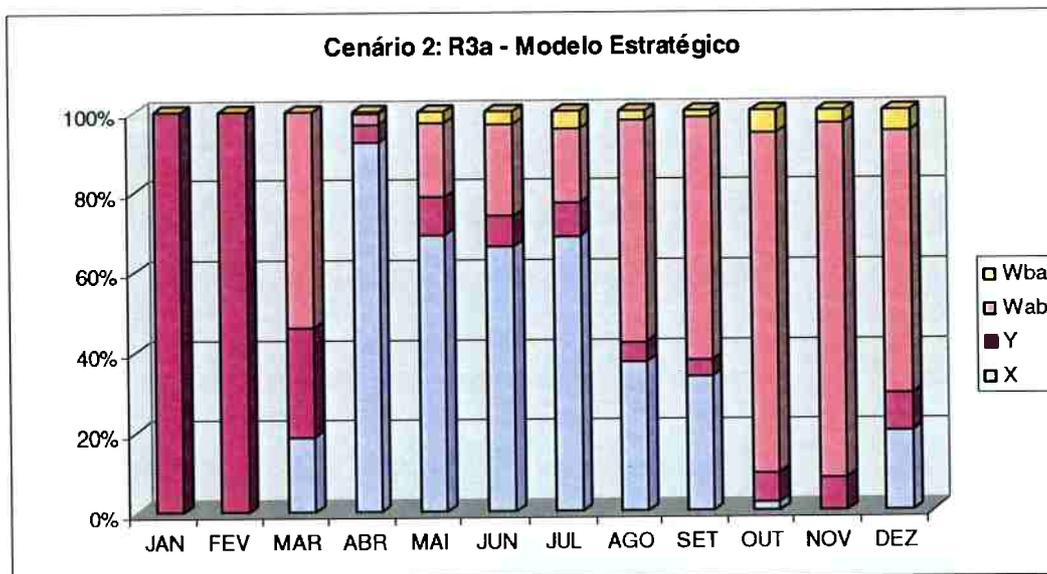


Figura 7-19: Resultado do BP para o cenário R3a, no caso do modelo estratégico

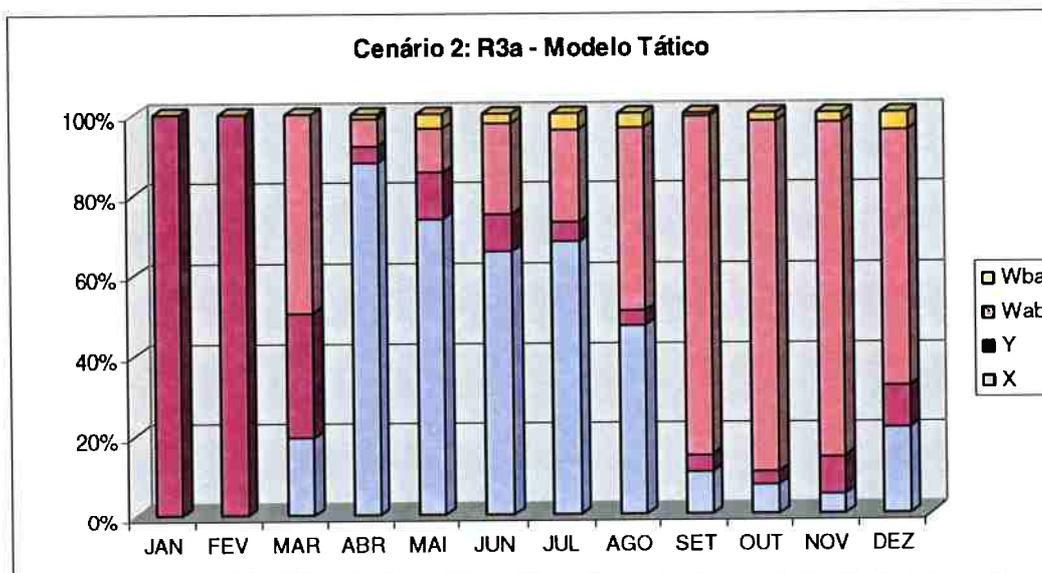


Figura 7-20: Resultado do BP para o cenário R3a, no caso do modelo tático

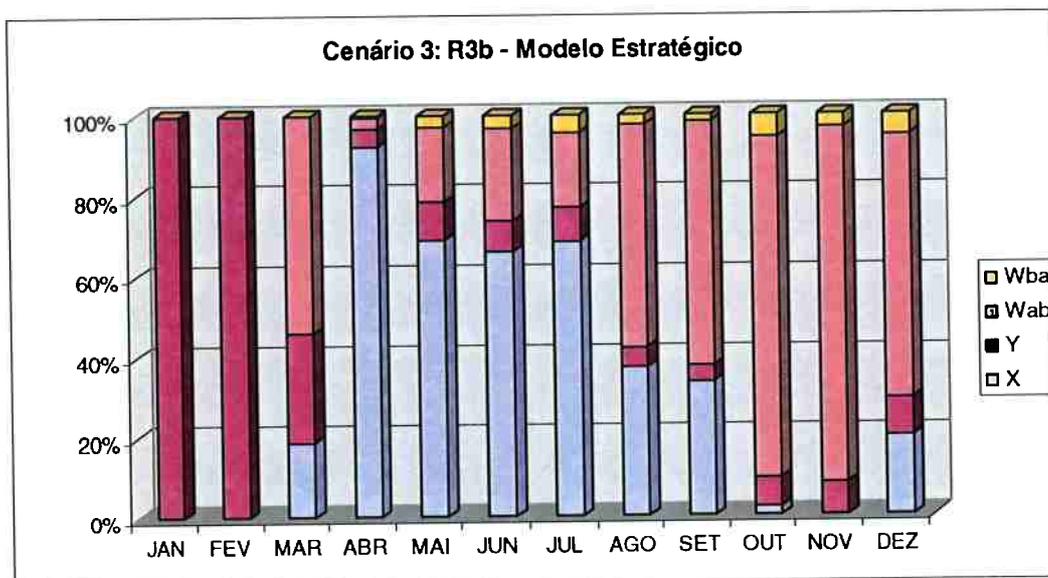
Análise 3: R3b - BP, com rotas conjugadas, nenhuma flexibilidade de alteração do BP e com 75% de remanejamento para 1.

Tabela 7-7: Resultado do BP para o cenário R3b, no caso do modelo estratégico

ESTRATÉGICO							
Mês	C Total	X	Y	Wab	Wba	CT A	CT B
JAN	105.692,40	0,00	6.188,14	0,00	0,00	0,00	105.692,40
FEV	14.425,37	0,00	883,45	0,00	0,00	0,00	14.425,37
MAR	98.889,03	1.014,02	1.462,40	2.904,04	0,00	58.144,23	40.744,80
ABR	2.234.433,84	87.478,13	4.241,50	2.819,20	326,00	2.160.758,23	73.675,61
MAI	2.167.504,51	70.093,62	9.582,20	18.802,38	2.909,96	1.875.205,63	292.298,88
JUN	2.278.334,98	69.033,24	7.823,00	24.004,92	3.545,50	1.952.542,58	325.792,40
JUL	2.140.557,92	68.145,96	8.179,00	18.256,40	4.609,22	1.848.816,96	291.740,96
AGO	2.938.640,07	51.881,62	7.260,40	77.774,62	3.424,90	2.025.419,42	913.220,66
SET	2.129.439,03	33.291,97	3.992,05	60.458,50	1.580,66	1.485.573,88	643.865,15
OUT	1.869.120,04	1.920,19	6.832,93	78.909,32	5.223,76	990.607,97	878.512,07
NOV	1.071.569,63	0,00	4.447,98	48.526,96	1.794,56	573.150,82	498.418,80
DEZ	330.306,52	3.728,02	1.689,09	12.258,98	966,96	182.268,76	148.037,76
<b>Total Global</b>	<b>17.378.913,34</b>	<b>366.596,77</b>	<b>62.582,14</b>	<b>344.715,32</b>	<b>24.401,52</b>	<b>13.152.488,48</b>	<b>4.226.424,86</b>

Tabela 7-8: Resultado do BP para o cenário R3b, no caso do modelo tático

TÁTICO							
Mês	C Total	X	Y	Wab	Wba	CT A	CT B
JAN	105.692,40	0,00	6.188,14	0,00	0,00	0,00	105.692,40
FEV	12.951,79	0,00	777,48	0,00	0,00	0,00	12.951,79
MAR	101.172,49	1.328,47	1.882,81	2.275,18	0,00	57.856,88	43.315,62
ABR	2.253.620,28	86.671,18	4.991,42	4.186,46	572,74	2.157.883,71	95.736,57
MAI	2.137.390,95	72.052,47	9.308,99	15.422,96	2.371,70	1.883.402,63	253.988,32
JUN	2.264.898,71	69.365,11	8.862,45	23.123,24	3.763,66	1.952.672,52	332.226,19
JUL	2.144.790,94	66.638,16	6.838,87	21.198,68	4.682,60	1.843.326,04	301.464,90
AGO	2.816.850,00	55.813,53	4.369,28	69.347,46	3.988,34	2.031.947,23	784.902,77
SET	2.376.643,63	22.088,95	6.144,85	83.064,54	1.380,96	1.479.940,15	896.703,48
OUT	1.760.427,38	3.219,13	2.827,74	78.130,60	3.404,76	1.005.777,29	754.650,08
NOV	1.042.354,46	1.180,92	4.380,25	47.408,30	551,66	579.277,39	463.087,08
DEZ	330.801,18	3.998,00	1.959,14	11.860,94	845,20	182.206,88	148.594,31
<b>Total Global</b>	<b>17.367.604,21</b>	<b>382.355,92</b>	<b>59.351,42</b>	<b>356.018,36</b>	<b>21.561,62</b>	<b>13.174.290,70</b>	<b>4.193.313,51</b>



**Figura 7-21: Resultado do BP para o cenário R3b, no caso do modelo tático**

Análise 4: R3c - BP, com rotas conjugadas, nenhuma flexibilidade de alteração do BP e sem remanejamento

Tabela 7-9: Resultado do BP para o cenário R3c, no caso do modelo estratégico

ESTRATÉGICO							
Mês	C Total	X	Y	Wab	Wba	CT A	CT B
JAN	105,692.40	0.00	6,188.14	0.00	0.00	0.00	105,692.40
FEV	14,425.37	0.00	883.45	0.00	0.00	0.00	14,425.37
MAR	98,889.03	1,014.02	1,462.40	2,904.04	0.00	58,144.23	40,744.80
ABR	2,234,433.84	87,478.13	4,241.50	2,819.20	326.00	2,160,758.23	73,675.61
MAI	2,167,504.51	70,093.62	9,582.20	18,802.38	2,909.96	1,875,205.63	292,298.88
JUN	2,278,334.98	69,033.24	7,823.00	24,004.92	3,545.50	1,952,542.58	325,792.40
JUL	2,140,557.92	68,145.96	8,179.00	18,256.40	4,609.22	1,848,816.96	291,740.96
AGO	2,938,640.07	51,881.62	7,260.40	77,774.62	3,424.90	2,025,419.42	913,220.66
SET	2,129,439.03	33,291.97	3,992.05	60,458.50	1,580.66	1,485,573.88	643,865.15
OUT	1,869,120.04	1,920.19	6,832.93	78,909.32	5,223.76	990,607.97	878,512.07
NOV	1,071,569.63	0.00	4,447.98	48,526.96	1,794.56	573,150.82	498,418.80
DEZ	390,306.52	3,728.02	1,689.09	12,258.98	966.96	182,268.76	148,037.76
Total Global	17,378,913.34	386,586.77	62,582.14	344,715.32	24,401.52	13,152,488.48	4,226,424.86

Tabela 7-10: Resultado do BP para o cenário R3c, no caso do modelo tático

TÁTICO							
Mês	C Total	X	Y	Wab	Wba	CT A	CT B
JAN	105,692.40	0.00	6,188.14	0.00	0.00	0.00	105,692.40
FEV	14,425.37	0.00	883.45	0.00	0.00	0.00	14,425.37
MAR	100,491.90	1,736.58	2,184.96	1,404.92	54.00	56,986.72	43,505.18
ABR	2,234,433.69	87,478.11	4,241.50	2,819.20	326.00	2,160,758.06	73,675.64
MAI	2,167,514.43	70,093.59	9,582.20	18,794.08	2,918.28	1,875,249.91	292,264.52
JUN	2,278,392.07	69,033.23	7,823.01	24,004.92	3,545.50	1,952,590.55	325,801.52
JUL	2,140,590.16	68,145.99	8,179.00	18,256.32	4,609.22	1,848,848.18	291,741.98
AGO	2,940,521.92	51,864.78	7,243.58	77,837.76	3,395.40	2,024,416.70	916,105.22
SET	2,129,747.64	33,014.52	3,714.57	60,935.78	1,658.30	1,486,360.43	643,387.21
OUT	1,877,875.33	6,073.78	10,986.58	71,372.76	4,453.04	985,372.82	892,502.51
NOV	1,078,604.30	3,807.21	8,254.99	41,351.82	1,355.44	566,513.74	512,090.56
DEZ	331,459.66	4,408.42	2,369.49	11,171.34	713.80	182,233.77	149,225.90
Total Global	17,399,748.87	395,656.21	71,651.47	327,948.90	23,028.98	13,139,350.87	4,260,398.01

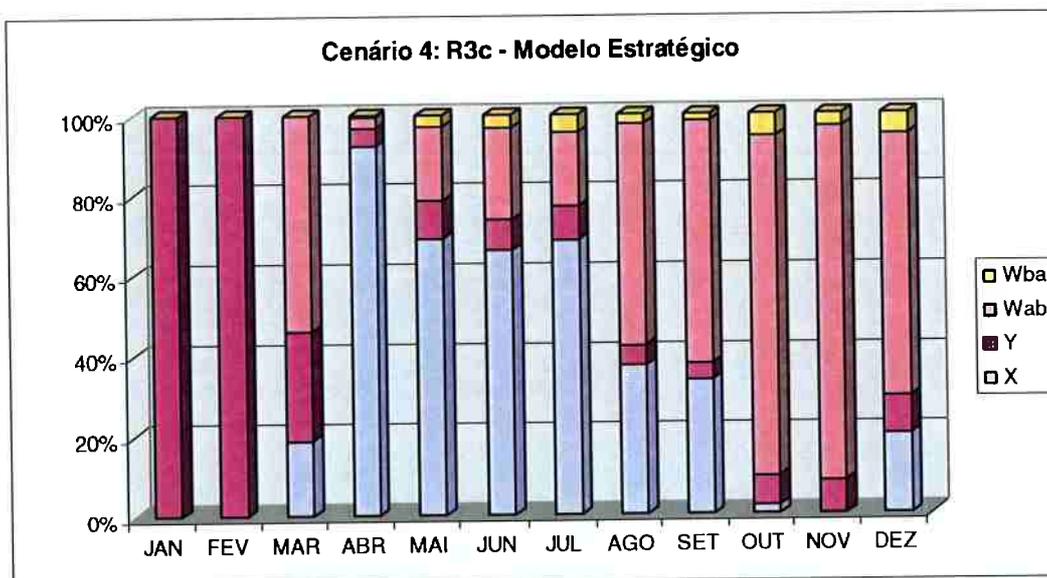


Figura 7-22: Resultado do BP para o cenário R3c, no caso do modelo estratégico

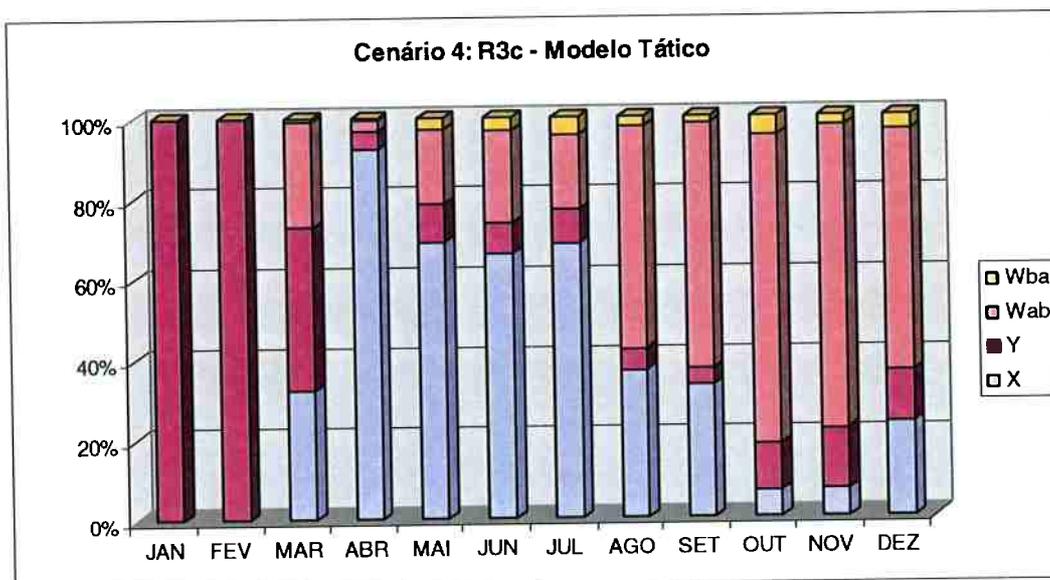


Figura 7-23: Resultado do BP para o cenário R3c, no caso do modelo tático

Análise 5: R8a - BP, com rotas conjugadas, com total flexibilidade de alteração do BP da empresa A e com 100% de remanejamento para 1 semana e 50% para 2 semanas

Tabela 7-11: Resultado do BP para o cenário R8a, no caso do modelo estratégico

ESTRATÉGICO							
Mês	C Total	X	Y	Wab	Wba	CT A	CT B
JAN	105.692.40	0.00	6.188.14	0.00	0.00	0.00	105.692.40
FEV	14.425.37	0.00	883.45	0.00	0.00	0.00	14.425.37
MAR	99.546.57	987.02	1.435.40	2.904.04	54.00	59.160.07	40.386.50
ABR	2.163.362.69	67.478.13	4.241.50	2.819.20	326.00	2.089.701.40	73.651.29
MAI	2.214.542.76	70.093.62	9.582.20	18.802.38	2.909.96	1.922.438.14	292.104.62
JUN	2.105.655.41	69.009.22	7.799.00	24.052.92	3.545.50	1.760.062.85	325.592.56
JUL	1.976.237.05	68.145.96	8.179.00	18.256.40	4.609.22	1.684.650.21	291.586.84
AGO	3.030.600.28	51.881.61	7.260.40	78.000.62	3.198.90	2.116.328.09	914.272.19
SET	2.126.937.48	32.113.97	2.814.05	62.644.06	1.751.10	1.486.365.13	640.572.34
OUT	1.890.457.11	1.017.45	5.930.19	80.812.30	5.126.26	1.017.273.06	873.184.05
NOV	1.094.853.18	37.84	4.485.86	47.944.58	2.301.18	600.318.60	494.534.58
DEZ	310.040.55	4.161.30	2.122.37	11.392.42	986.96	159.166.64	150.873.90
<b>Total Global</b>	<b>17.132.340.86</b>	<b>384.926.12</b>	<b>60.921.56</b>	<b>347.628.92</b>	<b>24.809.08</b>	<b>12.915.464.19</b>	<b>4.216.876.66</b>

Tabela 7-12: Resultado do BP para o cenário R8a, no caso do modelo tático

TÁTICO							
Mês	C Total	X	Y	Wab	Wba	CT A	CT B
JAN	105.692.40	0.00	6.188.14	0.00	0.00	0.00	105.692.40
FEV	11.524.07	0.00	660.89	0.00	0.00	0.00	11.524.07
MAR	102.651.92	1.055.67	1.726.71	2.766.80	54.00	59.239.08	43.412.84
ABR	2.194.383.68	86.235.70	5.596.81	5.297.04	333.20	2.086.417.50	107.966.17
MAI	2.207.947.54	69.707.56	8.148.58	19.589.60	2.895.08	1.917.372.68	290.574.85
JUN	2.081.230.16	70.770.10	7.888.90	20.845.64	3.231.34	1.786.581.27	294.648.89
JUL	1.976.400.56	68.110.08	8.264.01	17.887.34	5.050.06	1.686.468.19	289.942.37
AGO	2.916.994.41	56.413.12	5.331.08	69.415.72	2.721.04	2.120.463.42	796.530.98
SET	2.367.881.06	20.506.93	3.596.14	85.676.22	1.933.66	1.477.160.43	890.720.63
OUT	1.796.557.84	1.739.70	3.034.78	82.532.64	1.961.90	1.037.640.37	758.917.47
NOV	1.048.538.22	1.563.61	3.701.16	46.232.02	962.30	606.170.29	442.367.92
DEZ	310.541.57	4.431.23	2.392.49	10.994.52	845.22	159.106.28	151.435.29
<b>Total Global</b>	<b>17.120.343.42</b>	<b>380.533.70</b>	<b>56.529.69</b>	<b>361.237.54</b>	<b>19.987.70</b>	<b>12.936.609.52</b>	<b>4.183.733.90</b>

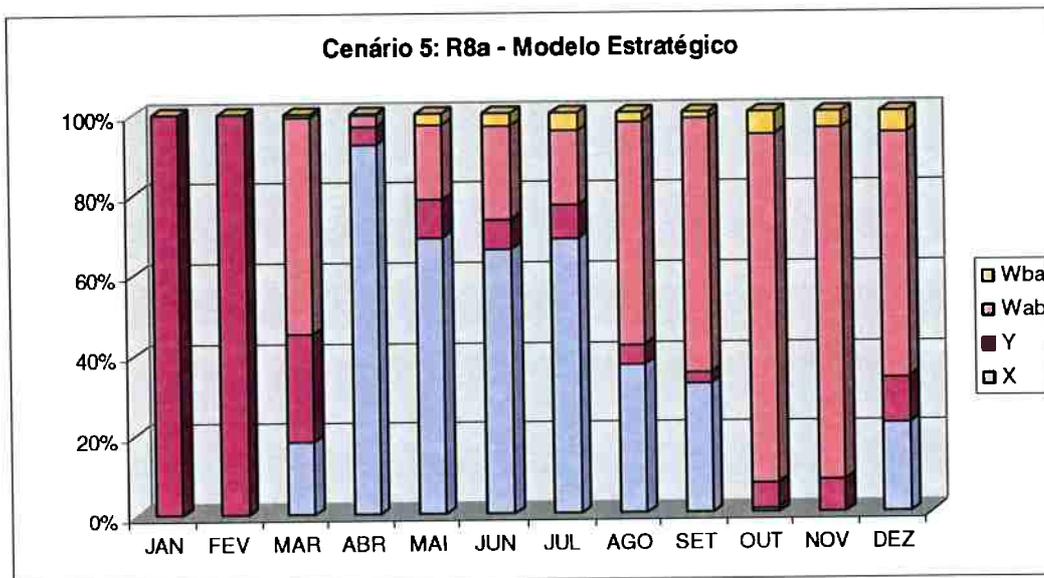


Figura 7-24: Resultado do BP para o cenário R8a, no caso do modelo estratégico

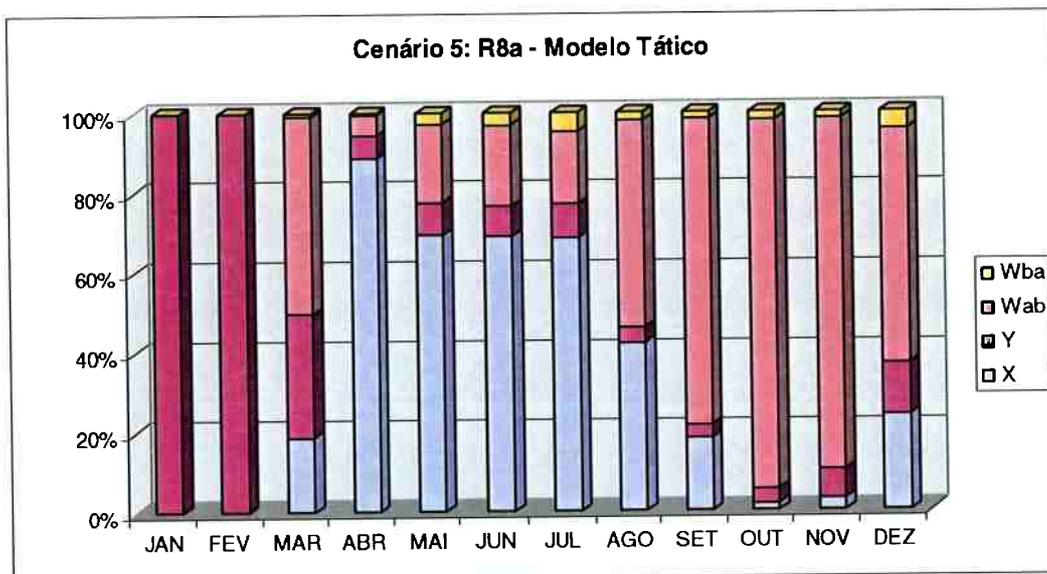


Figura 7-25: Resultado do BP para o cenário R8a, no caso do modelo tático

Análise 6: R8b - BP, com rotas conjugadas, com total flexibilidade de alteração do BP da empresa A e com 75% de remanejamento para 1.

Tabela 7-13: Resultado do BP para o cenário R8b, no caso do modelo estratégico

ESTRATÉGICO							
Mês	C Total	X	Y	Wab	Wba	CT A	CT B
JAN	105.692,40	0,00	6.188,14	0,00	0,00	0,00	105.692,40
FEV	14.425,37	0,00	883,45	0,00	0,00	0,00	14.425,37
MAR	99.546,57	987,02	1.435,40	2.904,04	54,00	59.160,07	40.386,50
ABR	2.163.352,69	87.478,13	4.241,50	2.819,20	326,00	2.089.701,40	73.651,29
MAI	2.214.542,76	70.093,62	9.582,20	18.802,38	2.909,96	1.922.438,14	292.104,62
JUN	2.105.655,41	69.009,22	7.799,00	24.052,92	3.545,50	1.780.062,85	325.592,56
JUL	1.976.237,05	68.145,96	8.179,00	18.256,40	4.609,22	1.684.650,21	291.586,84
AGO	3.030.600,28	51.881,61	7.260,40	78.000,62	3.198,90	2.116.328,09	914.272,19
SET	2.126.937,48	32.113,97	2.814,05	62.644,06	1.751,10	1.486.365,13	640.572,34
OUT	1.890.457,11	1.017,45	5.930,19	80.812,30	5.126,26	1.017.273,06	873.184,05
NOV	1.094.853,18	37,84	4.485,86	47.944,58	2.301,18	600.318,60	494.534,58
DEZ	310.040,55	4.161,30	2.122,37	11.392,42	986,96	159.166,64	150.873,90
<b>Total Global</b>	<b>17.132.340,86</b>	<b>384.926,12</b>	<b>60.921,56</b>	<b>347.628,92</b>	<b>24.809,08</b>	<b>12.915.464,19</b>	<b>4.216.876,66</b>

Tabela 7-14: Resultado do BP para o cenário R8b, no caso do modelo tático

TÁTICO							
Mês	C Total	X	Y	Wab	Wba	CT A	CT B
JAN	105.692,40	0,00	6.188,14	0,00	0,00	0,00	105.692,40
FEV	12.951,79	0,00	777,48	0,00	0,00	0,00	12.951,79
MAR	101.844,03	1.301,46	1.855,83	2.275,24	54,00	58.865,76	42.978,27
ABR	2.176.619,78	87.094,55	4.991,42	3.564,32	348,12	2.088.641,74	87.978,04
MAI	2.203.669,16	69.911,78	8.254,06	19.193,44	2.882,74	1.920.728,40	282.940,75
JUN	2.084.187,99	69.731,86	6.737,40	22.942,50	3.210,96	1.782.027,97	302.160,03
JUL	1.995.490,27	68.085,39	9.915,45	17.918,98	5.067,82	1.685.434,17	310.056,10
AGO	2.967.567,23	55.280,87	7.449,59	71.679,64	2.721,44	2.118.820,07	848.747,16
SET	2.297.361,89	23.118,65	2.327,65	80.551,32	1.834,92	1.479.729,14	817.632,76
OUT	1.797.670,88	1.436,97	2.190,17	81.936,20	3.163,50	1.035.423,98	762.246,89
NOV	1.068.624,45	522,74	3.831,51	48.276,80	999,40	606.464,77	462.159,68
DEZ	310.538,70	4.431,26	2.392,41	10.994,38	845,26	159.105,81	151.432,89
<b>Total Global</b>	<b>17.122.218,57</b>	<b>380.915,53</b>	<b>56.911,11</b>	<b>359.332,82</b>	<b>21.128,16</b>	<b>12.935.241,81</b>	<b>4.186.976,76</b>

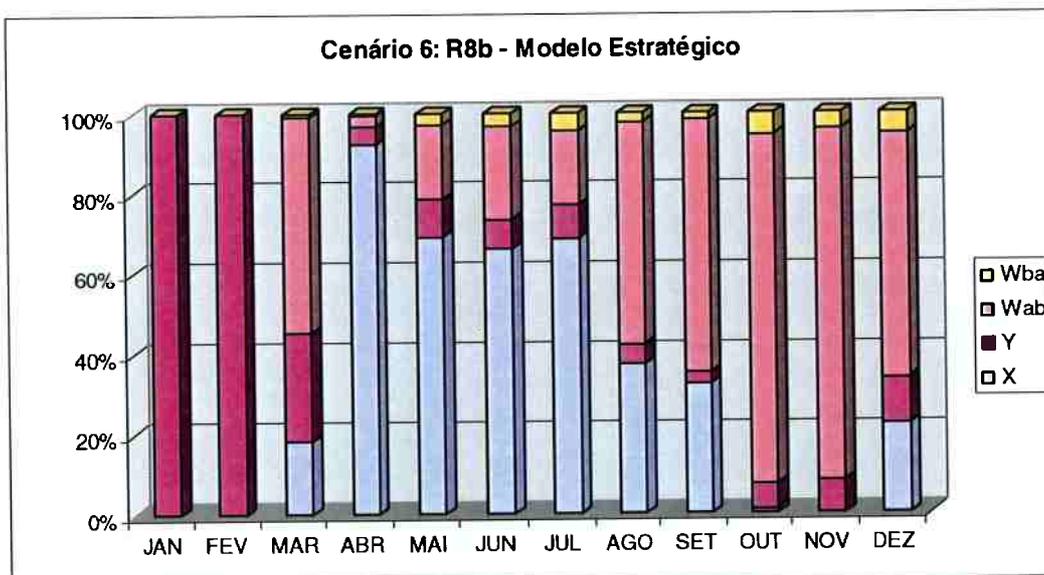


Figura 7-26: Resultado do BP para o cenário R8b, no caso do modelo estratégico

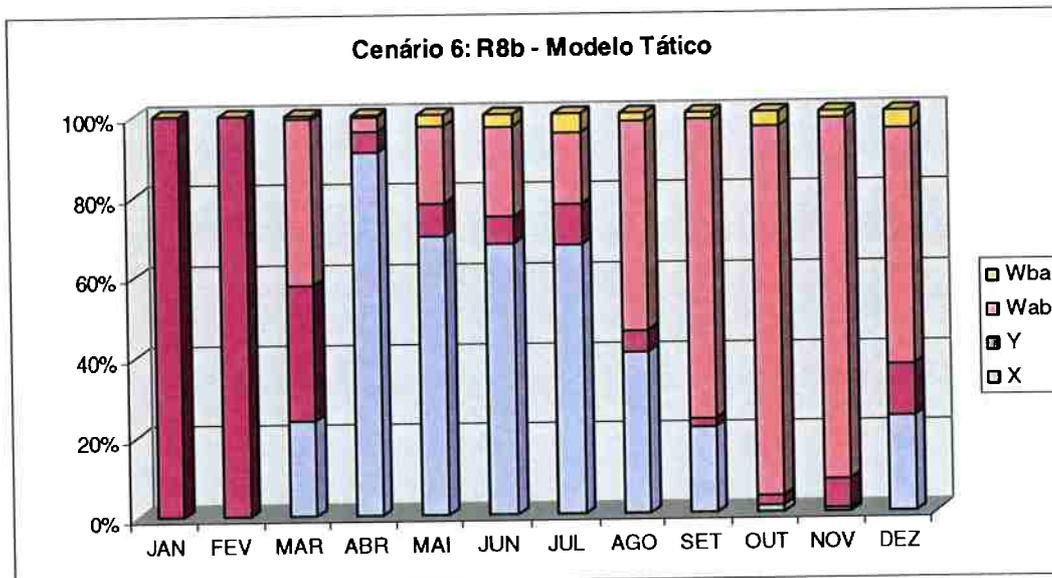


Figura 7-27: Resultado do BP para o cenário R8b, no caso do modelo tático

Análise 7: R8c - BP, com rotas conjugadas, com total flexibilidade de alteração do BP da empresa A e sem remanejamento.

Tabela 7-15: Resultado do BP para o cenário R8c, no caso do modelo estratégico

Mês	ESTRATÉGICO						
	C Total	X	Y	Wab	Wba	CT A	CT B
JAN	105.692,40	0,00	6.188,14	0,00	0,00	0,00	105.692,40
FEV	14.425,37	0,00	883,45	0,00	0,00	0,00	14.425,37
MAR	99.546,57	987,02	1.435,40	2.904,04	54,00	59.160,07	40.386,50
ABR	2.163.352,69	87.478,13	4.241,50	2.819,20	326,00	2.089.701,40	73.651,29
MAI	2.214.542,76	70.093,62	9.582,20	18.802,38	2.909,96	1.922.438,14	292.104,62
JUN	2.105.655,41	69.009,22	7.799,00	24.052,92	3.545,50	1.780.062,85	325.592,56
JUL	1.976.237,05	68.145,96	8.179,00	18.256,40	4.609,22	1.684.650,21	291.586,84
AGO	3.030.600,28	51.881,61	7.260,40	78.000,62	3.198,90	2.116.328,09	914.272,19
SET	2.126.937,48	32.113,97	2.814,05	62.644,06	1.751,10	1.486.365,13	640.572,34
OUT	1.890.457,11	1.017,45	5.930,19	80.812,30	5.126,26	1.017.273,06	873.184,05
NOV	1.094.853,18	37,84	4.485,86	47.944,58	2.301,18	600.318,60	494.534,58
DEZ	310.040,55	4.161,30	2.122,37	11.392,42	986,96	159.166,64	150.873,90
<b>Total Global</b>	<b>17.132.340,66</b>	<b>384.926,12</b>	<b>60.921,56</b>	<b>347.628,92</b>	<b>24.809,08</b>	<b>12.915.464,19</b>	<b>4.216.876,66</b>

Tabela 7-16: Resultado do BP para o cenário R8c, no caso do modelo tático

TÁTICO							
Mês	C Total	X	Y	Wab	Wba	CT A	CT B
JAN	105.692.40	0.00	6.188.14	0.00	0.00	0.00	105.692.40
FEV	14.425.37	0.00	883.45	0.00	0.00	0.00	14.425.37
MAR	101.227.46	1.702.71	2.151.09	1.483.44	43.22	57.935.26	43.292.20
ABR	2.163.382.67	87.478.13	4.241.50	2.819.20	326.00	2.089.696.01	73.686.66
MAI	2.214.878.23	70.712.93	10.201.50	17.249.60	3.224.16	1.923.135.90	291.742.33
JUN	2.105.828.39	69.389.39	8.179.16	23.069.60	3.768.52	1.779.994.11	325.834.28
JUL	1.976.506.59	68.323.60	8.356.61	17.682.68	4.827.64	1.684.587.39	291.919.20
AGO	3.031.475.41	51.881.62	7.260.40	78.476.96	2.722.56	2.115.956.01	915.519.40
SET	2.127.360.85	32.561.23	3.261.30	62.100.40	1.400.22	1.484.985.23	642.375.62
OUT	1.899.585.76	5.268.42	10.181.17	73.059.32	4.377.30	1.011.166.60	888.419.16
NOV	1.102.351.99	3.500.38	7.948.29	41.808.28	1.512.38	593.468.63	508.883.36
DEZ	311.168.88	4.731.16	2.692.24	10.525.84	713.80	159.526.28	151.642.60
Total Global	17.153.884.01	395.549.57	71.544.85	326.275.32	22.915.80	12.900.451.43	4.253.432.59

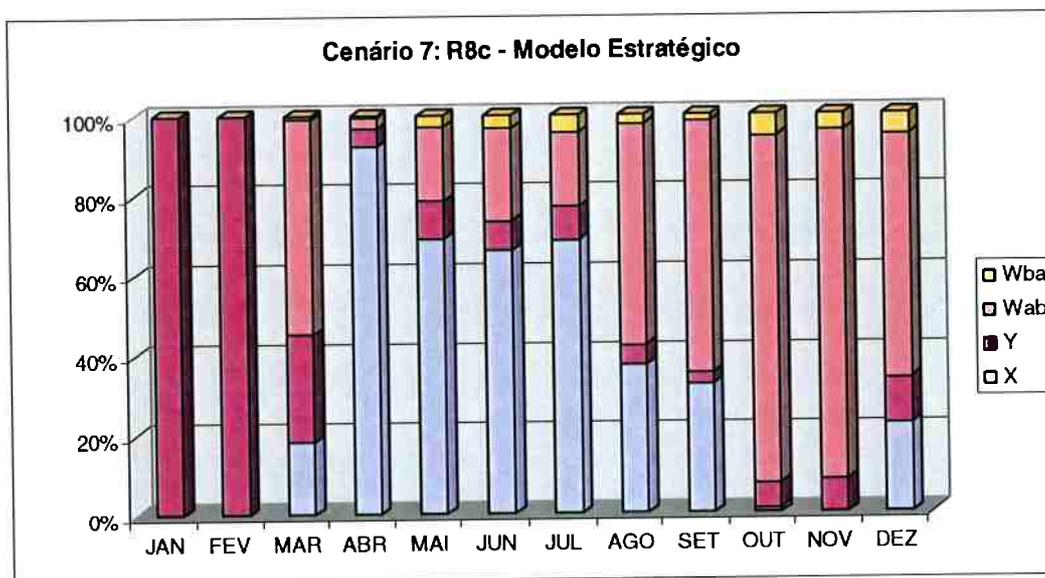


Figura 7-28: Resultado do BP para o cenário R8c, no caso do modelo estratégico

### 7.6 - Conclusões sobre os resultados

A tabela 7.17 resume os resultados para o modelo estratégico, e, como já mencionado, os cenários R1 e R2 não trabalham a conjugação de cargas e espelham condições originais da empresa A. Para os cenários de R3 a R8 o modelo matemático busca o máximo de conjugação de cargas graduando a flexibilização do BP de A, traduzindo-se em redução da conta de frete total frente ao BP original (respectivamente nas duas últimas colunas da tabela 7.17). De fato, a graduação na flexibilização do BP da empresa A começa no cenário R4; a redução é

continuamente obtida, mas a proporção vai diminuindo com o aumento da flexibilização; desta forma, o cenário R8 é o que possui menor custo de transporte total. Com a implantação da metodologia no mercado real, as interações, como as que são simuladas nesta etapa do trabalho, vão permitir a análise dos ganhos de frete comparados com os custos financeiros ou comerciais para a aceitação da flexibilização proposta para o BP. De forma objetiva: a flexibilização do BP traz economia de frete porque aumenta a conjugação de cargas, mas traz custos comerciais; o equilíbrio é o que traz o menor custo total para o sistema.

Tabela 7-17: Resultados para o modelo estratégico

Saída do Modelo para o nível Estratégico			
Cenário	Custo Total (R\$)	Flexibilização BP "A"	Redução frente ao cenário anterior
<b>R1</b> BP, sem rota composta (realizado de fato pelas empresas)	17.807.921,43		
<b>R2</b> Otimizado (nenhum vínculo com Business Plan), sem rota conjugada	17.481.568,44		1,83%
<b>R3</b> BP, com rota conjugada, nenhuma flexibilidade de alteração do BP	17.378.913,34	0%	0,59%
<b>R4</b> BP, com rota conjugada, com 20% de flexibilidade de alteração do BP da empresa A	17.285.421,14	20%	0,54%
<b>R5</b> BP, com rota conjugada, com 40% de flexibilidade de alteração do BP da empresa A	17.239.769,24	40%	0,26%
<b>R6</b> BP, com rota conjugada, com 60% de flexibilidade de alteração do BP da empresa A	17.198.675,64	60%	0,24%
<b>R7</b> BP, com rota conjugada, com 80% de flexibilidade de alteração do BP da empresa A	17.162.899,57	80%	0,21%
<b>R8</b> BP, com rota conjugada, com total flexibilidade de alteração do BP da empresa A	17.132.140,86	100,00%	
<b>Melhor Resultado sobre BP original</b>		<b>3,79%</b>	
<b>Eficiência do Sistema (frente ao máximo de 6%)</b>		<b>63,23%</b>	

O melhor resultado é obtido com o cenário R8, significando uma redução do custo de frete de **3,79%**, o que é bastante significativo, considerando o limite estabelecido de 6% o que só seria conseguido com conjugação de todas as rotas, uma tradução desta afirmativa é que o sistema chegou a **63%** das cargas conjugadas, o que pode ser considerada uma medida de eficiência.

O melhor resultado é obtido com o cenário R8, significando uma redução do custo de frete de **3,79%**, valor bastante significativo considerando-se o limite estabelecido de 6%, o que só seria conseguido com conjugação de todas as rotas; uma tradução desta afirmativa é que o sistema chegou a **63%** das cargas conjugadas, o que pode ser considerado como uma medida de eficiência.

A tabela 7.18 resume os resultados para o modelo tático, o qual recebeu os cenários 3 e 8 a partir do estratégico. Nesta fase da metodologia, as iterações trataram de flexibilização das janelas de tempo para as entregas do produto da empresa B. As flexibilizações dependem da anuência das áreas de negócio; em condições reais, esta etapa interativa é mais complicada porque, enquanto no nível estratégico as mudanças do BP quanto ao seqüenciamento são mais técnicas, neste caso as alterações dependem de questões quase que totalmente comerciais; além disso, as interfaces acontecem em número muito grande e em cascata. Os responsáveis pelo projeto de Transporte Colaborativo executam o modelo matemático e consultam os vendedores da empresa B que, por sua vez, ou assumem a responsabilidade pela mudança do momento acordado para a entrega ou realizam a consulta diretamente ao cliente. Essa operação não inviabiliza a metodologia já que a compra de fertilizante acontece com certo planejamento, e muitas vezes engloba transações de outros produtos como defensivos ou sementes na mesma comercialização; também vem acontecendo, de forma freqüente, a troca de fertilizantes por soja. Estes elementos fazem com que a expectativa de recebimento do fertilizante comprado seja contada em semanas e não em dias; mesmo assim, a janela de entrega deve estar restrita a períodos curtos, daí a decisão de operar no modelo matemático desta pesquisa com no máximo 2 semanas de flexibilização. O resultado final mostrou o cenário R8a como o de maior redução no custo total de frete; este cenário permite flexibilizar totalmente o BP da Empresa A, e para a Empresa B 100% de remanejamento para a primeira semana e 50% para a segunda.

As premissas elaboradas para a formação do cenário R8a são factíveis mediante uma interação eficaz junto ao mercado.

**Tabela 7-18: Resumo dos resultados obtidos com o modelo matemático para o nível tático e a compilação dos resultados dos dois modelos**

<b>Saída do Modelo para o nível Tático</b>			
	<b>Cenário</b>	<b>Custo Total (R\$)</b>	<b>Redução frente ao cenário anterior</b>
<b>R1</b>	BP, sem rota composta	17.807.921,43	
<b>R3a</b>	BP, com rota conjugada, nenhuma flexibilidade de alteração do BP e com 100% de remanejamento para 1 semana e 50% para 2 semanas	17.365.152,60	2,49%
<b>R3b</b>	BP, com rota conjugada, nenhuma flexibilidade de alteração do BP e com 75% de remanejamento para 1 semana	17.367.604,21	-0,01%
<b>R3c</b>	BP, com rota conjugada, nenhuma flexibilidade de alteração do BP e sem remanejamento	17.399.748,87	-0,19%
<b>R8a</b>	BP, com rota conjugada, com total flexibilidade de alteração do BP da empresa A e com 100% de remanejamento para 1 semana e 60% para 2 semanas	17.120.843,42	1,61%
<b>R8b</b>	BP, com rota conjugada, com total flexibilidade de alteração do BP da empresa A e com 75% de remanejamento para 1 semana	17.122.218,57	-0,01%
<b>R8c</b>	BP, com rota conjugada, com total flexibilidade de alteração do BP da empresa A e sem remanejamento	17.153.884,01	-0,18%
<b>Melhor Resultado sobre BP original</b>		<b>3,86%</b>	
<b>Eficiência do Sistema (frente ao máximo de 6%)</b>		<b>63,33%</b>	

Pode-se afirmar que o resultado obtido, com a aplicação da modelagem matemática ao caso real, foi plenamente satisfatório e validou a metodologia proposta nesta tese de doutorado para o Transporte Colaborativo de Cargas de Grande Volume.

O resultado positivo não está somente no ganho financeiro, mas principalmente na viabilização da implantação da metodologia na prática e adequação da modelagem matemática às regras de negócio. O capítulo 8 irá trazer a extrapolação dos dados para a extensão da pesquisa e recomendações para a sua continuidade.

## **CAPÍTULO 8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.**

### **8.1 - Contribuições do trabalho.**

O Objetivo da pesquisa foi desenvolver, apresentar e implementar a um caso real uma metodologia para o até então conceitual “Transporte Colaborativo”, adequando-o para grandes volumes de cargas no transporte rodoviário.

A discussão do conceito de colaboração em logística, especificamente colaboração em transporte, bem como o aprofundamento no tema por meio da revisão bibliográfica e pesquisas de casos reais, demonstrou a inexistência de aplicações práticas e formalização de metodologias do assunto escolhido.

Se a motivação inicial foi um problema latente no agronegócio brasileiro, a meta sempre foi tornar a pesquisa aplicável a conceito mais amplo, de modo a buscar formalizar uma metodologia de transporte colaborativo aplicado a grandes volumes. É importante ressaltar que o aprofundamento dos cenários relativos ao agronegócio brasileiro, nos capítulos iniciais, teve o objetivo de conferir a correta dimensão a este setor que, definitivamente, tornou-se o segmento mais importante da atividade econômica no país.

No desenvolvimento do trabalho, outra meta importante foi procurar contribuir sobretudo com uma proposta fundamentada em modelagem matemática consistente e de implementação factível; ou mais que isso: simples. A modelagem matemática mostrou-se apta a conciliar a necessidade do transporte com as restrições impostas pelas janelas de tempo, sem desconsiderar as regras do negócio. Um desafio foi criar

o trabalho conceitualmente consistente, demonstrando-se viável no competitivo cenário econômico globalizado.

A proposta do trabalho não poderia ser de fato aplicada se atingisse suas metas acadêmicas, mas não viesse a atender as restrições impostas pelo mercado. Este é, sem dúvida, o fator crítico para o sucesso da metodologia: integrar a modelagem matemática aos níveis hierárquicos de decisão. A cada saída do modelo nos níveis estratégico e tático, cabe consulta às pessoas ligadas ao negócio para anuir ou não com a proposição do modelo matemático.

Como mostrado no capítulo 7, o resultado foi bastante satisfatório e a meta atingida, já que a implementação ao caso real foi amplamente viabilizada, e trouxe os esperados ganhos financeiros com a redução na contratação de fretes para o transporte de soja e fertilizantes.

## **8.2 - Extrapolação dos resultados com a ampliação da aplicação ao caso real ao Brasil.**

A implementação da metodologia ao caso real ficou restrita ao pólo regional sul, já que, como colocado anteriormente, é parte do processo sua aplicação por pólos; e a escolha do Sul não torna a aplicação nos demais pólos menos viável; ao contrário, ratifica a possibilidade de sucesso nas demais regiões.

O capítulo 7 mostrou uma redução na conta-frete da ordem de 3,86%; resultado muito bom, já que o máximo previsto estava limitado a 6%, sendo estipulado este valor como parâmetro na redução de frete por conjugação da carga. Como já foi aqui comentado, o número 6% é um limite conservador, escolhido para não se firmar dúvida de que os resultados, de fato, advêm da metodologia desenvolvida para o Transporte Colaborativo, e não de percentuais exagerados e inviáveis nas práticas reais de mercado.

O ganho obtido com a implementação da metodologia ao caso real, exposto no capítulo 7, leva a uma questão natural:

Qual o resultado em forma de ganhos financeiros se fosse aplicada a metodologia para os demais pólos geográficos, na base de dados total?

A questão só pode ser respondida de forma precisa com tal aplicação em todas as regiões, porém uma extrapolação simples pode fornecer uma idéia da grandeza e contribuir para que a proposta parta do ambiente acadêmico para a sua utilização no ambiente real.

No capítulo 5 a base de dados foi detalhada não só quanto a volumes, mas também quanto a distribuição em tempo e espaço, consolidando um cenário completo da carga de soja e fertilizante transportados em 2001, bem como a correspondente conta-frete.

Resgatando uma sinopse da base de dados, obtém-se o exposto na tabela 8.1.

Tabela 8-1: Sinopse da base de dados consolidada

Base de dados consolidada			
	Conta Frete	Volume Transportado	Frete Médio
<b>Fertilizantes</b>	R\$ 53.229.516,64	1.896.833	R\$ 28,06
<b>Soja</b>	R\$ 276.580.598,84	9.214.213	R\$ 30,02
<b>Total Geral</b>	<b>R\$ 329.810.115,48</b>	<b>11.111.046</b>	<b>R\$ 29,68</b>

Os números utilizados são absolutamente verídicos, e as situações testadas condizentes com a realidade, porém o cenário foi construído a *posteriori*, ou seja, a construção realizada após a carga efetivamente transportada e os resultados comparados com os obtidos na tese.

Uma extrapolação simplista do resultado obtido no pólo geográfico sul, utilizando como premissa a economia de 3,86% na conta-frete global, projeta um resultado de **R\$12.730.670,46** no ano.

O potencial de economia global e atualizado, no entanto, se alcançar os valores máximos, pode chegar a números muito expressivos. Para estimativa deste valor assumem-se as seguintes premissas:

- As empresas escolhidas para a pesquisa possuem 30% do volume total do mercado em suas respectivas atividades.
- O volume estimado para a Empresa A na movimentação de soja é de 20 milhões de toneladas para 2004.

- O volume estimado para a Empresa B na movimentação de fertilizantes é de 7 milhões de toneladas para 2004.
- O frete médio sofreu um acréscimo de 25% com base nos dados de 2001 utilizados.

Diante destas premissas, aplicando a metodologia aqui proposta, resultando em uma economia na conta-frete de 3,86%, o valor da economia anual para todo o sistema brasileiro de movimentação de soja e fertilizante é da ordem de **R\$128 milhões**, conforme demonstrado na tabela 8.2.

Tabela 8-2: Extrapolação do resultado para toda a movimentação de soja e fertilizantes no ano.

	Frete médio R\$/t	Volume( t em 2004)	Conta frete (no ano)
Fertilizantes	R\$ 35,08	23.333.333	R\$ 818.484.056,67
Soja	R\$ 37,52	66.666.667	R\$ 2.501.394.664,60
Total		90.000.000	R\$ 3.319.878.721,27
Potencial de Economia			R\$ 128.147.318,64

O número obtido serve apenas para aquilatar o potencial e motivar o interesse pela proposta, não possuindo qualquer sustentação em si mesmo; cumpre porém o seu papel, à medida que torna extremamente motivadora a continuidade da pesquisa e o aumento da magnitude da implementação.

### 8.3 - Conclusões.

O resultado da aplicação da metodologia, de fato, atinge sua meta pelas economias de frete obtidas, mas também promove uma colaboração efetiva entre as empresas.

O método proposto é operacionalmente factível e o grau de dificuldade para a implementação dos modelos matemáticos é baixo, uma vez que programação linear é uma ferramenta usual, não só nos meios acadêmicos, mas também na solução de problemas reais relacionados à logística e transporte.

A formalização do processo favorece o entrosamento natural entre as empresas. O exercício de realizar em conjunto, como uma só empresa, o planejamento estratégico

de negócio, o planejamento tático de médio prazo e a execução operacional de toda a movimentação de soja e fertilizante torna ambas as empresas mais fortes e competitivas, fomentando, entre outras, as seguintes práticas:

- Troca de conhecimento
- Redução de gastos com planejamento
- Redução de gastos com operação
- Maior poder de negociação com fornecedores
- Maior capilaridade na distribuição e, por conseqüência, possibilidade de alcançar novos mercados
- Vantagem competitiva
- Fidelização dos recursos de transporte, entendendo-se aqui carreteiros autônomos como principais recursos de transporte

Todos os itens apontados são importantes e trazem resultados reais às empresas, e em sua maioria são mensuráveis em valores monetários; entretanto, destaca-se a garantia dos recursos de transporte por meio da fidelização de carreteiros autônomos. É certo que não haverá recursos de transportes suficientes no médio prazo, tanto em infraestrutura quanto em equipamentos (caminhões, vagões, etc.). Quando o Brasil vencer a estagnação econômica e os níveis de crescimento aumentarem, o transporte será uma restrição considerável, e sua falta ameaçará a movimentação dos volumes projetados para o agronegócio.

A colaboração na logística, e mais especificamente no transporte, é ainda mais interessante para o carreteiro que para as empresas patrocinadoras do projeto porque o modelo habitual é perverso para o primeiro ator deste cenário, uma vez que a busca por transporte e longas demoras para operações de carga e descarga diminuem a produtividade dos caminhões, e conseqüentemente derrubam a sua lucratividade; a frota brasileira deteriorada é a comprovação deste fenômeno. Com a implementação do transporte colaborativo as empresas ganham em frete e detêm o caminhão em seu sistema, gerando forte vantagem competitiva frente aos concorrentes que não se utilizam deste processo. Os caminhoneiros ganham em produtividade e lucratividade,

têm a garantia de transporte contínuo, e não precisam sair à busca de outros embarcadores.

O sistema, como um todo, ganha com a implementação do Transporte Colaborativo através da metodologia proposta nesta tese; ganha em produtividade, em custos, em organização e em garantia de recursos que, em última instância, garante a perpetuação do negócio.

#### **8.4 - Recomendações para a continuidade da Pesquisa**

É possível e recomendável que a pesquisa continue; a seguir apresentam-se alguns caminhos naturais que podem também levar a resultados profícuos. São eles:

1. Aplicação da metodologia para todos os pólos geográficos propostos no capítulo 5.
2. Detalhamento dos recursos operacionais para a implementação da metodologia, como recursos humanos (quantidade e habilidades), recursos materiais, etc.
3. Aplicação ao caso real na forma proposta (a aplicação efetuada nesta tese ocorreu com o transporte já efetuado, através da recuperação dos dados) - fica recomendada com veemência a implantação da proposta de forma plena, tal qual concebida, isto é: em tempo real, desde a geração do BP conjunto até a contratação dos recursos de transporte na operação diária.
4. Aprofundamento de métodos colaborativos em outros aspectos da Logística para a mesma linha, ou seja, movimentação de grandes volumes. A proposta então é expandir a colaboração para os demais elos da cadeia de suprimentos, agilizando o sistema e ampliando a sinergia entre as empresas.
5. Estudo de localização de fábricas e silos integrados com a metodologia proposta nesta tese. Aqui foi tratada a armazenagem enquanto seqüenciamento de esvaziamento dos silos de soja de modo a favorecer a conjugação de cargas no transporte de fertilizantes, mas em nenhum momento questionou-se sua posição; uma análise criteriosa deste aspecto,

buscando minimizar o custo total integrado ao de transporte, deverá trazer resultados ainda melhores.

6. Estudo de capacidade de fábricas e silos integrados com a metodologia proposta nesta tese. Após (ou de forma concomitante) definição do posicionamento ideal dos silos e fábricas é preciso definir a capacidade de produção das fábricas e armazenamento nesses silos.
7. Desenvolvimento de indicadores sistêmicos de desempenho, tanto qualitativos quanto quantitativos, de modo a aprimorar continuamente a proposta desta tese.

### **8.5 - Comentários finais**

O trabalho efetuado para esta tese de doutorado demandou ampla pesquisa bibliográfica sobre conceitos e aplicações para a Logística e Transporte Colaborativo, como também a busca de ferramentas matemáticas capazes de auxiliar na composição da metodologia. O foco foi: por meio de métodos acadêmicos aliados sempre a diretrizes e experiências práticas obter uma proposta teoricamente consistente e solidamente aplicável. A consolidação dos resultados numéricos e a própria consolidação do texto demonstram que a meta foi alcançada.

O desenvolvimento acadêmico só faz sentido se suportar o desenvolvimento dos negócios, e este o desenvolvimento da sociedade até seu elemento fundamental: o Homem.

A Universidade é feita pelo Homem e para a evolução do Homem, que cria os mercados e as empresas, que geram negócios, que fomentam o desenvolvimento, instigador da Universidade.

Apenas serão sustentados os conceitos acadêmicos que se materializarem no mercado. Este é um ciclo virtuoso, uma construção contínua. Construção em que o autor espera ter colocado um pequeno tijolo com esta tese.

## CAPÍTULO 9 BIBLIOGRAFIA

Adler, J. L., Blue, V. J. Toward The Design Of Intelligent Traveler Information Systems. Transportation Research (Part C), Elsevier Science, 1998

Allen, Eric; Supply Chain Management Software, Vendor Comparison and Analysis, University of Texas, EUA, 1998.

Bachem, A., Hochstättler, W; Malich, M. Hochstättler, W; Malich, M. The simulated Trading Heuristic for solving Vehicle Routing Problems. EUA, 1993.

Badeau, P. Potvin, JY; Guertin, F; Taillard, E; Gendreau, M. A parallel Tabu Search Heuristic for the Vehicle routing problem with time Windows. Transportation Research (Part C 5), Elsevier Science. EUA, 1997.

Baita, F. Pesenti, R; Favareto, D. Dynamic Routing-and-inventory problems: a Review. Transportation Research Part A Vol-32 (Elsevier Science), EUA, 1998.

Baita, F., Pesenti, R; Ukovich, W; Favareto, D. A Comparison of Different Solution Approaches to the Vehicle Scheduling Problem in a Practical Case. Computers & Operations Research 27 (Elsevier Science), 2000.

- 
- Baldwin, C. Y. Harvard Business Review: On managing the value chain. Boston, EUA, 2000.
- Ballou R. H. Business Logistics Management (4a. Edição). Prentice Hall. EUA, 1999.
- Ballou, R. H. Logística Empresarial. São Paulo, Brasil 1992.
- Ben-Akiva, M., Lerman S., R. Discrete Choice Analysis: Theory and Application to travel Demand. MIT Press Series in transportation studies. Cambridge, EUA, 2000.
- Bodin, L. D.; Fagan, G.; Welebny, R.; Greenberg, J. Routing and scheduling of vehicles and crews: The state of the art. Computers and Operations Research, v.10, n.2, 1983.
- Bowersox D. J., Closs D. J. Logistical Management: The Integrated Supply Process. McGraw-Hill. EUA, 1996.
- Bramel, J., Levi, D. S. The logic of logistics. Springer. EUA, 1997.
- Brooke, A.; Kendrick, D.; Meeraus, A.; Raman, R. Gams: A User's Guide. Ed. Edgard Blücher. Washington: GAMS Development Corporation, 1997.
- Browning, B. White, A. Collaborative Transportation Management – A Proposal, EUA, 2001.
- Caixeta Filho, J. V., Gameiro H. A. Sistemas de Gerenciamento de Transportes – Modelagem Matemática. Editora Atlas, São Paulo, 2001.
- Caixeta Filho, J. V., Gameiro H. A. Transporte e Logística em Sistemas Agroindustriais. Editora Atlas, São Paulo, 2001.

Caixeta Filho, J. V., Logística e Transporte no Agro negócio Brasileiro. Revista "Preços Agrícolas". Dezembro de 2000/Janeiro de 2001, pgs 3 a 5.

Caliper (Corp.) Maptitude: User's Guide Version 4.5. Caliper Corporation, 2001

Cavalcanti Netto, M. <sup>a</sup> Contribuição ao desenvolvimento de um Sistema logístico de Exportação e Importação de Produtos containerizados e suas relações com o Transporte Marítimo. Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal do Rio De Janeiro. Brasil, 1992.

Chen H., Boyce D. Dynamic Travel Choice Models. Springer. Alemanha, 1999.

Copyright Technology Futures, 2000: Techniques & Methodologies Employed by Technology Futures, Inc.

Crainic, G. T. Fleet Management and logistics, 1998, Centre for research on transportation, University de Montreal, Canadá.

Cunha, C. B. Uma contribuição para o problema de roteirização de veículos com restrições operacionais. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Brasil, 1997.

Derigs U, Grabenbauer G. Golden, B L. (este último editor do livro) American Journal of Mathematical & Management Sciences, Vol. 3 & 4, pag. 250 a 266, EUA, 1993.

Desrochers, J. Soumis, F; Belanger, N; Ioachim. Fleet Assignment And Routing With Schedule Synchronization Constraints. I. European Journal of Operation Research 119 (Elsevier Science), 1999.

---

Desrochers, J., Desrochers, M. Langevin, A. A two-commodity flow formulation for the travelling salesman and the makespan problems with time windows. Centre Research Transportation of Montreal. Canada, 1990.

Fagerholt, K Evaluating The Trade-Off Between the Level of Customer Service and Transportation Costs in a Ship Scheduling Problem. *Maritime Policy & Management*, 2000.

Fagerholt, K. Christiansen, M. A traveling salesman problem with allocation, time windows and precedence constraints - an application to ship scheduling. *IFORS 7* (Elsevier Science), 2000.

Fagerholt, K. Ship Scheduling With Soft Time Windows: An Optimization Based Approach. *European Journal of Operation Research* 131 (Elsevier Science), 2000

Fu, L. An Adaptive routing algorithm for in-vehicle route guidance systems with real time information. *Transportation Research (Part B 35)*, Elsevier Science, 2001.

Fu, L. Rilett, L.R. Expected shortest paths in dynamic and stochastic traffic networks. *Transportation Research (Part B 32)*, (Elsevier Science), 1998.

Gendreau, M., Pesant, G. Centre. A constraint programming framework for local search methods. *Research Transportation of Montreal*. Canada, 1998.

Glover, F. Tabu Search – Part I, *ORSA Journal on Computing* 1, EUA, 1989.

Glover, F. Tabu Search – Part II, *ORSA Journal on Computing* 2, EUA, 1990.

Golden, B. L. *American Journal of Mathematical and Management Sciences*, Vol. 13, números 3 e 4. University of Maryland, EUA, 1993.

---

Haugton, M. A., Stenger, A. J. Pennsylvania. Semi-Variable delivery routes and efficiency of outbound logistics. State University, EUA, 1997.

Hino, C. M. Desenvolvimento de métodos para elaboração de modelos heurísticos de designação e seqüenciamento de planos de estivagem de navios porta-contêineres. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Naval. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 221p. + apêndices. São Paulo, 1999.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Anuário Estatístico do Brasil 1996, (“cdrom”) 1997.

Industry Directions, The Next Wave of Supply Chain Advantage: Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment. CPFR Survey Findings & Analysis. 2000.

Jayakrishnan R., Mahmassani, H. S., Liu, Y.H.. An evaluation tool for advanced traffic information and management systems in urban networks. Transportation Research 2 (3), 129-147, 1994.

Kahl, Steven J. What’s the “value” of supply chain software? Supply chain review, 1998.

Karolefsky, J. Collaboration Across the Supply Chain, 2001, EUA.

Lambert, D. M., Stock J. R. Ellram, L.M. Fundamentals of Logistic Management. Irwin McGraw-Hill. Boston, EUA, 1998.

Lambert, D. M., Stock J. R. Strategic Logistics Management. Irwin McGraw-Hill. Boston, EUA, 1993

Laporte, G.; Gendreau, M.; Potvin, J.Y.; Semet, F. Classical and modern heuristic for the vehicle routing problem. *International Transactions in Operational Research*. 7, 285-300. 2000.

Leclerc, F. Potvin, *Genetic Algorithms for Vehicle Dispatching* J.Y. Elsevier Science ltd, IFORS, EUA, 1997.

Levi D. S., Kaminsky P. *Designing and Managing the Supply Chain*. Editora S-Levi/ Irwin McGraw-Hill. EUA, 2000.

Lin, C. The Freight routing problem of time-definite freight delivery common carriers. *Transportation Research (Part B 35)*, Elsevier Science, EUA, 2001.

Mahmassani, H. S., Liu, Y.H.. *Dynamics Of Commuting Decision Behaviour Under Advanced Traveller Information Systems*. *Transportation Research (Part C 7, pgs 91-107)*, Elsevier Science, 1999.

Novaes, A.G. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição*. Editora Campus, 2001.

Periódico: “Os Maggi continuam investindo na soja”. *O Estado de São Paulo*, 8 de janeiro de 2003.

Periódico: “A Vale mostra suas armas”. *Revista Fluxo*, 01/01/2003. Divulgação através do site oficial da CVRD ([www.cvr.com.br](http://www.cvr.com.br)).

Periódico: “Irreversível Globalização”. *ISTO É* Nº 1550, 16 de junho de 1999.

Periódico: “Eleito para celeiro do mundo” . *Gazeta Mercantil*, jornalista - Ariverson Feltrin, setembro de 2002.

Periódico: “Latinos superam EUA no transporte de soja”. *O Estado de São Paulo*, 16 de julho de 2001.

Potvin, J.Y., Duhamel, C. Guerti, F. A Genetic Algorithm for Vehicle Routing With backhauling. Centre Research Transportation of Montreal. Canada, 1994.

Potvin, JY, Rousseau, JM; Duhamel, C. A Tabu Search Heuristic for the Vehicle Routing Problem with backhauls and time Windows. CRT Montreal, University de Montreal, Canadá, 1994.

Potvin, JY; Sun, T; Thangiah, S R. Heuristics Approaches to Vehicle Routing With Backhauls and Time Windows. Elsevier Science. EUA, 1996

Powell, W.B., Carvalho, T. A. Dynamic Control of Multi-commodity Fleet Management Problems. European Journal of Operation Research 98 (Elsevier Science), 1997.

Psarafits H.N., Dynamic vehicle routing: Status and Prospects. National Technical Annals of Operations Research. University of Athens, Greece, 1995.

Revista: e-manager – jan/fev 200 (pgs. 22 a 24 Hugo Yoshizaqui, “A nova face da Logística”; pgs. 28 a 31 Daniel Loneeff, “Pré-à-porter, semipronta e sob medida”).

Séguin, R.; Potvin, J.Y.; Crainic, T.G.; Marcotte, P. Real Time Decision Problems: an Operational Research Perspective. Centre de Recherche sur les Transports. Journal of the Operation research Society. Montreal University, Canadá, 1997.

Solomon M.M. Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems with time Window Constraints, Operation Research, EUA, 1987.

Sutherland, J. Collaborative Transportation: The road to supply chain improvement, EUA, 2002.

---

Tacla, D. Estudo para Otimização de Rotas no Transporte Rodoviário de cargas granelizadas na Indústria Química. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Brasil, 1999.

Teodorovic, D. Fuzzy Logic Systems For Transportation Engineering: The State Of The Art. Transportation Research (Part A 33). (Elsevier Science), 1999.

Toth P, Vigo, D. A heuristic algorithm for the symmetric and asymmetric vehicle routing problems with backhaul. European Journal of Operation Research 113 (Elsevier Science), 1999.

Wiley, John. Managing Innovation. Reino Unido, 1997.

Winston, W. L. Operations Research – Application and Algorithms. Editora: Duxbury Press, 3ª. Edição. EUA, 1994.

Xinlian, X., Tengefei, W; Daisong, C. A Dynamic Model and Algorithm for the Fleet Planning Maritime Policy & Management, 2000.

Yoshizaki, H. T. Y. Planejamento e Projeto de bases de Modelos Quantitativos de Auxílio à Decisão. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Brasil, 1996.