

Universidade Federal do Rio de Janeiro

UM PROCEDIMENTO PARA ESCOLHA MODAL DO TRANSPORTE TERRESTRE  
DE CARGA GERAL NO BRASIL

Brunno Santos Gonçalves

2013

UM PROCEDIMENTO PARA ESCOLHA MODAL DO TRANSPORTE TERRESTRE  
DE CARGA GERAL NO BRASIL

Brunno Santos Gonçalves

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Transportes.

Orientador: Márcio de Almeida D'Agosto

Rio de Janeiro  
Março de 2013

UM PROCEDIMENTO PARA ESCOLHA MODAL DO TRANSPORTE TERRESTRE  
DE CARGA GERAL NO BRASIL

Brunno Santos Gonçalves

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ  
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS EM  
ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinada por:

---

Prof. Márcio de Almeida D'Agosto, D.Sc.

---

Prof. Raul de Bonis Almeida Simões, D.Sc.

---

Prof. Ilton Curty Leal Júnior, D.Sc.

---

Prof. Elton Fernandes, D.Sc.

---

Prof. Glaydston Mattos Ribeiro, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

MARÇO DE 2013

Gonçalves, Brunno Santos

Um Procedimento para Escolha Modal do Transporte Terrestre de Carga Geral no Brasil / Brunno Santos Gonçalves.

– Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2013.

XI, 112 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Márcio de Almeida D'Agosto

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transporte, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 98-103.

1. Transporte Terrestre de Carga Geral no Brasil. 2. Planejamento de Transporte de Carga. 3. Procedimento para Escolha Modal. I. D'Agosto, Márcio de Almeida. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Transporte. III. Título.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

UM PROCEDIMENTO PARA ESCOLHA MODAL DO TRANSPORTE TERRESTRE  
DE CARGA GERAL NO BRASIL

Brunno Santos Gonçalves

Março/2013

Orientador: Márcio de Almeida D'Agosto

Programa: Engenharia de Transportes

O objetivo da pesquisa é desenvolver um procedimento de escolha modal para avaliar o transporte terrestre de carga geral no Brasil e possíveis razões da predominância do transporte rodoviário sobre o transporte ferroviário. A aplicação deste procedimento permitiu entender que as operações ferroviárias brasileiras continuam pouco competitivas para o transporte de cargas gerais de alto valor agregado em termos de custos logísticos. Além disso, inferiu-se que a oferta de transporte é um fator determinante para o uso majoritário do transporte rodoviário na matriz de transporte de carga geral no Brasil, sendo a demanda para o transporte de carga geral brasileira elástica a este fator.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

A PROCEDURE FOR MODAL CHOICE OF THE LAND TRANSPORT OF GENERAL CARGO IN BRAZIL

Brunno Santos Gonçalves

March/2013

Advisor: Márcio de Almeida D'Agosto

Department: Transports Engineering

The objective of the research is to develop a modal choice procedure to evaluate the land transport of general cargo in Brazil, and possible reasons for the prevalence of road transport over railway transport. Application of this procedure allowed us to establish that Brazilian railway operations are still uncompetitive in terms of logistics costs when transporting general cargo of high aggregate value. Moreover, transport supply is a determining factor for the greater use of road transport in the matrix of general cargo transport in Brazil, with the demand for transportation of general cargo in Brazil being elastic relative to this factor.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	- Metodologia para elaboração da tese.....	8
Figura 2.2	- Interpretação gráfica da teoria do modo abstrato.....	29
Figura 2.3	- Ocorrência dos atributos na revisão bibliográfica por grupo de atributos.....	38
Figura 2.4	- Ocorrência dos atributos na revisão bibliográfica.....	39
Figura 3.1	- Participação percentual dos setores produtivos no valor das vendas da indústria brasileira em 2009.....	44
Figura 3.2	- Distribuição interna da carga geral brasileira em 2003.....	45
Figura 3.3	- Evolução da matriz de transporte brasileira entre 1950 e 1963.....	47
Figura 3.4	- Evolução dos investimentos governamentais em infraestrutura rodoviária.....	47
Figura 3.5	- Estado de conservação das rodovias nos corredores de transporte.....	48
Figura 3.6	- Evolução da produção de caminhões brasileira.....	49
Figura 3.7	- Receita média anual dos transportadores rodoviários de carga brasileiros.....	49
Figura 3.8	- Mapa da malha ferroviária brasileira.....	50
Figura 3.9	- Evolução da movimentação de carga nas ferrovias brasileiras no período pós-privatização.....	51
Figura 3.10	- Evolução da movimentação de cargas nas ferrovias brasileiras....	52
Figura 3.11	- Movimentação ferroviária de carga geral por tipo de carga em 2011.....	52
Figura 3.12	- Movimentação anual de contêineres pelas ferrovias brasileiras....	53
Figura 3.13	- Investimentos na malha ferroviária brasileira.....	54
Figura 3.14	- <i>Piggy Back</i> .....	56
Figura 3.15	- <i>Roadrailer</i> .....	56
Figura 3.1	- Procedimento proposto.....	63
Figura 3.2	- Detalhamento esquemático da Etapa 1.....	66
Figura 5.1	- Corredores de transporte selecionados.....	72
Figura 5.2	- <i>Market share</i> nos corredores de transporte.....	77
Figura 5.3	- Comparação de custos logísticos.....	78
Figura 5.4	- Evolução das ofertas de transporte rodoviária e ferroviária nos corredores de transportes analisados.....	79
Figura 5.5	- Elasticidade da oferta de transporte.....	83

Figura 5.6	- Alternativas logísticas para o escoamento da carne de frango congelada do Estado do Mato Grosso.....	85
Figura 5.7	- Exportação anual de carne de frango do Estado do Mato Grosso (1997-2010).....	87
Figura 5.8	- Custo logístico das alternativas.....	88
Figura 5.9	- Análise da demanda.....	90

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	-	Procedimentos e referências analisados.....	10
Tabela 2.2	-	Valores dos coeficientes dos atributos das funções utilidade e contribuição marginal dos atributos.....	20
Tabela 2.3	-	Síntese da revisão bibliográfica.....	41
Tabela 3.1	-	Produtos que compõem o universo da carga geral no Brasil.....	43
Tabela 3.2	-	Matriz de transportes da carga geral brasileira em 2011.....	46
Tabela 3.3	-	Estudos de caso – projetos intermodais rodoferroviários.....	57
Tabela 4.1	-	Vínculo do procedimento proposto com os Capítulos 3 e 4.....	60
Tabela 4.2	-	Problemas típicos da intermodalidade x nível de análise.....	65
Tabela 4.3	-	Vantagens e desvantagens das técnicas para seleção de atributos.....	67
Tabela 5.1	-	Indicadores e medidas para determinar o custo logístico de uma alternativa.....	73
Tabela 5.2	-	Indicadores e medidas para determinar a oferta de transporte em um corredor de transporte.....	74
Tabela 5.3	-	Fontes utilizadas na coleta de dados.....	75
Tabela 5.4	-	Base de dados para o ajuste do modelo de divisão modal.....	76
Tabela 5.5	-	Resultados estatísticos parciais dos modelos ajustados.....	81
Tabela 5.6	-	Resultados estatísticos dos modelos ajustados no Estudo Aplicado 1.....	81
Tabela 5.7	-	Indicadores e medidas para se determinar os custos logísticos das alternativas.....	86
Tabela 5.8	-	Resultado estatístico do modelo ajustado no Estudo Aplicado 2.	89

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTT	-	Agência Nacional de Transportes Terrestres
BTS	-	<i>Bureau of Transportation Statistics</i>
CDs	-	Centros de Distribuição
CENTRAN	-	Centro de Excelência em Transportes
CT	-	Corredor de Transporte
DNIT	-	Departamento Nacional de Infraestrutura
EPL	-	Empresa de Planejamento e Logística S.A.
EVTEA	-	Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental
FEU	-	Contêiner de 40 pés
FHWA	-	<i>Federal Highway Administration</i>
FRA	-	<i>Federal Railroad Administration</i>
IBGE	-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPI	-	Imposto Sobre Produtos Industrializados
LABTRANS UFSC	-	Laboratório de Transportes da Universidade Federal de Santa Catarina
MLB	-	Modelo Logit Binomial
MLM	-	Modelo de Market Share
MS	-	Market Share
MT	-	Ministério dos Transportes
MTE	-	Modelo Teórico de Estoques
PAC	-	Programa de Aceleração do Crescimento
PAC 2	-	Programa de Aceleração do Crescimento 2
PD	-	Preferência Declarada
PIL	-	Programa de Investimento em Logística do Governo Federal
PNLT	-	Plano Nacional de Logística & Transportes
PR	-	Preferência Revelada
SIG	-	Sistema de Informação Geográfica
TEU	-	Contêiner de 20 pés
TI	-	Terminal Intermodal Rodoferroviário
UFRJ	-	Universidade Federal do Rio de Janeiro
USDOT	-	<i>United States Department of Transportation</i>
VA	-	Valor Agregado
VAR	-	Método do Vetor de Auto Regressão

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Considerações Iniciais .....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.3 Hipóteses e Premissas .....	2
1.4 Justificativas e Relevância.....	3
1.5 Contribuição à Ciência .....	4
1.6 Estrutura do Trabalho.....	5
<b>2 METODOLOGIA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Metodologia.....	7
2.2 Revisão Bibliográfica.....	9
2.1.1 Modelagem da Escolha Modal .....	9
2.1.2 Análise de Atributos .....	37
2.3 Considerações Finais do Capítulo.....	39
<b>3 TRANSPORTE TERRESTRE DE CARGA GERAL NO BRASIL.....</b>	<b>43</b>
3.1 A Carga Geral no Brasil.....	43
3.2 Transporte Rodoviário de Carga Geral no Brasil .....	46
3.3 Transporte Ferroviário de Carga Geral no Brasil .....	50
3.4 Intermodalidade Rodoferroviária no Transporte Terrestre de Carga Geral no Brasil .....	54
3.5 O Uso do Contêiner na Intermodalidade Rodoferroviário.....	57
3.6 Considerações Finais do Capítulo.....	58
<b>4 PROCEDIMENTO PROPOSTO.....</b>	<b>60</b>
4.1 Etapa 1 – Definições Iniciais .....	64
4.2 Etapa 2 – Seleção dos Atributos.....	66
4.3 Etapa 3 – Indicadores e Medidas dos Atributos .....	67
4.4 Etapa 4 – Coleta de Dados, Estimativas e Avaliações dos Atributos .....	68
4.5 Etapa 5 – Especificação e Ajuste do Modelo .....	69
4.6 Etapa 6 – Análise de Situações.....	69
4.7 Considerações Finais do Capítulo.....	70
<b>5 ESTUDOS APLICADOS.....</b>	<b>71</b>
5.1 Estudo Aplicado 1.....	71

5.1.1 Etapa 1 – Definições Iniciais .....	71
5.1.2 Etapa 2 – Seleção de Atributos.....	73
5.1.3 Etapa 3 – Indicadores e Medidas Representativas dos Atributos.....	73
5.1.4 Etapa 4 – Coleta de Dados, Estimativas e Avaliações dos Atributos.....	74
5.1.5 Etapa 5 – Especificação e Ajuste do Modelo .....	79
5.1.6 Etapa 6 – Análise de Situações .....	82
<b>5.2 Estudo Aplicado 2.....</b>	<b>83</b>
5.2.1 Etapa 1 – Definições Iniciais .....	84
5.2.2 Etapa 2 – Seleção de Atributos.....	86
5.2.3 Etapa 3 – Indicadores e Medidas Representativas dos Atributos.....	86
5.2.4 Coleta de Dados, Estimativas e Avaliações dos Atributos Exportações .....	86
5.2.5 Especificação e Ajuste do Modelo.....	88
5.2.6 Análise de Situações .....	89
<b>5.3 Considerações Finais do Capítulo.....</b>	<b>91</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>92</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>98</b>
<b>APÊNDICE A – Exemplo de diferentes tipos de acondicionamento de carga....</b>	<b>104</b>
<b>APÊNDICE B – Estudos de caso.....</b>	<b>106</b>
<b>APÊNDICE C – Tipos de contêineres .....</b>	<b>109</b>
<b>APÊNDICE D – Entrevista Brasil Foods .....</b>	<b>112</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo reúne as considerações iniciais sobre a temática a ser desenvolvida, a delimitação da pesquisa, a descrição dos objetivos, as hipóteses e premissas utilizadas, as justificativas para a escolha do tema, sua relevância e a forma como se estruturou o trabalho.

## 1.1 Considerações Iniciais

Estudos anteriores a esta pesquisa (ANTT, 2004; GONÇALVES, 2005; NOVAES *et al.*, 2006) apontaram uma utilização majoritária do modo rodoviário para o transporte de carga geral no Brasil. Esses estudos estimaram que 87% da carga geral brasileira era transportada pelo modo rodoviário, retratando uma dependência marcante do transporte rodoviário no transporte deste tipo de carga.

As constatações de ANTT (2004), Gonçalves (2005) e Novaes *et al.* (2006) sobre este segmento de mercado indicavam que os outros modos de transporte que poderiam ser potencializados para o transporte da carga geral no país, como o modo ferroviário e o modo marítimo de cabotagem ainda não apresentavam na visão dos embarcadores a mesma confiabilidade do modo rodoviário. Além disso, esses estudos apontaram que os embarcadores de carga geral brasileiros eram propensos a migrar para outros modos de transporte, desde que eles apresentassem custos competitivos e nível de serviço adequado.

Ao longo deste processo de doutoramento, buscou-se dar continuidade a estes estudos desenvolvidos por ANTT (2004), Gonçalves (2005) e Novaes *et al.* (2006) e responder às seguintes questões:

- a) Como vem evoluindo historicamente a matriz de transporte de carga geral no Brasil?
- b) Por que a matriz de transporte de carga geral brasileira é tão dependente do modo rodoviário?
- c) O modo ferroviário pode ser potencializado para o transporte de carga geral? Como?
- d) Quais os fatores relevantes na escolha entre alternativas logísticas distintas para o transporte de carga geral? Qual a importância relativa desses fatores?
- e) O transporte intermodal rodoferroviário pode ser intensificado com o uso do contêiner. Qual o estágio atual da utilização do contêiner no transporte intermodal rodoferroviário?

Para tal, a partir de pesquisas bibliográficas, documentais e análise do setor de transporte terrestre de carga geral no Brasil, buscou-se desenvolver procedimento inédito que permita avaliar a escolha modal do transporte terrestre de carga geral no Brasil, considerando os custos e a capacidade dos modos de transporte.

Espera-se ao final da pesquisa, que o procedimento desenvolvido constitua-se em ferramenta metodológica útil a outras pesquisas e que os estudos realizados permitam um maior entendimento do mercado de transporte terrestre de carga geral no Brasil.

## **1.2 Objetivos**

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver um procedimento inédito para analisar a escolha modal do transporte terrestre de carga geral no Brasil, que considere a capacidade e os custos dos modos de transporte.

Para alcançar este objetivo geral, pretendeu-se cumprir os seguintes objetivos secundários:

- a) Atualizar as estimativas a cerca da matriz de transporte de carga geral no Brasil;
- b) Analisar a escolha entre alternativas logísticas para o escoamento de carga geral no Brasil e seus impactos sobre a demanda de transporte.
- c) Identificar os principais atributos considerados por embarcadores de carga geral quando da escolha entre alternativas logísticas;
- d) Realizar análise comparativa de custos logísticos entre alternativas logísticas;
- e) Ajustar um modelo de divisão modal que contemple atributos relevantes à escolha entre alternativas logísticas para o transporte de carga geral;
- f) Medir a importância relativa dos atributos relevantes à escolha entre alternativas logísticas para o transporte de carga geral;
- g) Analisar situações que contemplem a implantação de novas alternativas logísticas para o escoamento de carga geral no Brasil, verificando o possível impacto da implantação destas alternativas sobre a demanda de transporte; e
- h) Realizar estudos aplicados utilizando o procedimento a ser desenvolvido.

## **1.3 Hipóteses e Premissas**

A pesquisa buscou avaliar as seguintes hipóteses:

- a) Existe um potencial de transporte intermodal não desenvolvido para o escoamento de carga geral no Brasil;

- b) A tomada de decisão em nível estratégico entre diferentes alternativas logísticas para o escoamento de carga geral no Brasil, incorre necessariamente na análise do *trade-off* entre custos e nível de serviço;
- c) A oferta pouco expressiva de serviços ferroviários se comparada à oferta de serviços rodoviários no Brasil, limita a maior utilização deste modo de transporte;
- d) O aumento da oferta de serviços ferroviários a custos competitivos no Brasil pode impulsionar substancialmente a movimentação de carga geral por este modo; e
- e) O procedimento a ser desenvolvido nesta tese pode contribuir para analisar a viabilidade de novos serviços intermodais e seu impacto sobre a demanda.

Para avaliar estas hipóteses, partiu-se da seguinte premissa:

- a) A intensificação do uso do modo ferroviário acarreta externalidades ambientais positivas, como a redução das emissões de poluentes, gases do efeito estufa e consumo energético e, além disso, pode contribuir no equilíbrio da matriz de transportes e na redução de custos logísticos.

#### **1.4 Justificativas e Relevância**

Entende-se que o procedimento a ser desenvolvido nesta pesquisa poderá ser utilizado em futuros estudos de planejamento de transporte de carga no país e no exterior, tanto no nível federal, regional ou local, bem como no âmbito acadêmico, em pesquisas científicas.

Além disso, cabe ressaltar que o estudo pode ser relevante aos órgãos governamentais e gestores do transporte brasileiro, uma vez que dentre as competências do Ministério dos Transportes (MT) brasileiro, previstas no art. 70 da Resolução nº 10, de 31 de janeiro de 2007 do Departamento Nacional de Infraestrutura (DNIT), na Resolução nº 3.000, de 28 de janeiro de 2009 da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) e na Lei nº 12.743, de 19 de dezembro de 2012 que criou a Empresa de Planejamento e Logística S.A. (EPL), enquadram-se no escopo desta pesquisa as seguintes competências:

- a) Planejar, coordenar e orientar a realização de estudos para o planejamento da infraestrutura de transportes sob jurisdição do MT;
- b) Subsidiar a formulação de propostas de políticas, diretrizes, planos e programas para o setor de transportes;

- c) Elaborar ou coordenar a realização de estudos, que propiciem subsídios ao processo de formulação do planejamento estratégico do DNIT;
- d) Levantar informações e promover estudos e análises para o planejamento, que permitam subsidiar as elaborações de propostas para os Planos Plurianuais e para as programações anuais de investimentos;
- e) Realizar estudos que propiciem subsídios para obtenção de financiamentos para programas, projetos e obras relativas à infraestrutura do sistema federal de viação;
- f) Desenvolver estudos sobre transporte ferroviário ou multimodal envolvendo estradas de ferro;
- g) Desenvolver estudos e promover pesquisas objetivando a definição de um modelo para análise permanente dos sistemas de transportes sujeitos a regulação da ANTT, envolvendo a qualidade dos serviços, seus custos, a integração física e operacional entre os modais, o desenvolvimento de tecnologias, a preservação do meio ambiente e a ampliação da competitividade do país no mercado internacional;
- h) Promover pesquisas para o acompanhamento e monitoramento do mercado de movimentação de pessoas e bens nas diversas modalidades de transportes;
- i) Promover pesquisas e levantamentos no setor de transportes terrestres;
- j) Acompanhar o mercado de movimentação de bens e a logística de distribuição associada às diversas modalidades de transportes, propondo a criação de facilidades de apoio logístico;
- k) Desenvolver estudos sobre frotas do transporte rodoviário de cargas, estudos de demanda de serviços de movimentação de cargas, estudos de fluxos de cargas e de integração modal;
- l) Desenvolver estudos comparativos dos custos logísticos do transporte de grupos de produtos, ao longo de corredores de transporte; e
- m) Prestar serviço na área de projetos, estudos e pesquisas destinados a subsidiar o planejamento da logística e dos transportes no País, consideradas as infraestruturas, plataformas e os serviços pertinentes aos modos rodoviário, ferroviário, dutoviário, aquaviário e aeroviário.

### **1.5 Contribuição à Ciência**

A originalidade do trabalho está na proposição de procedimento inédito para analisar a escolha modal do transporte terrestre de carga geral no país. Desta maneira, espera-se que esta pesquisa sirva de referencial bibliográfico a futuros

estudos de planejamento de transporte intermodal de carga, principalmente no que tange à modelagem da demanda de carga geral e à oferta de serviços de transporte intermodal.

Revisões bibliográficas realizadas por An Caris *et al.* (2008) e Bontekoning *et al.* (2004), indicaram um número crescente de pesquisas e artigos científicos sobre intermodalidade no transporte de carga, o que demonstra que o tema proposto nesta pesquisa é atual, emergente e relevante cientificamente no campo de pesquisa em transporte. Para estes autores esta evolução é reflexo da crescente importância do transporte intermodal de carga no setor de transporte, tanto em termos operacionais, no que diz respeito ao aumento dos fluxos de carga, quanto em termos setoriais e políticos, com o fortalecimento da indústria intermodal e a adoção da intermodalidade como diretriz de desenvolvimento sustentável por muitos países.

Além disso, considerando que as metodologias adotadas nos recentes estudos de planejamento de transporte de carga no Brasil, como por exemplo, PAC (2007), PELT – MG (2007), PELT – PA (2010), PAC 2 (2011) e ANTT (2013), se basearam substancialmente na metodologia desenvolvida em PNLT (2007) e entendendo que esta metodologia pode ser aperfeiçoada no que tange à modelagem da demanda de carga geral, espera-se que o procedimento proposto possa incorporar novos aspectos e técnicas que contribuam no desenvolvimento metodológico de futuros estudos de planejamento de transporte de carga no Brasil.

## **1.6 Estrutura do Trabalho**

Este trabalho está dividido em seis capítulos.

O primeiro capítulo reúne as considerações iniciais sobre a temática a ser desenvolvida, a descrição dos objetivos, hipóteses e premissas utilizadas na pesquisa, as justificativas para a escolha do tema, a sua relevância e a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 apresenta a metodologia estruturada para a elaboração da tese e a revisão da bibliografia científica sobre técnicas de modelagem em transporte de carga, a qual contribuiu para fundamentar o desenvolvimento do procedimento objeto desta pesquisa, bem como suas aplicações.

O Capítulo 3 busca retratar o transporte terrestre de carga geral no Brasil, apresentando os principais tipos de carga, a matriz de transporte de carga geral, os modos rodoviário e ferroviário, o uso da intermodalidade e do contêiner no transporte de carga geral.

O Capítulo 4 apresenta o procedimento desenvolvido para analisar a escolha modal do transporte terrestre de carga geral no Brasil, a justificativa para a proposição do mesmo e a descrição de suas etapas.

O Capítulo 5 apresenta os Estudos Aplicados realizados, por meio dos quais se buscou responder aos questionamentos que motivaram o desenvolvimento desta pesquisa.

O Capítulo 6 relata as principais conclusões obtidas com a elaboração deste estudo e elenca sugestões para futuras pesquisas.

## 2 METODOLOGIA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a metodologia estruturada para a elaboração da tese e a revisão bibliográfica realizada

### 2.1 Metodologia

A Figura 2.1 apresenta a metodologia estruturada para elaboração da tese, considerando os objetivos, as hipóteses e as premissas apresentadas no Capítulo 1, a qual foi dividida em três fases.

A Fase 1 contemplou a construção da base do conhecimento necessário para desenvolver o estudo e foi composta por uma Revisão Bibliográfica e uma Análise Setorial.

Para desenvolver a Revisão Bibliográfica as principais fontes de pesquisa foram o portal de periódicos da CAPES, as bibliotecas da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), do Centro de Excelência em Transportes (CENTRAN), do MT e da ANTT. Ênfase maior foi dada à busca por artigos científicos e estudos sobre Escolha Modal no Transporte de Carga, Planejamento de Transporte de Carga e Técnicas de Modelagem da Demanda de Carga.

Para realizar a Análise Setorial, enfatizou-se a análise de estatísticas sobre o setor de transporte terrestre de carga geral no Brasil, buscando sempre que necessário a atualização das estatísticas disponíveis. Algumas fontes de dados utilizadas, entre outras, foram o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o MT, a ANTT e as concessionárias ferroviárias.

A partir do conhecimento do problema, na Fase 2 estrutura-se o Procedimento Proposto, contemplando os objetivos delineados para a pesquisa. Aspectos verificados na Revisão Bibliográfica e na Análise Setorial, procedimentos utilizados, técnicas de modelagem e tratamento de dados, *softwares*, atributos relevantes, foram observados, filtrados e incorporados a este procedimento.

A Fase 3 contemplou a realização de Estudos Aplicados utilizando Procedimento Proposto na Fase 2. Avaliou-se na execução destes estudos aplicados a praticidade e exequibilidade de cada uma das etapas do procedimento.

A escolha dos estudos aplicados incluiu aspectos a serem investigados para se alcançar os objetivos da pesquisa e testar suas hipóteses. Algumas possíveis análises, por exemplo, foram as análises da demanda agregada e desagregada, verificando seu comportamento em função de determinados atributos relevantes à escolha modal. Diferentes técnicas de pesquisa, de coleta de dados e modelagem, também podem ser objetos de avaliação nestes estudos aplicados.

Os resultados dos Estudos Aplicados subsidiaram a conclusão da tese, de modo que os objetivos tenham sido alcançados, as hipóteses testadas, o procedimento proposto aplicado, permitindo assim aprofundar o conhecimento sobre a modelagem da escolha modal no transporte de carga e sobre o setor de transporte terrestre de carga geral no Brasil.

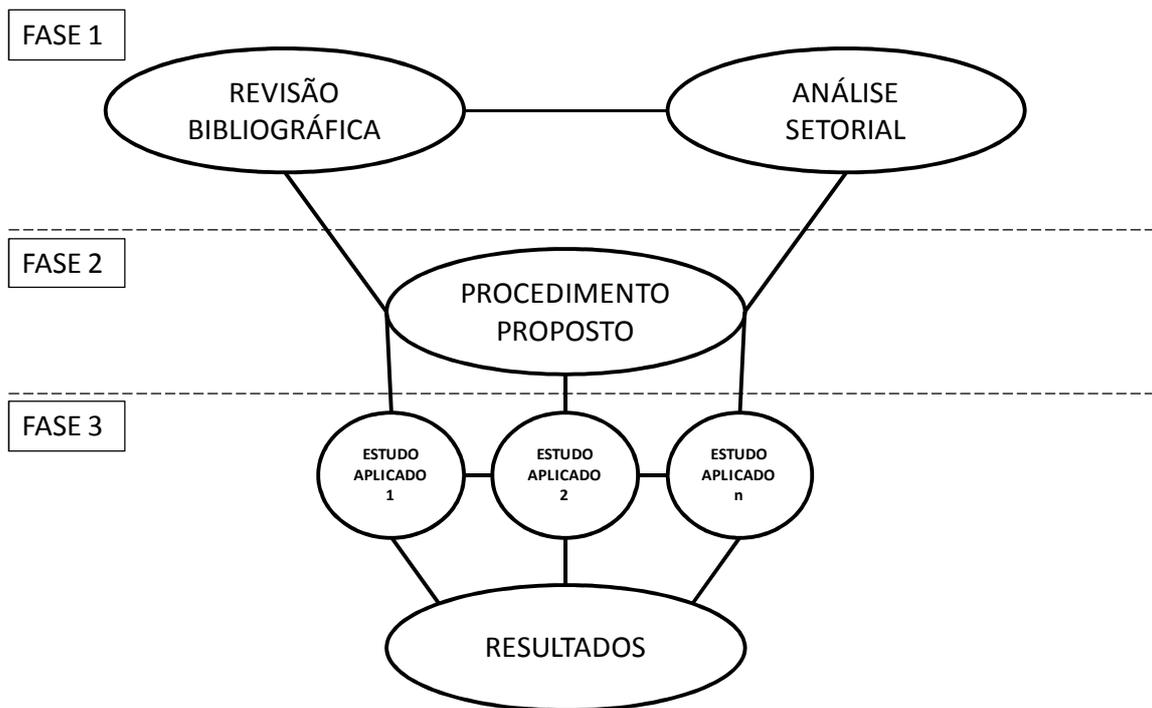


Figura 2.1 – Metodologia para elaboração da tese  
Fonte: Elaborado pelo autor

## 2.2 Revisão Bibliográfica

A Revisão Bibliográfica foi realizada com o objetivo de identificar na literatura científica técnicas de análise e estudos de caso já realizados sobre modelos de escolha modal no transporte de carga e seus impactos sobre a demanda, subsidiando desta forma a formulação do procedimento a ser apresentado no Capítulo 4 e sua aplicação no Capítulo 5. Para tal, avaliaram-se diferentes modelagens que permitiram identificar aspectos inerentes à contextualização e abordagem de problema, variáveis decisórias relevantes, técnicas e ferramentas de análise, e novas tendências em pesquisas sobre a temática que é o objeto desta pesquisa.

### 2.2.1 Modelagem da Escolha Modal

Harker (1985) defende que a escolha modal para o transporte de carga consiste na avaliação de um grande número de fatores relacionados ao mercado, atores, infraestrutura, legislação e tecnologia. Ressalta que esta escolha também está relacionada com os objetivos organizacionais dos embarcadores no que tange à economia, à produção e aos sistemas de distribuição. Conclui que a escolha modal está relacionada tanto a características internas da empresa quanto a características externas, como o ambiente socioeconômico em que a empresa opera. Segundo o autor, uma grande variedade de procedimentos pode ser evidenciada em estudos relacionados com a escolha modal no transporte de carga, o que, para o autor, é compreensível, dada a natureza complexa do sistema de transporte de cargas.

Segundo Chiang *et al.* (1980 apud HARKER, 1985), o fato de a modelagem do transporte de carga ter caráter multidisciplinar, uma vez que pesquisadores de diferentes áreas estão envolvidos na solução deste tipo de problema e de existirem diversas abordagens na tentativa de resolver problemas de diferente natureza nesta área de pesquisa, indica que o transporte de mercadorias envolve um processo de tomada de decisão complexo. Nesta revisão, observou-se que a gama de procedimentos estruturados para analisar a escolha modal no transporte de carga e/ou seus impactos sobre a demanda é bastante heterogênea. Esses procedimentos são compostos, normalmente, por mais de uma etapa, em que são empregados diferentes métodos e ferramentas de modelagem da demanda por transporte de carga.

A Tabela 2.1 mostra os procedimentos e referências analisadas nesta revisão bibliográfica, os quais serão detalhados ao longo deste capítulo.

Tabela 2.1 – Procedimentos e referências analisadas

Procedimentos		Referências
1. Modelos de Divisão Modal	1.1. Modelos de Divisão Modal com Dados de Preferência Revelada	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. BERNARDINO; CASTRO (1988)</li> <li>2. NAM (1997)</li> <li>3. BASUROY e NGUYEN (1998)</li> <li>4. ABDELWAHAB (1998)</li> <li>5. TSAMBOULAS; KAPROS (2000)</li> <li>6. NEVO (2000)</li> <li>7. TRAIN (2003)</li> <li>8. MALCHOW; KANAFANI (2004)</li> <li>9. RICH <i>et al.</i> (2009)</li> <li>10. DA SILVA; ROCHA (2012)</li> </ol>
	1.2. Modelos de Divisão Modal com Dados de Preferência Declarada	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. VIEIRA (1996)</li> <li>2. SHINGAL; FOWKES (2002)</li> <li>3. STANTON; SENNA (2003)</li> <li>4. EFFRON; ROSE (2003)</li> <li>5. NOVAES <i>et al.</i> (2006)</li> <li>6. FEO; ESPINO; GARCÍA (2011)</li> </ol>
2. Estudos de Planejamento de Transporte de Carga		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. PNLT (2007)</li> <li>2. PAC (2007)</li> <li>3. PELT – MG (2007)</li> <li>4. PELT – PA (2010)</li> <li>5. PAC 2 (2011)</li> <li>6. DE SOUZA; D'AGOSTO (2012)</li> <li>7. ANTT (2013)</li> </ol>
3. Uso de Sistemas de Apoio à Decisão		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ANTT (2004)</li> <li>2. USDOT (2005)</li> <li>3. TAVASSZY <i>et al.</i> (2007)</li> </ol>
4. Análise de Custos Logísticos		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. BAUMOL; VINOD (1970)</li> <li>2. LAMBERT; STOCK (1998)</li> <li>3. NOVAES (2004)</li> <li>4. BALLOU (2006)</li> <li>5. CHRISTOPHER (2007)</li> <li>6. ESKIGUN <i>et al.</i> (2007)</li> <li>7. JONG; BEN-AKIVA (2007)</li> <li>8. KUTANOGLU; LOHIYA (2008)</li> <li>9. VERNIMNEN <i>et al.</i> (2008)</li> <li>10. WANG (2008)</li> <li>11. BRANCO; CAIXETA FILHO (2011)</li> </ol>
5. Outros Procedimentos		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. BONTEKONING (2000)</li> <li>2. ARNOLD <i>et al.</i> (2004)</li> <li>3. NIJKAMP <i>et al.</i> (2004)</li> <li>4. DANIELLIS <i>et al.</i> (2005)</li> <li>5. HAM <i>et al.</i> (2005)</li> <li>6. RICCI; BLACK (2005)</li> <li>7. JANIC (2007)</li> <li>8. PATTERSEN <i>et al.</i> (2008)</li> <li>9. KREUTZBERGER (2008)</li> <li>10. LEAL Jr. (2010)</li> <li>11. LEAL Jr.; D'AGOSTO (2011)</li> <li>12. ELLER; SOUSA Jr.; CURI (2011)</li> </ol>

Fonte: Elaborado pelo autor

### 2.2.1.1 Modelos de Divisão Modal

Iniciou-se a revisão bibliográfica partindo-se da premissa de que o ajuste de um modelo de divisão modal pode subsidiar as análises objetos desta tese. Para este fim, o uso do Modelo Logit Multinomial (MLM) (Equação 2.1a) e de suas variações, como

por exemplo, o Modelo Probit (Equação 2.1b), são modelos amplamente difundidos academicamente e pelos planejadores de transporte.

$$P_i = \frac{e^{U_i}}{\sum^n e^{U_j}} \quad (2.1a)$$

Onde:

$P_i$  : probabilidade da alternativa 'i' ser escolhida;

$U_i$  : utilidade da alternativa 'i';

$U_j$  : utilidade das 'j' alternativas consideradas;

$e$  : é o número de Neper (2,78182);

$n$  : número de alternativas consideradas.

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-U_i}} \quad (2.1b)$$

Onde:

$P_i$  : probabilidade da alternativa 'i' ser escolhida;

$U_i$  : utilidade da alternativa 'i';

$e$  : é o número de Neper (2,78182).

A base de dados necessária para o ajuste dos modelos de divisão modal pode ser oriunda de dados observados, dados de Preferência Revelada (PR) ou de dados originários de pesquisas comportamentais, dados de Preferência Declarada (PD). Para cada um destes tipos de dados, técnicas econométricas distintas são utilizadas para ajustar os coeficientes da função utilidade do modelo de divisão modal. Modelos de divisão modal com dados de PR são usualmente ajustados pelo Método dos Mínimos Quadrados Ordinários, enquanto modelos de divisão modal com dados de PD são ajustados pelo Método da Máxima Verossimilhança. Existem *softwares* específicos para a execução desses métodos.

A seção 2.2.1.1.1 apresenta estudos nos quais foram ajustados modelos de divisão modal com PR e a seção 2.2.1.1.2, modelos de divisão modal ajustados com dados de PD.

#### **2.2.1.1.1 Modelos de Divisão Modal com Dados de Preferência Revelada (PR)**

Bernardino e Castro (1988) investigaram os determinantes da escolha de utilização de contêiner *versus* acondicionamento convencional na exportação de manufaturados. A partir da análise dos determinantes das decisões logísticas

envolvidas no processo de exportação, propõe-se e estima-se um modelo de decisão probabilístico do tipo *logit*. Os resultados revelam que a escolha da containerização está associada, predominantemente, às características do porto de destino, ao custo de transporte e às características do lote de carga (valor e tamanho). Discutiram-se também as implicações dos resultados para a política de transportes.

O estudo desenvolveu-se em um contexto que buscou retratar a evolução da utilização de contêineres na exportação brasileira, o que, segundo os autores, evoluiu de uma participação incipiente no início dos anos 1970 para cerca de 10% do movimento de carga geral em 1981 e, em 1985, saltou para 20%. O estudo focou-se na análise das escolhas dos exportadores e importadores, não tendo considerado fatores que influenciam a forma de acondicionamento, quando a escolha se dá por decisão do transportador marítimo.

Segundo os autores, a base de dados de preferência revelada utilizada limitou-se aos fluxos de exportação de 15 grupos de mercadorias classificadas como carga geral realizados pelo porto do Rio de Janeiro entre janeiro de 1984 e julho de 1985. Assim, a partir de uma amostra de 453 observações, estimou-se o Modelo Logit Binomial (MLB) da probabilidade de um exportador escolher o acondicionamento em contêiner ou na forma convencional.

Uma vez analisados e consideradas satisfatórios os resultados das análises estatísticas realizadas para validar o modelo, os autores avaliaram a elasticidade das variáveis dependentes em relação a cada uma das variáveis independentes quantitativas do modelo. A partir dos resultados obtidos e das análises realizadas, Bernardino e Castro (1988) concluíram que a escolha dos exportadores brasileiros mostrou-se bastante sensível a mudanças das categorias dos portos de destino. Exemplificaram que a transformação dos portos de níveis 2 e 3 em portos de nível 1, o que, na modelagem realizada, significava a construção de terminais de contêineres naqueles portos, implicaria um acréscimo de 11,96% na probabilidade de o exportador escolher o transporte em contêineres.

Os autores inferiram ainda pelo modelo que os exportadores demonstraram menor sensibilidade às alterações nos custos de transporte no modo convencional do que no modo containerizado. Argumentaram que este resultado era consequência do fato de os custos envolvidos no transporte e na carga containerizada serem habitualmente mais elevados que os do transporte de carga convencional. Assim, aumentos nos custos de transporte de carga convencional, na maioria das vezes, não conseguiam ser suficientemente significativos, de forma a tornar a opção por contêiner mais atrativa. Em contrapartida, acréscimos nos custos desta última podem, com maior facilidade, fazer a opção pelo convencional tornar-se mais atrativa. Com relação

ao volume de carga, os autores constataram que a containerização mostrou-se mais atrativa para pequenos lotes (lotes menores que 10 TEU).

Nam (1997) desenvolveu uma série de modelos logit binomiais, ajustados a partir de dados de preferência revelada, para comparar modelos de demanda agregada com modelos de demanda desagregada. O autor justificou o estudo argumentando que a literatura sobre análise de escolha modal no transporte de carga indica que o transporte de mercadorias é altamente diversificado, de modo que estudos anteriores sobre escolha modal revelaram consideráveis diferenças nos resultados estimados para grupos de produtos diversos. Acrescentou que agregar produtos heterogêneos em um único modelo pode gerar modelos pouco representativos. Ressaltou, no entanto, que modelos agregados podem ser preferíveis em alguns casos, porque custam menos e podem ser muitas vezes adequados às análises a que se propõem.

O estudo foi desenvolvido na Coreia do Sul e avaliou o transporte de encomendas com peso inferior a 100 kg para seis grupos de produtos: têxteis, papéis, químicos, metais básicos, cerâmicas e eletrodomésticos. Duas alternativas de transporte foram avaliadas: o rodoviário e o intermodal. Cinco atributos foram incluídos nas análises: frete, tempo médio de viagem porta a porta, tamanho do lote de embarque, acessibilidade e frequência. Devido à carência de dados históricos, esses atributos, em sua maioria, foram estimados. Os resultados obtidos mostraram que, quanto à contribuição de cada um dos atributos nos seis modelos de demanda desagregada estimados, tempo médio de viagem porta a porta, tamanho do lote de embarque, acessibilidade e frequência mostraram-se estatisticamente significantes, a um nível de significância de 95%.

No entanto, o atributo frete mostrou-se insignificante estatisticamente em alguns modelos. O  $\rho^2$  alcançado para os diferentes modelos, variou entre 0,24 e 0,54, o que foi considerado satisfatório. Nam (1997) observou ainda que os modelos estimados para os seis grupos de produtos apresentaram resultados relativamente semelhantes em termos de significância, exceto para os grupos de metais básicos e eletrodomésticos, que apresentaram sinais inesperados para a variável frete. Isto, segundo Nam (1997), é um indício de que a agregação dos seis grupos de produtos em um único modelo pode não representar problema à modelagem em questão, o que foi comprovado pelos resultados do modelo agregado, que se mostraram similares aos resultados alcançados nos modelos desagregados.

Nam (1997) concluiu seu estudo analisando as elasticidades de cada um dos atributos nos diferentes modelos estimados. Verificou que o atributo que exerceu a maior influência na escolha dos embarcadores para todos os grupos de *commodities*

foi tempo porta a porta. Os atributos frete e acessibilidade têm alguma influência sobre a escolha dos embarcadores. Os atributos frequência e tamanho do lote têm menos influência para os embarcadores.

Basuroy e Nguyen (1998), Nevo (2000) e Train (2003) propuseram o uso do modelo de *market share* para analisar a demanda por determinada alternativa de transporte a partir de dados de preferência revelada, considerando a divisão modal entre duas alternativas.

Conforme demonstrado por Nevo (2000), essa técnica de modelagem é desenvolvida a partir de uma adaptação dos modelos do tipo logit, que consiste em considerar a premissa de que probabilidade de escolha de uma alternativa de transporte é igual ao *Market Share* (MS) desta alternativa. Assim, o MS de uma alternativa passa a ser dado pela Equação 2.2.

$$\frac{M_i}{S} = \frac{e^{U_i}}{\sum_{k=0}^2 e^{U_k}} \quad (2.2)$$

Onde:

$M_i$  – *Market share* da alternativa 'i';

$U_i$  – Utilidade da alternativa 'i';

$U_j$  – Utilidade da alternativa 'j'.

Transpondo a Equação 1 para sua forma log-linear, obtém-se a Equação 2.3:

$$\ln M_i - \ln M_j = U_i - U_j \quad (2.3)$$

Abdelwahab (1998) apresenta os resultados de pesquisa desenvolvida nos Estados Unidos no qual foram estimadas as elasticidades da demanda e das probabilidades de escolha modal para oito grupos de produtos e dois modos de transportes. O autor analisou operações de transferência rodoviária e rodoferroviária. Para tal, desenvolveu uma metodologia que contemplou um modelo que mistura escolhas discretas e contínuas. A estrutura básica do modelo proposto pelo autor consiste em um sistema de três equações simultâneas. A primeira equação representa a decisão de escolha discreta do modo, enquanto a segunda e a terceira equações representam a escolha do tamanho do lote de embarque para alternativas rodoviárias e rodoferroviárias, respectivamente. O sistema de três equações é dado pelas Equações 2.4a, 2.4.b e 2.4c.

$$I_i = X_i\gamma + Y_{1i}\eta_1 + Y_{2i}\eta_2 - \varepsilon_i, \quad (2.4a)$$

$$Y_{1i} = X_{1i}\beta_1 + \varepsilon_{1i}, \quad (2.4b)$$

$$Y_{2i} = X_{2i}\beta_2 + \varepsilon_{2i}, \quad (2.4c)$$

Onde:

$I_i$  – índice que determina a escolha modal;

$Y_{1i}, Y_{2i}$  – variáveis endógenas dependentes (exemplo: tamanho do lote de embarque por rodovia e ferrovia, respectivamente);

$X_i, X_{1i}, X_{2i}$  – vetor de variáveis exógenas independentes (exemplo: produto, mercado, atributos relacionados ao modo de transporte; uma lista de 18 variáveis não especificadas pelo autor);

$\beta_1, \beta_2, \gamma, \eta_1, \eta_2$  – vetor de parâmetros estimados;

$\varepsilon_i, \varepsilon_{1i}, \varepsilon_{2i}$  – erro residual.

Segundo Abdelwahab (1998), a Equação 2.4a foi estimada por meio de um Modelo *Probit* Binário; as Equações 2.4b e 2.4c foram estimadas por meio de regressão linear. O autor explicou que, devido à estrutura de covariância, as três equações podem ser estimadas como um sistema de equações simultâneas. O modelo foi estimado pelo método da máxima verossimilhança, utilizando-se dados da *Commodity Transportation Survey*, do *US Bureau of Census* de 1981.

A análise das elasticidades das probabilidades de escolha modal, tanto para os modelos de demanda agregada quanto para os modelos de demanda desagregada, foi comparada com estudos anteriores e, em geral, considerada consistente. Os resultados obtidos mostraram que a probabilidade de escolha de alternativas rodoferroviárias, comparativamente à probabilidade de escolha de alternativas rodoviárias, é ligeiramente mais elástica com relação ao atributo preço do transporte.

Além disso, observou-se que, com relação ao tempo de trânsito, a probabilidade de escolha de alternativas rodoviárias ou rodoferroviárias é inelástica, o que, segundo o autor, não é surpreendente, uma vez que o tempo de trânsito não é tão fundamental no transporte de bens manufaturados, como o é no transporte de frutas frescas e legumes, por exemplo.

Malchow e Kanafani (2004) usaram um modelo de escolha discreta alternativo para analisar a escolha de embarques marítimos entre os portos dos Estados Unidos para quatro diferentes grupos de produtos: alimentos, produtos industrializados, produtos têxteis e produtos de grande volume. Os autores buscaram responder três perguntas:

- a) Quais fatores influenciam um operador logístico na seleção de um porto para embarque?
- b) De que maneira e em que âmbito os portos competem entre si?
- c) Quais estratégias um porto poderia seguir para aumentar seu MS?

De acordo com os autores, o estudo foi desenvolvido em um contexto no qual a concorrência entre os portos americanos vinha se intensificando, em função da containerização, que padronizou o processo de transbordo, e da desregulamentação do setor, que quebrou o monopólio de prestação de serviços logísticos de alguns portos. Além disso, a concorrência entre os portos se intensificava por meio de diferentes iniciativas de *marketing*, programas de investimento, melhoria das instalações intermodais para minimizar o tempo de permanência dos navios e aumento das áreas de armazenamento disponíveis aos operadores dos terminais portuários, permitindo maior concentração das operações.

O modelo foi desenvolvido de modo a caracterizar cada porto em função de alguns atributos considerados, como localização, características e tipo de navio. Malchow e Kanafani (2004) desenvolveram um modelo de escolha discreta do tipo *logit* multinomial, cuja função utilidade de cada porto é linear com cinco variáveis estimadas a partir do método da máxima verossimilhança. Os autores explicaram que os atributos selecionados buscaram representar o objetivo comum de embarcadores e operadores logísticos de realizar cada embarque desde sua origem até seu destino da forma mais eficiente possível, ou seja, com o menor tempo de trânsito e o menor custo operacional.

O tempo de trânsito foi contemplado nos atributos distância desde a origem até o porto, tempo de transbordo, tempo incorrido quando o navio em trânsito é chamado para embarque adicional em outro porto, distância oceânica do porto de embarque até o porto de destino. Da mesma forma, quatro atributos existentes no modelo contemplaram o custo operacional associado a cada porto: a distância da origem até o porto, as taxas portuárias; a distância oceânica desde o porto até o destino e o tamanho médio do navio que pode atracar no porto, o que acarreta economias de escala.

Os resultados mostraram que o aspecto mais significativo na escolha em análise é a localização do porto, uma vez que as distâncias oceânicas e interiores obtiveram sempre o maior impacto nos modelos de demanda agregada e desagregada estimados. Os autores demonstraram também que o MS previsto para cada porto em análise varia para cada tipo de mercadoria e para cada embarcador, de acordo com a discricionariedade da carga.

Rich *et al.* (2009) apresentaram modelo de escolha discreta para a análise de escolha do modal na região de Oresund, na Europa. O modelo formulado contemplou cinco modos de transporte que, combinados, possibilitaram 40 alternativas logísticas para o transporte de 13 grupos de produtos. A modelagem foi feita em dois estágios. No primeiro estágio estimou-se um MLM que determina a escolha do modo de transporte (rodoviário, intermodal ferroviário, intermodal marítimo, ferroviário ou marítimo). No segundo, a partir dos resultados do primeiro estágio, estimou-se outro MLM que determina a probabilidade de escolha das alternativas logísticas possíveis. A partir dos modelos estimados, os autores calcularam as elasticidades das variáveis tempo e custo de transporte para os 13 grupos de produtos e compararam estes valores com os valores obtidos por outros autores, verificando que os valores encontrados foram menores do que os obtidos em outros estudos. Concluíram, ainda, que, no transporte interno da região da Escandinávia, a alternativa de transporte rodoviário é a predominante, uma vez que todas as elasticidades ficaram próximas de zero. Apenas para o transporte a longas distâncias, começa a aumentar a probabilidade de utilização de outras opções logísticas.

A fim de verificar se existe uma relação de concorrência entre portos do Sul e Sudeste do Brasil, Da Silva e Rocha (2012) desenvolveram uma modelo estrutural utilizando o Método do Vetor de Auto Regressão (VAR), considerando as demandas dos portos dessas regiões como dados de entrada. O VAR, a causalidade de Granger e o impulso análise de resposta são usados para verificar as relações entre os choques de demanda. O período de amostragem compreendeu dezembro de 2003 a novembro de 2008, usando dados mensais. Os resultados indicaram que o aumento na demanda nos portos do Sudeste não explica as flutuações da demanda nos portos do Sul e vice-versa, mas que, entre os próprios portos do Sul, provavelmente, há uma relação de concorrência.

#### **2.2.1.1.2 Modelos de Divisão Modal Ajustados com Dados de Preferência Declarada (PD)**

Vieira (1996), analisando o processo de exportação de produtos containerizados pelos portos de Santa Catarina com PD, verificou a importância relativa, para embarcadores de carga geral, dos atributos custos terrestres, frete marítimo, frequência de navios, tempo porta a porta, segurança portuária, atendimento portuário e porto de origem. Em sua pesquisa, o autor constatou que os atributos custo terrestre, frete marítimo e tempo são os mais relevantes para os embarcadores quando da escolha dos canais logísticos para exportação de seus produtos.

Shingal e Fowkes (2002) apresentaram os resultados do modelo desenvolvido a partir da PD para avaliar a importância relativa dos atributos que determinam a escolha modal na Índia e a viabilidade da introdução de novos serviços intermodais. O corredor de transporte Delhi-Bombaim foi selecionado para a pesquisa, pois, segundo os autores, era um dos mais importantes eixos de importação, exportação e distribuição interna de produtos do país. Informaram os autores que neste corredor de transporte passaram (em 2008) mais de 40 milhões de toneladas de carga por ano, boa parte já containerizada, percorrendo a distância média de mil quilômetros. Os autores justificaram o uso da PD, alegando que, na ocasião da pesquisa, os serviços intermodais estavam em um estágio inicial de desenvolvimento na Índia, de modo que o volume de tráfego realizado por esses serviços não era muito grande.

Consequentemente havia poucos dados disponíveis sobre movimentações intermodais, o que restringiu o uso da Preferência Revelada. A pesquisa foi realizada entre abril e maio de 1998. No total, 41 empresas foram contatadas, resultando em 32 entrevistas satisfatórias. Foram entrevistados embarcadores e operadores logísticos de produtos alimentícios, produtos químicos, autopeças e artigos eletroeletrônicos. Das empresas entrevistadas, 30 utilizavam exclusivamente alternativas rodoviárias e apenas duas alternativas intermodais rodoferroviárias.

Os autores utilizaram o *software* LASP para a pesquisa. Delineou-se o experimento com as seguintes características:

1. Alternativas oferecidas:
  - a. Alternativa rodoviária;
  - b. Alternativa rodoviária melhorada;
  - c. Alternativa intermodal rodoferroviário com uso de contêineres;
  - d. Alternativa intermodal rodoferroviário com uso de contêineres expresso;
2. Atributos utilizados:
  - a. Custo porta a porta da operação;
  - b. Tempo de trânsito porta a porta;
  - c. Confiabilidade de serviço (definida como a percentagem de remessas que chegam dentro do tempo programado);
  - d. Frequência de serviço (em três níveis: diária, semanal e trissemanal).

De acordo com os autores, os resultados da pesquisa sugerem uma antipatia dos entrevistados com relação aos serviços intermodais rodoferroviários, uma vez que os mesmos necessitariam descontos que variam entre 15 e 30% do custo de

transporte atual destes serviços para utilizá-los, mesmo se oferecidos serviços intermodais com qualidade do serviço similar aos serviços rodoviários. A frequência do serviço mostrou-se como o atributo mais importante na escolha modal em análise, especialmente para os produtos manufaturados, uma vez que a frequência trissemanal é aceitável para alguns setores, mas serviços semanais não são aceitáveis para a maioria dos setores. A avaliação de confiabilidade foi geralmente mais baixa do que o esperado. O valor atribuído ao tempo mostrou-se semelhante nos diferentes segmentos de produtos.

Stanton e Senna (2003) utilizaram *Quality Function Deployment*, para identificar os atributos relevantes à utilização do modo marítimo de cabotagem para os embarcadores de carga geral do Sul do Brasil, e a pesquisa de Preferência Declarada (PD) para avaliar a importância relativa destes atributos. Os atributos selecionados para a PD foram:

- a) Gerenciamento de risco;
- b) Cumprimento do prazo de entrega;
- c) Serviço de atendimento ao consumidor (SAC);
- d) Frequência de saída de navios;
- e) Preço pago pelo serviço.

A operação objeto deste estudo aplicado foi a transferência de cargas containerizadas entre a região metropolitana de Porto Alegre e região metropolitana de Recife. Foram realizadas 20 entrevistas, divididas igualmente entre usuários e não usuários do serviço de cabotagem. Cada entrevistado foi instado a escolher a alternativa preferida: a condição atual ou a condição proposta. Para cada respondente, foram apresentados 15 cartões com diferentes condições propostas.

O modelo foi gerado utilizando-se o *software* Alogit, e o  $\rho^2$  igual a 0,2892 foi considerado satisfatório<sup>1</sup>. A Tabela 2.2 apresenta os coeficientes dos atributos das funções utilizadas geradas e a contribuição marginal de cada um dos atributos.

A contribuição marginal foi calculada dividindo-se o coeficiente de cada atributo pelo coeficiente do preço, obtendo-se, assim, o incremento unitário em valor que os consumidores estavam propensos a desembolsar para cada atributo. Da análise desta contribuição marginal de cada atributo, verificou-se que:

- a) para cada acréscimo de nível no gerenciamento de risco, o consumidor está propenso a pagar R\$ 150 por contêiner;

---

<sup>1</sup> Segundo Louviere (2000) valores do parâmetro estatístico  $\rho^2$  entre 0,2 e 0,4, indicam que o modelo desenvolvido possui ajuste estatístico satisfatório.

- b) Para cada acréscimo de nível no cumprimento do prazo de entrega, o consumidor está propenso a pagar R\$ 113 por contêiner;
- c) Para cada acréscimo de nível no serviço de atendimento ao consumidor, o consumidor está propenso a pagar R\$ 40 por contêiner;
- d) Para cada acréscimo de nível na frequência de saída dos navios, o consumidor está propenso a pagar somente R\$ 3 por contêiner.

Tabela 2.2 – Valores dos coeficientes dos atributos das funções utilidade e contribuição marginal dos atributos

	Cumprimento do prazo de entrega	Frequência	Risco	SAC	Preço	k
<b>Utilidade rodoviária (Ur)</b>	0,1709	0,0048	0,2275	0,0610	-0,0015	0,3079
<b>Utilidade cabotagem (Uc)</b>	0,1709	0,0048	0,2275	0,0610	-0,0015	-
<b>Contribuição Marginal</b>	113	3	150	40	1	-

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Stanton e Senna (2003).

A partir de PD, Efron e Rose (2003) investigaram os atributos relevantes na escolha entre os modos rodoviário e ferroviário para o embarque de carga geral na Argentina. Nesse estudo, analisou-se a influência de 11 atributos: escala do produto, frequência, segurança, tarifa, confiabilidade, tempo, informação, serviço de pós-venda, operação de documentação, grau de responsabilidade sobre acidentes e avarias e imagem do prestador de serviço perante o cliente. Dentre esses fatores, apresentaram maior relevância na opinião dos embarcadores: escala do produto, frequência, segurança, tarifa, confiabilidade e tempo.

Novaes *et al.* (2006) desenvolveram experimento de PD como objetivo a avaliar possíveis alterações na matriz de transporte de produtos de alto valor agregado brasileiros.<sup>2</sup>

A seleção dos atributos baseou-se nos trabalhos publicados por Efron e Rose (2002) e Stanton e Senna (2003) e nas principais dificuldades apontadas por embarcadores, associações e transportadores para o escoamento de suas mercadorias em um levantamento realizado em ANTT (2004). Foram selecionados os atributos tarifa, tempo, confiabilidade, frequência e segurança. Os autores realizaram o delineamento do experimento para cada um dos modos separadamente, ou seja, o cálculo das alternativas possíveis e de eventuais métodos de redução do experimento

<sup>2</sup> Os autores consideram os produtos de alto valor agregado todos aqueles que sofrem processos de industrialização de forma a elevar seu valor unitário, tais como: couros, calçados, tintas, plásticos, roupas e tecidos, cerâmica, produtos eletromecânicos, produtos eletroeletrônicos, produtos siderúrgicos, sucos, alimentos industrializados e produtos de higiene e limpeza.

foi realizado de forma isolada, resultando em um número específico de alternativas ou cenários para cada modo de transporte.

Para o modo rodoviário, os atributos confiabilidade, tempo e frequência foram mantidos fixos; os atributos tarifa, com três níveis; e o de segurança, com dois níveis, gerando seis alternativas. No caso do ferroviário e do marítimo de cabotagem, os atributos tarifa e segurança foram mantidos fixos, enquanto os atributos confiabilidade, tempo e frequência estabeleceram-se em dois níveis cada, gerando oito alternativas possíveis para cada modo de transporte, mas que foram reduzidas a quatro, por intermédio da técnica de fatorial fracionário, restando, finalmente, quatro alternativas possíveis para cada modalidade.

As seis alternativas possíveis geradas para o modo rodoviário, combinadas aleatoriamente com as quatro alternativas do ferroviário e as quatro alternativas de cabotagem, geraram 96 tipos de cenários de escolha, cada um composto por um grupo de três alternativas de transporte.

Os autores optaram por realizar um experimento do tipo *choice*, ou seja, em um bloco com três alternativas de transporte, o entrevistado optaria por apenas uma. Desta forma, subdividiram-se os 96 blocos contendo os três modos de transporte em oito grupos de 12 blocos por entrevista. Assim, para se ter amostragem estatística suficiente para tentar calibrar o modelo, 96 escolhas teriam que ser feitas, de modo que, com oito entrevistas completas validadas, obter-se-ia um experimento completo.

A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas em um seminário de pesquisa organizado pelo Laboratório de Transporte da Universidade Federal de Santa Catarina (LABTRANS UFSC), como parte do estudo *Logística e Transportes para Produtos de Alto Valor Agregado no Contexto Brasileiro*. Nesse encontro, estavam presentes representantes de diversos setores produtivos, transportadores rodoviários, ferroviários e marítimos, especialistas e membros do governo federal, discutindo as dificuldades, necessidades e potencialidades inerentes ao cenário logístico brasileiro da época. No total, foram realizadas 16 entrevistas, que geraram 192 escolhas.

As estimativas dos coeficientes do modelo foram obtidas usando-se o *software* Alogit. Os valores obtidos para o teste t-student mostraram que todos os coeficientes betas dos atributos foram significativos a um nível de significância de 0,005 (99% de confiança), exceto o atributo intervalo entre embarques, cujo valor beta possui um nível de significância de 0,01 (98% de confiança). Outra estatística importante é o  $\rho^2$ , que apresentou o valor de 0,2433, portanto dentro do intervalo aceitável que compreende valores entre 0,2 e 0,4.

Os autores consideraram calibrada estatisticamente a função utilidade apresentada na Equação 2.5:

$$U_i = -0,0 T_i + 1,9 C_i - 0,3 T_i + 0,0 I_i - 0,8 S_i, \quad (2.5)$$

Onde:

$U_i$  – utilidade do modo ' $i$ ';

$T_i$  – tarifa do modo ' $i$ ';

$C_i$  – confiabilidade modo ' $i$ ';

$T_i$  – tempo porta a porta do modo ' $i$ ';

$I_i$  – intervalo entre embarques do modo ' $i$ ';

$S_i$  – segurança do modo ' $i$ '.

Os autores procederam a análise de sensibilidade dos atributos da função utilidade calibrada, verificando-se a influência de cada um no nível de utilização dos diferentes modos de transporte e fazendo uso do MLM. Dentre os atributos avaliados, apresentaram maior importância na opinião dos embarcadores a tarifa e a confiabilidade do modo de transporte. Os demais atributos apresentaram pequena influência na escolha modal. Segundo os autores, aumentos nos níveis de confiabilidade dos serviços oferecidos pelas alternativas ferroviárias e de cabotagem poderiam representar o aumento da participação desses modos na matriz de transporte de 8 para 25% no ferroviário e de 5 para 20% na cabotagem. A tarifa mostrou-se um fator importante na escolha dos embarcadores. Para os modos ferroviário e marítimo de cabotagem, o aumento crescente da tarifa reduz a utilização desses modos de transporte a níveis próximos de zero.

Feo, Espino e García (2011) com o objetivo de contribuir para o dimensionamento de políticas eficazes de transporte de carga por meio de análises empíricas. Para tal, realizaram pesquisa de PD para modelar a escolha modal entre transporte rodoviário porta-a-porta e transporte intermodal rodo-marítimo na costa mediterrânea da Espanha para o transporte de cargas. A aplicação do método proposto permitiu estimar a importância relativa dos atributos tempo, confiabilidade e frequência na escolha modal analisada.

### 2.2.1.2 Estudos de Planejamento de Transporte de Carga

De Souza e D'Agosto (2012) analisaram estudos de planejamento de transporte de carga que utilizam o Modelo de Quatro Etapas. Para tal realizaram revisão bibliográfica em periódicos indexados, teses, dissertações e relatórios técnicos, selecionando 44 trabalhos e destacando 7 trabalhos que enfocaram o

modelo de quatro etapas integralmente. Constataram que o modelo é versátil, pode ser empregado de forma integral ou parcial, considerando fluxos de unidade de massa ou de veículos, no caso destes últimos diretamente aplicáveis ao dimensionamento de infraestrutura de tráfego, em todos os níveis de abrangência geográfica (de municípios a países), sem limitação do tipo de carga que pode ser transportada por qualquer dos cinco modos de transporte ou suas combinações, configurando ferramenta de planejamento estratégico e apoio ao desenvolvimento socioeconômico do país.

PNLT (2007), do MT brasileiro, buscou elencar em um único estudo os investimentos em infraestrutura de transporte e logística necessários para o Brasil, para um horizonte de 15 anos. Para tal, utilizou um Modelo de Quatro Etapas adaptado às necessidades do estudo.

A rede georreferenciada estruturada incorporou as informações das malhas rodoviária, ferroviária e hidroviária, além de nós, como locais de armazenagem, centros de transferência, aeroportos e portos marítimos e fluviais, aos quais foram atribuídos tarifas e tempos de movimentação. Os principais atributos cadastrados para cada uma das ligações da rede, tanto para a situação atual quanto para os horizontes futuros, foram as extensões, capacidades, volumes atuais, velocidades, custos (fretes e tarifas), tempos de movimentação e de percurso.

Na Etapa de Geração de Viagens, definiu-se um conjunto de produtos relevantes, dentre estes um grupo de produtos denominado carga geral.

Na Etapa de Distribuição de Viagens, de acordo com o PNL (2007), em função multiplicidade de produtos que se enquadravam na categoria carga geral, foram utilizadas como matrizes base, para ajuste posterior por contagens volumétricas, as matrizes de relacionamento econômico entre micro-regiões estimado pelo modelo EFES/FIPE e matrizes O/D obtidas por pesquisas de campo.

Na Etapa de Alocação de Viagens, os carregamentos obtidos através da alocação das matrizes O/D, por tipo de fluxo e modo de transporte, referentes ao ano base de 2005, foram alocados à rede base de simulação. Deste modo, o modelo foi considerado como calibrado e validado quando os volumes simulados estavam próximos aos volumes obtidos em campo, através das contagens volumétricas.

Para a projeção da demanda, foram definidos cenários futuros e a projeção de variáveis econômicas, baseadas em hipóteses alternativas sobre o comportamento de agregados macroeconômicos, mudanças tecnológicas e de preferências, projeções demográficas, alterações no cenário internacional e informações sobre a tendência dos investimentos setoriais/regionais de 42 setores da economia nacional.

Uma vez validado o modelo de transportes, foi realizada uma análise do nível de serviço oferecido pelo sistema de transportes nacional, representado basicamente

pela relação volume/capacidade na rede de rodoviária e nas demais modalidades, onde se pode definir a capacidade de transportes. Esta análise foi reproduzida para o ano base (2007) e horizontes futuros (2015 e 2023) e permitiu a identificação dos gargalos de oferta, e a proposição de futuros investimentos.

Deste modo, foram definidas e simuladas as alternativas capazes de minimizar ou eliminar os gargalos físicos identificados para cada um dos modais da rede de transporte nacional de carga. A identificação das necessidades de investimento para solucionar gargalos e elos faltantes foi realizada através de uma ampla interação com a sociedade, em reuniões realizadas em diversas regiões do país.

A Etapa Final do estudo previa a avaliação das alternativas de investimento, visando avaliar e classificar os projetos em função de suas prioridades para solução dos gargalos e elos faltantes referentes aos horizontes de curto, médio e longo prazo. O modelo de avaliação proposto se baseou nos conceitos da análise custo / benefício e na mensuração Taxa Interna de Retorno (TIR) de cada projeto.

O PNLT (2007), constituiu-se com insumo básico à proposição dos projetos de infraestrutura de transporte constantes do Plano de Aceleração de Crescimento – PAC (2007) e no PAC 2 (2011). Além disso, planos estratégicos estaduais de logística e transportes, como o PELT-Minas (2007) e o PELT-Pará (2010), utilizaram a mesma metodologia aplicada no PNLT (2007).

No âmbito do Programa de Investimento em Logística do Governo Federal (PIL), ANTT (2013) divulgou os Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA), que se disciplinam as condições em que se dará a concessão, à iniciativa privada, do trecho ferroviário compreendido entre Açailândia, no Estado do Maranhão, e Porto de Vila do Conde, no Estado do Pará.

Para definição da estimativa de demanda das ferrovias objeto da licitação, foi utilizado como base o banco de dados atualizado do PNLT (2007), que de acordo com ANTT (2013) é composto por mais de 32 milhões de linhas que representam, em detalhe, cada fluxo de produto desde sua origem ao seu destino dentro do território nacional, divididas em microrregião de origem, microrregião de destino, produto, quantidade em toneladas e ano de referência.

A primeira etapa da estimativa de demanda de ANTT (2013) considerou o levantamento da base de dados do PNLT e, em seguida, a realização de um tratamento dos dados a fim de permitir a definição e correta alocação de cargas potenciais às ferrovias. Esse tratamento consistiu no agrupamento de microrregiões em mesorregiões e na simplificação da quantidade de classes de produtos.

Nesta mesma etapa, foram definidos critérios de captura de carga considerando: (a) as características dos produtos, isto é, produtos considerados muito

ou pouco 'ferroviáveis' ou não 'ferroviáveis' e (b) níveis de competição com outros meios de transportes próximos à área de influência da ferrovia.

Tais premissas permitiram a construção de matriz de captura, definindo assim quanto percentualmente uma demanda potencial poderia ser considerada captável em determinado trecho.

Finalmente, foram definidos os resultados finais de demandas potenciais e demandas capturadas para cada ferrovia objeto de concessão no PIL.

### **2.2.1.3 Uso de Sistemas de Apoio à Tomada de Decisão**

Identificou-se na revisão de literatura que sistemas de apoio à tomada de decisão vêm sendo desenvolvidos e utilizados para o planejamento de transporte de carga, incorporando aspectos logísticos inerentes ao uso e à escolha de alternativas intermodais no transporte de carga, como o Sislog, no Brasil (ANTT, 2004), o ITIC-IM, nos Estados Unidos (USDOT, 2005) e o *Strategic Model for Integrated Logistic Evaluations* (SMILE), na Holanda (TAVASSZY et al., 2007).

Em ANTT (2004), desenvolveu-se estudo com os seguintes objetivos:

- a) Identificar ao longo dos eixos dos fluxos de produção um grupo de produtos com alto valor agregado e potencial de migração ou integração com outros modos de transporte, apresentando seu atual cenário econômico e social, bem como o perfil das operações logísticas para sua movimentação;
- b) Propor ações que propiciem uma melhor organização logística, bem como o aperfeiçoamento da infraestrutura existente, e possam auxiliar na melhoria do serviço prestado pelos operadores logísticos e transportadores, identificando barreiras à integração modal;
- c) Elaborar propostas para a redução do custo logístico total, por meio de promoção de modos alternativos para o transporte de cargas, notadamente migrando do transporte rodoviário para os outros modos de transporte;
- d) Recomendar mudanças na rede logística em análise, apresentando os impactos econômicos e sociais para os usuários e a sociedade.

Para a execução deste estudo, LABTRANS UFSC, em convênio com a ANTT, desenvolveu o Sislog, Sistema de Informação Geográfica (SIG) dotado das aplicabilidades do modelo de quatro etapas de planejamento de transporte. Uma das particularidades deste estudo está no fato de que os fluxos de transporte foram identificados sob a ótica de cadeias de logísticas, considerando-se, desta forma, pontos intermediários de processamento, armazenagem e transbordo de cargas, os quais puderam ser incluídos nas matrizes de origem-destino que alimentaram o Sislog.

Outra particularidade é que o modelo de divisão do Sislog foi obtido a partir de pesquisa de preferência declarada com embarcadores de cargas de alto valor agregado e sua função utilidade, a partir de atributos como frete, confiabilidade, segurança, tempo, e frequência, conforme apresentado por Novaes *et al.* (2006). Como resultado final, ANTT (2004) propõe uma série de investimentos em eixos de transporte com maior potencial para o transporte intermodal, que, se viabilizada, permitiria a migração para a ferrovia e cabotagem de uma considerável quantidade de carga de alto valor agregado, reduzindo-se a participação das rodovias no transporte dessas mercadorias de 87% para a 55%.

O ITIC-IM começou a ser desenvolvido em 1995 por meio do esforço conjunto do *United States Department of Transportation* (USDOT), da *Federal Railroad Administration* (FRA), da *Federal Highway Administration* (FHWA) e do *Bureau of Transportation Statistics* (BTS). Desde então o modelo foi submetido a melhorias, mas permaneceu em constante uso pelos órgãos de planejamento de transporte americanos. O modelo ITIC-IM foi desenvolvido para estimar o potencial de migração da demanda em função de alterações nos custos logísticos e no nível de serviço do transporte, causada por melhorias na infraestrutura de transporte, nas operações de transporte e/ou por alterações nas políticas de transporte do governo.

De acordo com o USDOT (2005), o ITC-IM é usado para avaliar benefícios econômicos associados a tais mudanças. Para realizar este tipo de avaliação, o modelo de ITIC-IM é usado como um modelo de demanda desagregada que compara diferentes alternativas logísticas em termos de custo logístico total. Para tal, situações que estão em estudo são analisadas, como mudanças nas políticas de transporte, alterações nos parâmetros de nível de serviço, alteração em preços, compondo diferentes cenários que serão comparados em termos econômicos (custo logístico total) com o cenário atual.

USDOT (2005) citou alguns exemplos de aplicações de ITC-IM em alguns estudos específicos:

- a) Análise de benefícios em termos de custos logísticos e melhoria do nível de serviço da implantação de novas tecnologias rodoviárias e ferroviárias, identificando o potencial de captação de cargas dessas novas tecnologias nos EUA;
- b) Identificação da demanda captável de determinados serviços ferroviários, se trens mais longos fossem autorizados a operar no sistema ferroviário americano para a AAR;
- c) Avaliação do impacto da migração de cargas para o transporte intermodal rodoferroviário para a FRA;

- d) Avaliação do potencial econômico da construção de um novo terminal intermodal no município de Richmond, nos EUA;
- e) Análise do impacto competitivo de nova política governamental de transporte no Canadá;
- f) Avaliação do impacto da alteração da localização das praças de pedágios nas rodovias mexicanas;
- g) Verificação das tarifas potenciais de pedágio para viabilizar a construção de uma ponte entre Buenos Aires, na Argentina, e Colônia, no Uruguai.

Tavasszy *et al.* (2007) descreveram os antecedentes e os resultados intermediários de um projeto desenvolvido por iniciativa de Centro de Pesquisas de Transporte do Ministério dos Transportes da Holanda e do Instituto Econômico da Holanda (NEI), objetivando o desenvolvimento do *Smile*, um modelo para tomada de decisão em âmbito público e privado públicas no setor de transporte e logística. De acordo com os autores, o *Smile* foi concebido com o objetivo geral de obter melhor visão da evolução futura dos fluxos de carga que utilizam a infraestrutura holandesa, possibilitando melhor compreensão das relações entre o transporte de carga e medidas políticas e verificando os impactos de novas medidas regulatórias, de alterações nos custos logísticos, da ampliação da infraestrutura existente e da implantação de novas tecnologias logísticas.

Os autores ressaltaram que a premissa que norteou o desenvolvimento do *Smile* é a idéia de que a evolução da demanda pelos fluxos de carga é resultado de mudanças nas estruturas econômicas que geram a demanda e a oferta de bens em regiões geográficas específicas e constituem a base para a formação dos fluxos de transporte entre as regiões. Na modelagem desenvolvida, os autores adotaram uma abordagem de cadeia logística para identificar os pares de origem e destino das cargas, contemplando, na modelagem, fluxos entre fábricas e atacadistas, centros de distribuição e terminais de transbordo intermodal.

Segundo os autores, o *Smile* possui rede multimodal com seis modos de transporte e, no modelo de escolha modal, os custos logísticos são calculados considerando-se custos de transporte, movimentação e estoque de forma homogênea para os 50 grupos de produtos analisados, que não foram especificados pelos autores. A melhor rota é procurada para cada tipo de mercadoria e para cada segmento da cadeia logística na cadeia logística. A desutilidade é função dos atributos custo logístico e o tempo porta a porta, sendo que o peso desses atributos é especificado em função do grupo de produtos a ser transportado.

### 2.2.1.4 Análise de Custos Logísticos

A análise de custos logísticos, desenvolvida a partir dos estudos de Baumol e Vinod (1970) e amplamente difundido no campo da logística empresarial (BALLOU, 2006; CHRISTOPHER, 2007; LAMBERT E STOCK, 1998; NOVAES, 2004) vem sendo adotada em pesquisas científicas como variável decisória na escolha entre alternativas de transporte (ESKIGUN *et al.*, 2007; JONG E BEN-AKIVA, 2007; KUTANOGLU E LOHIYA, 2008; VERNIMNEN *et al.*, 2008; WANG, 2008).

De maneira geral, os autores consideram o custo logístico como sendo a soma dos custos de transporte, estoque, movimentação, armazenagem e processamento de pedidos desta alternativa logística, no transporte de uma carga desde sua origem até seu destino final.

O modelo simplificado desenvolvido por Baumol e Vinod (1970) descreve a essência dos fundamentos econômicos presentes na decisão dos embarcadores, quando da escolha da melhor alternativa logística para o transporte de cargas, tendo sido elaborado a partir das duas teorias previamente desenvolvidas por estes autores, a teoria do modo abstrato e a teoria do estoque médio.

Pela teoria do modo abstrato os autores explicam que a escolha modal se dá entre alternativas logísticas e não entre modos de transporte. Sob este enfoque, cada alternativa logística é expressa por um vetor de valores especificado pelos atributos relevantes oferecidos aos embarcadores. Deste modo, se, por exemplo, o tipo de combustível utilizado é usualmente uma variável de pouco interesse para o embarcador, mas o tempo para a entrega é relevante, duas alternativas logísticas rodoviárias que utilizam combustíveis diferentes são consideradas uma única alternativa. Por outro lado, um serviço ferroviário mais lento é considerado uma alternativa diferente de um serviço ferroviário expresso. Sendo assim, uma alternativa de transporte é especificada como um vetor  $a_i = X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}$ , em que o elemento  $X_{ij}$  representa o valor do 'j-ésimo' atributo (por exemplo: velocidade) que caracteriza a alternativa 'i'.

Além disso, utilizando a teoria do estoque médio, os autores demonstraram que a escolha da melhor alternativa de transporte incorre na análise do *trade-off* entre custos de transporte, velocidade, confiabilidade (variação nas velocidades) e perdas ao longo do caminho. Verificaram que quanto mais rápido e mais confiável for o serviço de transporte, menor será o estoque<sup>3</sup> dos embarcadores e dos destinatários das cargas.

---

<sup>3</sup> Contempla os estoques de segurança e os estoques em trânsito.

Uma vez que a teoria dos estoques torna possível a comparação direta dos quatro atributos em que se baseia a escolha modal, segundo os autores, ela possibilitou o desenvolvimento de um modelo racional de escolha modal.

Os autores defendem que quatro atributos são de importância fundamental na escolha do embarcador pela melhor alternativa logística para o transporte de carga:

- a) Custo de transporte por unidade;
- b) Tempo;
- c) Variância no tempo;
- d) Custo por unidade transportada enquanto em trânsito (capital investido em trânsito, segurança, perdas).

Para explicar a escolha modal, Baumol e Vinod (1970) traçaram as curvas de indiferença  $II'$  e  $JJ'$  (Figura 2.2),<sup>4</sup> representando cada uma um perfil de escolha de um embarcador. Na análise, consideraram cada alternativa de transporte representada pelos atributos velocidade e economia de custos – o primeiro caracteriza o tempo médio requerido para o transporte da carga e o segundo retrata as taxas pagas para transportar a carga entre dois pontos em análise.

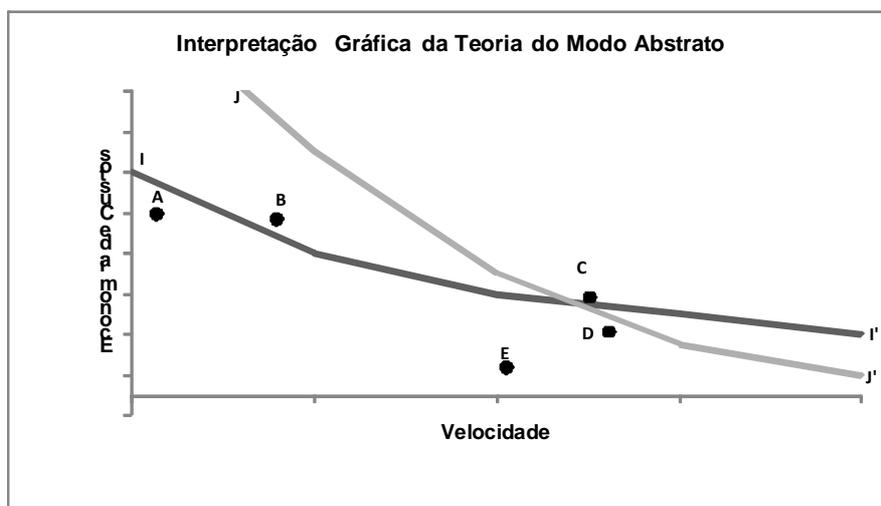


Figura 2.2 – Interpretação gráfica da teoria do modo abstrato  
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Baumol e Vinod (1970)

Na Figura 2.2, cada ponto – A, B, C, D ou E – representa uma alternativa de transporte, cujas coordenadas constituem um vetor com as características de velocidade e economia de custos desta alternativa. E é inferior a C e D, pois é mais lenta e mais cara. Continuando a análise, se um embarcador obedece à curva de

<sup>4</sup> As curvas de indiferença são muito utilizadas para representar as preferências do consumidor, sendo apresentadas em gráfico com a função que mostra combinações de bens, na quantidade que torna o consumidor indiferente. Assim, ele não tem preferência entre uma combinação contra a outra, já que cada uma provê um mesmo nível utilidade (Schmitz, 2001).

indiferença II' (curva de isocusto), ele preferirá a alternativa B à alternativa C, pois aquela apresenta uma economia de custos maior que esta a uma velocidade aceitável pelo perfil do embarcador. O mesmo embarcador escolherá a alternativa C a A, pois esta, embora mais barata que aquela, apresenta velocidade pouco aceitável pelo embarcador. Os autores salientaram ainda que, uma vez traçada uma curva de indiferença, é possível acrescentar novas alternativas, o que seria um novo ponto no gráfico, e verificar se ele se encontra acima ou abaixo de sua curva de indiferença, avaliando se é viável ou não para aquele embarcador.

No procedimento desenvolvido por Wang (2008), baseando-se em Baumol e Vinod (1970), o autor realizou a análise comparativa de custos logísticos entre o transporte rodoviário e o transporte intermodal. Para tal, estimou curvas de indiferença e procedeu à análise de sensibilidade dos custos logísticos levantados, verificando o impacto da mudança nas variáveis: valor da mercadoria e volume de vendas sobre os custos logísticos em análise.

Das análises realizadas, Wang (2008) evidenciou que quando o custo logístico é de cerca de 950 euros por contêiner, é indiferente a escolha entre o transporte rodoviário e o transporte intermodal rodoferroviário. Na área abaixo das curvas de indiferença de 950 euros por contêiner, considerando-se o mesmo produto e a mesma demanda para as duas alternativas de transporte, o intermodal rodoferroviário é mais adequado que o rodoviário, porque o custo logístico do transporte intermodal está abaixo do custo logístico do rodoviário. Por outro lado, na área acima das linhas de indiferença de 950 euros por contêiner, é mais adequado o transporte rodoviário.

Jong e Ben-Akiva (2007) apresentam a estrutura geral de modelo desenvolvido para analisar a demanda de transporte de carga na Noruega e na Suécia. No modelo, a escolha modal é realizada a partir da minimização do custo logístico total, o qual é medido considerando o Lote Econômico de Compra.

Os resultados obtidos neste estudo aplicado mostraram que os custos de transporte foram altamente significativos nas escolhas realizadas e que para produtos de mais alto valor agregado, os lotes de embarque são geralmente menores, devido aos custos de estoque em trânsito mais elevados.

Os autores ressaltaram que uma futura análise desagregada da demanda pode evidenciar outros atributos, além do custo logístico total, que podem ser relevantes à escolha do modal, como a confiabilidade no tempo de viagem e a flexibilidade para reagir rapidamente às demandas imprevistas. Sugeriram que, para captar a influência destes atributos, seria necessário incorporá-los à modelagem e ir além da otimização determinística, incluindo também componentes probabilísticos à modelagem.

Kutanoglu e Lohiya (2008) e Eskigun *et al.* (2007) demonstraram a possibilidade de ganhos econômicos advindos da análise conjunta de estoques e transportes na escolha modal em nível operacional, desenvolvendo para isso modelos de otimização do custo logístico total, que consideram restrição de janela de tempo para a entrega das cargas desde a origem até o destino final.

O modelo desenvolvido por Kutanoglu e Lohiya (2008) utilizando programação linear inteira com auxílio do *software* Gams contempla dois tipos de decisões: a primeira decisão é definir qual o nível de estoque que os centros de distribuição deveriam manter; a segunda decisão é a escolha do modo de transporte que irá atender ao cliente, satisfazendo as restrições de tempo referencial para garantir o nível de serviço adequado. A função objetivo do modelo busca minimizar o custo total do sistema, que é composto pelo custo de estoque em todos os centros de distribuição; pelo custo de transporte das mercadorias dos centros de distribuição até os clientes; e pelo custo de embarques emergenciais necessários, quando o centro de distribuição responsável pelo atendimento a determinado cliente ficar sem estoque, considerando-se o tempo necessário para seu ressuprimento.

Para se verificar a aplicabilidade da modelagem, identificar a existência de interação significativa entre a escolha do modo de transporte e níveis de estoque e avaliar o impacto de mudanças nos parâmetros do modelo sobre os custos totais do sistema, os autores construíram uma rede hipotética de 100 clientes e três centros de distribuição em uma grade de 100x100 unidades de medida representando uma região a ser atendida. Para cada um destes clientes e centros de distribuição, dois números aleatórios entre 0 e 100 foram gerados e tomados como as coordenadas x e y dos mesmos. As distâncias euclidianas dos clientes, a partir de instalações, foram calculadas, resultando em dados hipotéticos de custos de transporte. De acordo com os autores, os demais dados necessários à modelagem basearam-se em dados reais da indústria.

Os resultados experimentais obtidos nas análises realizadas por Kutanoglu e Lohiya (2008) com o modelo desenvolvido sugerem que, com restrições de nível de serviço brandas, 79% da demanda seria atendida por modo de transporte mais lento e 21% da demanda por modo de transporte de média velocidade, e os níveis de estoque ficariam em 1,6 unidade de medida (u.m.). Nesta situação hipotética, o custo total do sistema seria de 64 u.m., do qual 37,5% seriam de custo de manutenção do estoque; 37,5% de custo de embarque emergencial, e 25% de custo de transporte. O incremento das restrições de nível de serviço alteraria este quadro, de forma que 71% da demanda seria atendida por modo de transporte mais lento; 25% por modo de transporte de média velocidade; 2% por modo de transporte rápido; e o nível de

estoque do sistema aumentaria para 3,6 u.m. Nesta situação hipotética, o custo total do sistema seria de 104 u.m., do qual 57% seria de custo de manutenção de estoque, 25% de custo de embarque emergencial e 18% de custo de transporte.

Eskigun *et al.* (2007) desenvolveram modelagem para analisar a cadeia de distribuição de veículos de uma montadora nos Estados Unidos. Para tal modelaram o problema de localização de instalações não capacitadas, visando a responder os seguintes questionamentos:

- a) Onde os Centros de Distribuição (CDs) deveriam estar localizados?
- b) Os veículos deveriam ser entregues diretamente das fábricas para as regiões demandantes por caminhões ou por alternativas intermodais rodoferroviárias passando pelos CDs?

A função objetivo do modelo desenvolvido por Eskigun *et al.* (2007) é composta por custos de transferência rodoviária das fábricas até as regiões demandantes, custos de transferência ferroviária das fábricas até os CDs, custos de distribuição entre CDs e regiões demandantes, custos fixos de abertura de novos CDs, custos fixos de novos arcos ferroviários ligando as fábricas aos CDs e estes às regiões demandantes. Os cálculos dos custos de transferência e de distribuição incorporam os custos de carregamento nos CDs e os custos oriundos do *lead time* impostos pelos clientes.

As restrições do modelo devem garantir o atendimento da demanda. Para tal um carregamento só pode ser realizado entre duas localizações dadas somente se existir arco aberto; o CD deve ser aberto para que sejam realizadas entregas por ele e as variáveis de decisão assumam valores inteiros iguais a 0 ou 1. Os resultados obtidos apresentaram o impacto do valor do tempo sobre o percentual de transferências rodoviárias, o número de CDs e os custos médios de transportes. Os autores observaram que o aumento do valor do tempo leva ao incremento do percentual de transferências rodoviárias, à redução no número de CDs e, conseqüentemente, ao aumento dos custos médios de transporte.

Vernimmen *et al.* (2008) apresentaram revisão bibliográfica sobre o uso do Modelo Teórico de Estoques (MTE) na escolha modal e realizaram estudo de caso que utiliza o MTE como referencial analítico para minimizar custos de uma cadeia de suprimentos, considerando a possibilidade de se utilizarem, estrategicamente, diferentes modos de transporte. Os autores, para justificar o uso do MTE nas análises, destacaram a revisão da literatura realizada por Cullinane e Toy (2000), na qual concluíram que os cinco atributos mais frequentemente citados por outros autores como tendo um impacto significativo na decisão da escolha modal de transporte são:

custo/preço/taxa, velocidade, confiabilidade no tempo de trânsito, características do produto e qualidade do serviço oferecido.

A partir da análise de Cullinane e Toy (2000), Vernimnen *et al.* (2008) ressaltaram que, no âmbito do MTE, o primeiro atributo se refere ao custo de transporte, enquanto a velocidade e a confiabilidade do tempo de trânsito são explicitamente considerados no cálculo dos custos de estoque. Assim, defenderam Vernimnen *et al.* (2008) que, embora o MTE leve em conta apenas os critérios de decisão que possam ser expressos em termos monetários, três dos cinco atributos tomados como mais relevantes na escolha modal do transporte de carga, de acordo com a revisão de literatura de Cullinane e Toy (2000), são contemplados no MTE por meio do cálculo do atributo custo logístico total.

Salientaram ainda os autores que uma gama de outros atributos influencia na escolha modal, como a controlabilidade, a rastreabilidade, a flexibilidade ou o apelo ambiental de um modo de transporte. À medida que esses critérios não podem ser expressos em termos monetários, são excluídos das análises que utilizam o MTE. No entanto, entendem os autores que a influência desses atributos na escolha modal é de importância secundária.

O estudo de caso apresentado por Vernimnen *et al.* (2008) refere-se à escolha modal de um receptor de granéis líquidos na Europa. A fim de transportar as mercadorias para as instalações do receptor, cinco alternativas de transporte são possíveis: transporte rodoviário a partir de Antuérpia, transporte dutoviário a partir de Antuérpia, transporte hidroviário a partir de Antuérpia, de Flushing ou de Rotterdam. Os autores estimaram o custo logístico total destas alternativas, considerando cargas de valor médio de 600 euros/t. Os resultados indicaram que a alternativa rodoviária, embora gere maiores custos de transportes que as outras quatro alternativas, apresentou o menor custo logístico total.

Branco e Caixeta Filho (2011) desenvolveram trabalho que teve como objetivo principal a estimativa de demanda de carga captável pela Estrada de Ferro Norte-Sul. Propuseram o uso de um Modelo de Fluxo de Custo Mínimo Multiproduto para a quantificação da carga captável pela ferrovia. Os resultados indicaram fluxos que somam aproximadamente 1,2 milhões de toneladas de cargas com potencial de transporte pela ferrovia, considerando o trecho que se encontra atualmente em operação, que liga Estreito (MA) até São Luís (MA). A análise dos resultados auxiliou na identificação dos principais centróides geradores de carga para a ferrovia, os pontos de transbordo mais representativos e os principais produtos com potencial de movimentação no trecho ferroviário.

### 2.2.1.5 Outros Procedimentos

Arnold *et al.* (2004) e Ham *et al.* (2005) basearam seus procedimentos na otimização de custos em rede. Nijkamp *et al.* (2004) compararam a aplicação de modelos de escolha discreta (logit e probit) com modelos neurais em rede na análise do transporte multimodal de cargas na Europa, mediante revisão bibliográfica sobre modelos de escolha discreta e modelos neurais em rede, e desenvolveram estudo aplicado em que comparam os resultados obtidos utilizando os diferentes métodos.

Daniellis (2005) utilizou modelo comportamental baseado na técnica da análise conjunta adaptativa para investigar os atributos determinantes na escolha entre transporte rodoviário e transporte intermodal rodoferroviário para os embarcadores de manufaturados na Itália.

Bontekoning (2000) avaliou e comparou a eficiência de terminais intermodais de carga, analisando o impacto da ineficiência na competitividade da intermodalidade e Kreuzberger (2008) investigou a importância dos atributos distância, tempo e custo na competitividade do transporte intermodal na Europa por meio de revisão bibliográfica e análise de cenários.

A incorporação dos custos externos na modelagem da escolha modal vem se constituindo em uma temática cada vez mais recorrente e atual tanto para planejadores de transporte como para embarcadores. Enquanto para estes a medição dos custos externos pode ser convertida em créditos de carbono e contribuir para melhorar a imagem socioambiental da organização perante a sociedade, para aqueles a medição de atributos relacionados a aspectos sociais e ambientais constitui-se em argumento que pode contribuir para viabilizar ou não determinado investimento em infraestrutura.

Neste contexto, Ricci e Black (2005) defenderam a idéia de que a formulação de uma política de transporte requer um aprofundamento do conhecimento do atual desempenho econômico do transporte intermodal de carga e, mais especificamente, um detalhado conhecimento de informações sobre os custos inerentes à intermodalidade e dos fatores geradores desses custos.

Ricci e Black (2005) acreditavam que alternativas de transporte intermodal deveriam ser comparadas com alternativas de transporte vigentes com o objetivo de:

- a) Investigar a credibilidade da visão geral aceita de que o transporte intermodal é mais eficiente em termos de custos sociais que as alternativas unimodais;
- b) Fornecer os elementos necessários à formulação de preços por meio de avaliações confiáveis;

- c) Reduzir os impactos ambientais negativos, como os impactos relacionados aos riscos de acidentes e à saúde associados à atividade de transporte;
- d) Melhorar a qualidade de vida da sociedade, por meio da diminuição dos congestionamentos e de melhores condições de segurança e trabalho dos envolvidos na transporte de mercadorias;
- e) Definir e validar metodologia para o cálculo dos custos reais associados ao transporte intermodal de carga e comparar os preços reais praticados pelo mercado.

Os autores defendem a importância de se medir os custos sociais que englobam custos internos e externos, considerando essa análise como um pré-requisito para a construção de políticas públicas pelos governantes e formulações estratégicas pela iniciativa privada para aumentar a competitividade dos serviços intermodais.

Ricci e Black (2005) e Janic (2007) incorporaram às políticas de planejamento de transporte da Europa a análise conjunta de custos externos e internos na realização da escolha modal, apresentando metodologia para calcular os custos externos ao longo de uma cadeia intermodal. Os autores explicaram que os custos internos incluem os custos operacionais ao longo da cadeia de suprimentos, englobando custos com seguro, manutenção, mão de obra, energia, impostos e taxas operacionais.

Já os custos externos, complementam os autores, estão relacionados a aspectos ambientais, como a poluição do ar advinda da queima dos combustíveis utilizados pelos diferentes modos de transporte e aspectos sociais relacionados aos índices de acidentes, nível de ruído, congestionamentos e número de empregos gerados. Os autores ainda salientaram que os procedimentos desenvolvidos para análise de custos externos no processo de escolha modal geralmente incorrem na medição dos mesmos em diferentes níveis de demanda captável do transporte intermodal e na posterior análise de custo-benefício advinda da implantação ou não de determinada operação.

Nas análises de Ricci e Black (2005) no âmbito do projeto “*Real Cost Reduction Door-to-door Intermodal Transport*”, o principal objetivo foi examinar os custos internos e externos de transporte intermodal e compará-los com os custos de soluções puramente rodoviárias. Com o objetivo de captar toda a variedade de serviços intermodais existentes na Europa e, ao mesmo tempo, chegar a certas conclusões gerais sobre os custos totais de transporte intermodal, três corredores foram escolhidos: Genova-Manchester; Atenas-Gotemburgo; Barcelona-Varsóvia.

Para o cálculo das externalidades ambientais, Ricci e Black (2005) basearam-se na metodologia denominada *Pathway Impact*, que não foi detalhada pelos autores. Com relação a essa metodologia, os autores apenas explicaram que, a partir de características técnicas e operacionais da alternativa logística em análise (tecnologia e tipo de veículo, fator de carga, extensão do corredor de transporte), mensuram-se os impactos ambientais e sociais associados a tal alternativa, como a emissão de poluentes e ruídos e a frequência de acidente. De posse dessas informações, modelam-se os impactos físicos desses encargos para a saúde humana, culturas, material etc. e, finalmente, estima-se o valor monetário desses danos (através de valores de mercado, quando disponíveis, ou de outra forma, como por meio da avaliação dos valores da propensão a pagar por um serviço).

Os resultados obtidos por Ricci e Black (2005) no Corredor Antenas-Gotemburgo mostram que os custos externos intermodais neste corredor de transporte contabilizaram cerca de 500 euros por viagem, sendo que, do total, os custos mais representativos foram os relacionados à poluição do ar (34%), ao aquecimento global (31,4%) e a acidentes (20%). Os custos externos rodoviários calculados pelos autores para este corredor de transporte foram quase o dobro, estimados em cerca de 980 euros por viagem. Deste total, as componentes de custos externos mais representativos foram os custos relacionados a acidentes (41,8%), à poluição do ar (29,9%) e ao aquecimento global (23,9%).

Janic (2007) deu continuidade ao trabalho de Ricci e Black (2005) no âmbito do Projeto Recordit e comparou os custos totais do transporte rodoviário e do transporte intermodal de cargas para os corredores de transporte na Europa. O autor observou que os custos externos representam em média 21% dos custos totais rodoviários e 17% dos custos totais intermodais. Nota-se ainda que, considerando somente os custos internos, o transporte intermodal torna-se mais competitivo do que o transporte rodoviário a distâncias porta a porta maiores que 900 km. Concluiu Janic (2007) que, incorporando os custos externos a esta análise, o transporte intermodal só será mais competitivo que o transporte rodoviário a distâncias porta a porta maiores que 1.100 km.

Patterson *et al.* (2008) investigaram o impacto do potencial do uso de serviços intermodais na redução de CO<sub>2</sub> no corredor de transporte Quebec-Windsor, no Canadá. Para tal, primeiramente estimaram a demanda potencial dos serviços intermodais por meio de pesquisa de preferência declarada, realizada com os embarcadores do corredor de transporte em análise e, posteriormente, compararam os níveis de emissão de CO<sub>2</sub> oriundas do transporte rodoviário com os níveis de emissão previstos com migração de parte da demanda para o transporte intermodal. Os resultados

apontaram queda de 16% nos níveis de emissão de CO<sub>2</sub> vigentes a partir da implantação de novos serviços intermodais.

Leal Jr. (2010) e Leal Jr. e D'Agosto (2011) avaliaram a escolha modal de alternativas de transporte para a exportação de bioetanol do Brasil. Para tal, desenvolveram um procedimento que permitiu estabelecer hierarquia de alternativas de transporte para os portos de modo a substituir caminhões, considerando-se aspectos financeiros e socioambientais. Os autores escolheram três atributos relacionados a aspectos financeiros (custo, confiabilidade e segurança) e três atributos socioambientais (consumo de energia, emissão de gases de efeito estufa e outros poluentes atmosféricos, emissão de resíduos sólidos e líquidos). O desempenho das diferentes alternativas de transporte foi medido por meio de técnica multicritério de apoio à decisão.

Os resultados do estudo aplicado indicaram que, para o transporte de bioetanol no Brasil, considerando-se pesos iguais tanto para os aspectos financeiros como para aspectos socioambientais, alternativas intermodais que utilizam dutos na maior parte da operação porta a porta apresentaram melhor desempenho, com menores custos financeiros e impactos ambientais do que as alternativas rodoviárias. A segunda melhor opção, segundo os autores, é a alternativa intermodal que combina dutos, hidrovias e rodovias.

Eller, Sousa Jr. e Curi (2011) compararam os custos de implantação, operação e manutenção dos modos rodoviário e ferroviário no transporte de carga no Brasil a partir do custo de cada tonelada-quilômetro útil. Também estimaram os custos decorrentes dos impactos ambientais gerados com a implantação e a operação de cada um dos modos de transporte. Os resultados obtidos mostraram que o modo ferroviário apresenta custos fixos elevados, em decorrência de grandes investimentos em trilhos, locomotivas e vagões. Já no modo rodoviário, os custos variáveis é que são elevados. Ao final do estudo, constataram que a priorização de investimentos no modo ferroviário se mostra mais eficiente em relação ao modo rodoviário, quando se considera os custos de médio e de longo prazo, principalmente os custos externos, uma vez que os custos ambientais apresentam-se expressivamente maior no segundo modo.

### **2.2.2 Análise de Atributos**

A identificação dos atributos relevantes a serem incorporados nos modelos de escolha modal é uma etapa imprescindível para a estruturação representativa dos mesmos.

Cabe salientar que na maioria dos artigos revisados considera-se o ponto de vista do embarcador no momento da tomada de decisão em nível estratégico quanto à melhor alternativa logística para o escoamento de suas cargas.

Embora tenha sido possível constatar por esta revisão bibliográfica que ainda não existe um consenso acerca de quais atributos devem ser necessariamente utilizados nos modelos de escolha modal no transporte de carga, conforme apresentado na Figura 2.3, os atributos utilizados nos trabalhos pesquisados puderam ser agrupados, possibilitando uma análise mais homogênea da incidência dos mesmos. Os três grupos de atributos são os seguintes:

- a) Atributos relacionados ao nível de serviço: confiabilidade tempo, oferta de transporte, segurança, tamanho do lote de embarque;
- b) Atributos relacionados ao custo: custo de transporte, custo logístico;
- c) Outros atributos: modo de transporte, característica da mercadoria, custo externo.

Da análise da Figura 2.3, verifica-se que os atributos relacionados ao nível de serviço e ao custo são os mais recorrentes, tendo sido observados como relevantes em respectivamente 51% e 38%. Outros atributos foram considerados relevantes em 11% das observações.

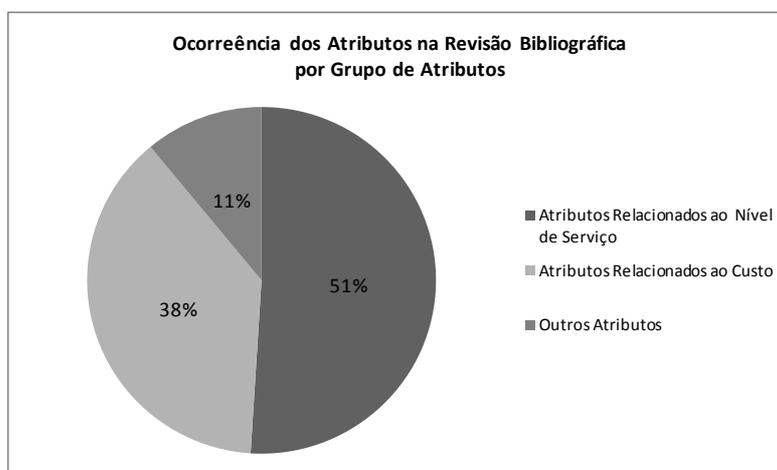


Figura 2.3 – Ocorrência dos atributos na revisão bibliográfica por grupo de atributos  
Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme apresentado na Figura 2.4, dentre os atributos relacionados ao Nível de Serviço, o Tempo é o atributo com maior ocorrência, aparecendo em 39% das observações como o atributo de nível de serviço relevante, seguido pela Oferta de Transporte (22%) e pela Confiabilidade (20%).

Dentre os atributos relacionados ao Custo, o Custo de Transporte é o atributo com maior ocorrência, aparecendo em 65% das observações como o atributo de custo mais relevante, sendo seguido pelo Custo Logístico (35%).

Dentre os outros de atributos utilizados, os atributos relacionados ao Modo de Transporte apareceram em 46% das observações como os mais relevantes, seguido por atributos relacionados à Fatores Socioambientais (36%) e atributos relacionados às Características da Mercadoria (18%).

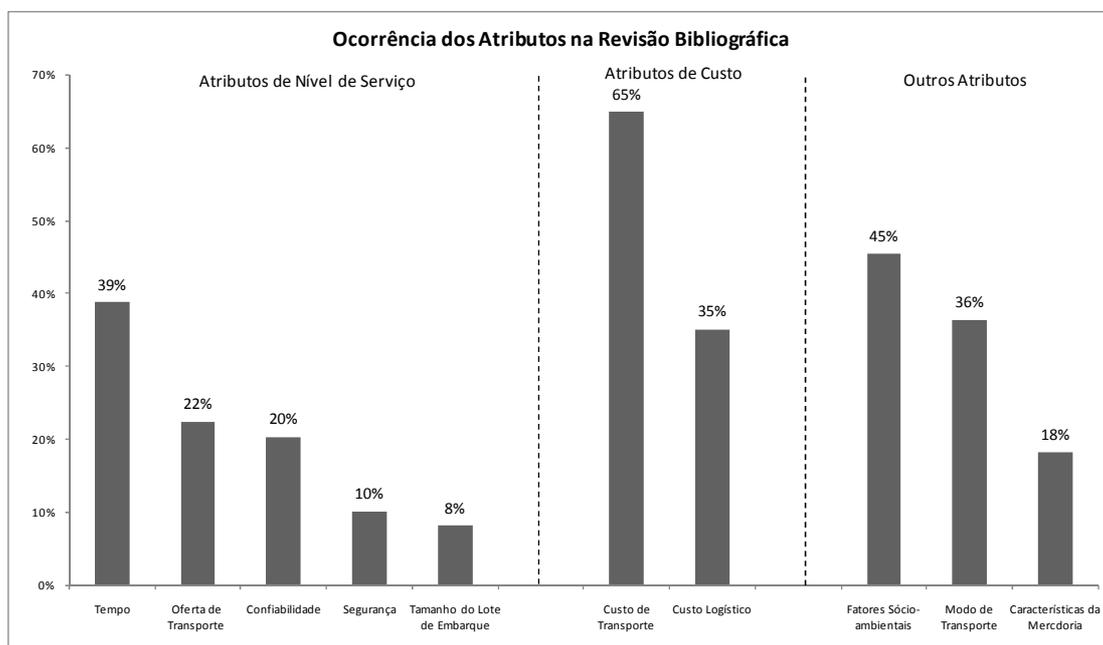


Figura 2.4 – Ocorrência dos atributos na revisão bibliográfica

Fonte: Elaborado pelo autor

Desta análise de atributos identificou-se a importância do atributo custo logístico na análise da escolha modal, uma vez que este atributo contempla os outros dois atributos mais recorrentes na revisão bibliográfica, o tempo e o custo de transporte. Sendo assim, a seção 2.2.1.4 detalha o desenvolvimento metodológico da análise de custo logístico e apresenta estudos que utilizaram esta técnica.

### 2.3 Considerações Finais do Capítulo

A revisão bibliográfica apresentada nesse capítulo e sintetizada na Tabela 2.3, possibilitou identificar diferentes técnicas, abordagens metodológicas e ferramentas utilizadas para avaliar a escolha modal no transporte de carga, seus fatores determinantes e o impacto dessa escolha sobre a demanda e sobre o meio ambiente.

Os modelos de divisão modal apresentados diferem quanto à técnica de coleta de dados. A PR traz a vantagem de retratar o comportamento real do mercado ao longo do tempo, possibilitando aprofundar conhecimento de um determinado nicho de mercado por meio de sua análise histórica. Suas desvantagens residem na necessidade de obtenção de grandes séries de dados para as diferentes

variáveis a serem incorporadas à modelagem para aumentar a robustez estatística do modelo e à impossibilidade de se avaliar variáveis qualitativas

A PD apresenta vantagens e desvantagens. As principais vantagens observadas são: a percepção do valor atribuído pelos entrevistados a diferentes fatores ou atributos em análise; a possibilidade de avaliar variáveis qualitativas como, por exemplo, a confiabilidade e a periculosidade; a possibilidade de avaliar o comportamento dos entrevistados perante as alternativas, cenários ou situações ainda inexistentes e; a possibilidade de obter modelos robustos a partir de amostras pequenas.

As desvantagens incorrem principalmente no fato de que os resultados obtidos nem sempre podem retratar a atitude real do mercado no momento de implantação de um cenário hipotético aferido por meio da pesquisa de preferência declarada.

Os estudos de planejamento de transporte de carga apresentados demonstram que o modelo de quatro etapas, com auxílio de sistemas de apoio à tomada de decisão constitui-se em um método bem estruturado para a realização desses estudos. No entanto, conforme apresentado por De Souza e D'Agosto (2012), quando da sua aplicação, suas etapas e seus respectivos modelos não são rígidos podendo variar de estudo para estudo.

Entende-se que o PNLT (2007), consolidado com um importante instrumento de planejamento de transporte do governo brasileiro e referencial metodológico para estudos recentes de planejamento de transporte e carga no país, como, PAC (2007), PELT – MG (2007), PELT – PA (2010), PAC 2 (2011) e ANTT (2013), pode ser aperfeiçoado no que tange à modelagem da demanda de carga geral, especificamente quanto aos métodos de geração de viagem, previsão de demanda e alocação de carga.

A análise de custos logísticos, desenvolvida a partir dos estudos de Baumol Vinod (1970) mostrou-se uma técnica eficiente na definição da melhor alternativa do ponto de vista econômico para o escoamento de determinada carga, uma vez que a medida de custo logístico total incorpora indicadores relacionados a custo e ao nível de serviço, considerando aspectos logísticos importantes e pouco difundidos nos estudos realizados pelos órgãos responsáveis pelo planejamento de transporte de carga no país.

A incorporação da variável custo logístico em várias das modelagens apresentadas a longo deste capítulo evidencia a importância de se considerar as variáveis na modelagem da escolha entre alternativas de transporte de carga.

A restrição da análise de custos logísticos reside no fato de que esta abordagem permite identificar apenas a melhor alternativa logística do ponto de vista

econômico, não considerando aspectos ambientais. Além disso, a modelagem não permite a análise de sensibilidade de demanda, com a verificação do impacto das escolhas realizadas sobre o mercado em análise.

Tabela 2.3 – Síntese da revisão bibliográfica

Autores	Cargas	Continentes					Procedimentos										Atributos Relevantes									
		Carga Geral	Grainéis	Ásia	Europa	América do Norte	América do Sul	Revisão de Literatura	Modelos de Divisão Modal com Dados de Preferência Revelada	Modelos de Divisão Modal com Dados de Preferência Declarada	Estudos de Planejamento de Transporte de Carga	Uso de Sistemas de Apoio à Decisão	Análise de Custos Logísticos	Outros Procedimentos	Confiabilidade	Tempo	Oferta de Transporte	Segurança	Tamanho do Lote de Embarque	Atributos de Nivel de Serviço		Atributos de Custo		Outros Atributos		
1	Baumol e Vinod (1970)	x	x									x										x				
2	Bernardino e Castro (1988)	x				x		x								x						x	x		x	
3	Vieira (1996)	x				x		x							x								x			
4	Nam (1997)	x		x				x							x	x								x		
5	Abdelwahab (1998)	x	x			x		x														x			x	x
6	Basuroy e Nguyen (1998)							x																		
7	Lambert e Stock (1998)	x	x									x											x			
8	Bontekoning (2000)	x			x								x										x			
9	Tsamboulas e Kapros (2000)	x	x		x			x	x					x		x	x					x				
10	Cullinane e Toy (2000)							x						x	x							x			x	
11	Nevo (2000)	x				x				x																
12	Shingal e Fowkes (2002)	x		x						x							x									
13	Train (2003)							x																		
14	Slaton e Senna (2003)	x						x						x		x	x					x				
15	Efron e Rose (2003)	x						x						x	x	x						x	x			
16	ANTT (2004)	x									x												x			
17	Arnold et al. (2004)	x	x			x								x									x			
18	Malchow e Kanafani (2004)	x						x																	x	
19	Nijkamp et al. (2004)	x				x								x									x			
20	Novaes (2004)	x	x										x											x		
21	Ham et al. (2005)	x	x					x						x		x							x			
22	Daniels et al. (2005)	x		x										x	x	x										
23	Ricci e Black (2005)	x			x																					x
24	USDOT (2005)	x	x										x										x			
25	Ballou (2006)	x	x																						x	
26	Novaes et al. (2006)	x						x															x			
27	Christopher (2007)	x	x											x										x		
28	Eskigun et al. (2007)													x										x		
29	Janic (2007)	x				x									x								x			x
30	Jong e Ben-Akiva (2007)	x													x									x		
31	Tavasszy et al. (2007)	x	x											x										x		
32	PNLT (2007)	x	x					x							x	x							x			
33	PELT - Minas (2007)	x	x					x							x	x							x			
34	PAC (2007)	x	x																				x			
35	Pattersen et al. (2008)	x						x																x		x
36	Wang (2008)	x																							x	
37	Vermimmen et al. (2008)		x																						x	
38	Kutanoglu e Lohiyi (2008)																								x	
39	Kreutzberger (2008)																								x	
40	Rich et al. (2009)	x	x																						x	
41	Leal Jr. (2010)		x																							x
42	PELT - Pará (2010)	x	x																							
43	PAC 2 (2011)	x	x																							
44	Feo, Espino e Garcia (2011)	x	x																							
45	Branco e Caixeta Filho (2011)	x	x																						x	
46	Eller, Sousa Jr e Curi (2011)	x	x																						x	
47	Leal Jr. e D'Agosto (2011)		x																							x
48	Da Silva e Rocha (2012)	x	x																							x
49	De Souza e D'Agosto (2012)	x	x																							
50	ANTT (2013)	x	x																							
Número de Observações		41	26	3	12	6	18	3	10	6	7	3	11	12	10	19	11	5	4	24	13	4	2	5		
Número de Observações Total		67		39					52							49					37		11			

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Os estudos apresentados que contemplaram a análise de custos externos retratam uma tendência recente na análise de escolha modal, a necessidade de se incorporar variáveis socioambientais a esta análise. Trata-se de uma abordagem inovadora, que precisa ser cada vez mais disseminada no âmbito do planejamento de transporte de carga, tornando-se fator a ser considerado e mensurável economicamente nas análises de investimentos. No entanto, não se evidenciou nas pesquisas realizadas, nenhum caso prático no qual a escolha modal no transporte de carga foi realizada considerando fatores socioambientais. Assim como nos estudos que utilizam o MTE, a análise de custos externos possui a limitação de não permitir a análises de sensibilidade demanda, com a verificação do impacto das escolhas realizadas sobre o mercado em análise.

Dito isto, entende-se que a revisão bibliográfica ora apresentada possibilitou obter os subsídios teóricos necessários à proposição do procedimento analítico elaborada para avaliar o transporte terrestre de carga geral no Brasil.

### 3 TRANSPORTE TERRESTRE DE CARGA GERAL NO BRASIL

Este capítulo contextualiza o estágio atual do transporte terrestre de carga geral no Brasil e expõe alguns aspectos inerentes à intermodalidade rododiferroviária e o uso do contêiner para o transporte deste tipo de carga.

#### 3.1 A Carga Geral no Brasil

Entende-se que a designação carga geral é dada para qualquer tipo de carga<sup>5</sup> homogênea ou heterogênea embalada. O acondicionamento da carga geral pode ser feito em caixotes, sacos, paletes e contêineres.

A Tabela 3.1 apresenta os principais produtos representativos no universo da carga geral no Brasil, identificados por meio da *Pesquisa Industrial Produto do IBGE de 2009* (IBGE, 2012), os quais foram agrupados em 10 setores produtivos.

Tabela 3.1 – Produtos que compõem o universo da carga geral no Brasil

CARGA GERAL NO BRASIL		
	SETORES PRODUTIVOS	PRINCIPAIS PRODUTOS
1	SETOR SIDERÚRGICO	BOBINAS, VERGALHÕES, ACESSÓRIOS
2	SETOR AUTOMOTIVO	PEÇAS, ACESSÓRIOS E COMPONENTES, PNEUS, AUTOMÓVEIS, MOTOCICLETAS, MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS
3	SETOR DE CONSTRUÇÃO CIVIL	CIMENTO, CONCRETO, TUBOS E CONEXÕES, TINTAS E VERNIZES, CERÂMICAS
4	SETOR QUÍMICO E PETROQUÍMICO	PLÁSTICOS, FERTILIZANTES, INSUMOS, MEDICAMENTOS HUMANOS, MEDICAMENTOS VETERINÁRIOS, MEDICAMENTOS AGRÍCOLAS
5	SETOR EXTRATIVISTA VEGETAL	CELULOSE, PAPEL, MADEIRA, MÓVEIS
6	SETOR AGROINDUSTRIAL E DE BENS DE CONSUMO NÃO DURÁVEIS	FRUTAS, LEGUMES, CEREAIS, FLORES, CAFÉ, AÇÚCAR, BOVINOS, SUÍNOS, AVES, LEITE, LATICÍNIOS, ALIMENTOS INDUSTRIALIZADOS, BEBIDAS, PRODUTOS DE HIGIENE E LIMPEZA
7	INDÚSTRIA DE BENS DE CONSUMO DURÁVEIS	ELETRÔELETRÔNICOS, ELETRODOMÉSTICOS, PRODUTOS DE INFORMÁTICA, PRODUTOS DE TELEFONIA
8	INDÚSTRIA TÊXTIL	TECIDOS, VESTUÁRIO
9	INDÚSTRIA CALÇADISTA	COURO, CALÇADOS
10	INDÚSTRIA DO TABACO	FUMO, CIGARRO

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de IBGE (2012)

A Figura 3.1 ilustra a participação percentual dos 10 setores produtivos no valor das vendas da indústria brasileira em 2009. Observa-se na Figura 4.1 que o setor automotivo mostra-se como o mais representativo, responsável por 31,7% do valor das vendas industriais brasileiras, seguido pelo setor agroindustrial e de bens de consumo não duráveis, com 26,8%, e pelo setor siderúrgico, com 14,1%. Ressalta-se que os setores automotivos e siderúrgicos compõem a mesma cadeia de suprimento

<sup>5</sup> Para melhor entendimento das diferenças entre os tipos de carga, apresenta-se no Apêndice A exemplo com três alternativas para a movimentação de açúcar.

(cadeia produtiva), uma vez que boa parte dos produtos do setor siderúrgico serve de suprimento às linhas de produção do setor automotivo.

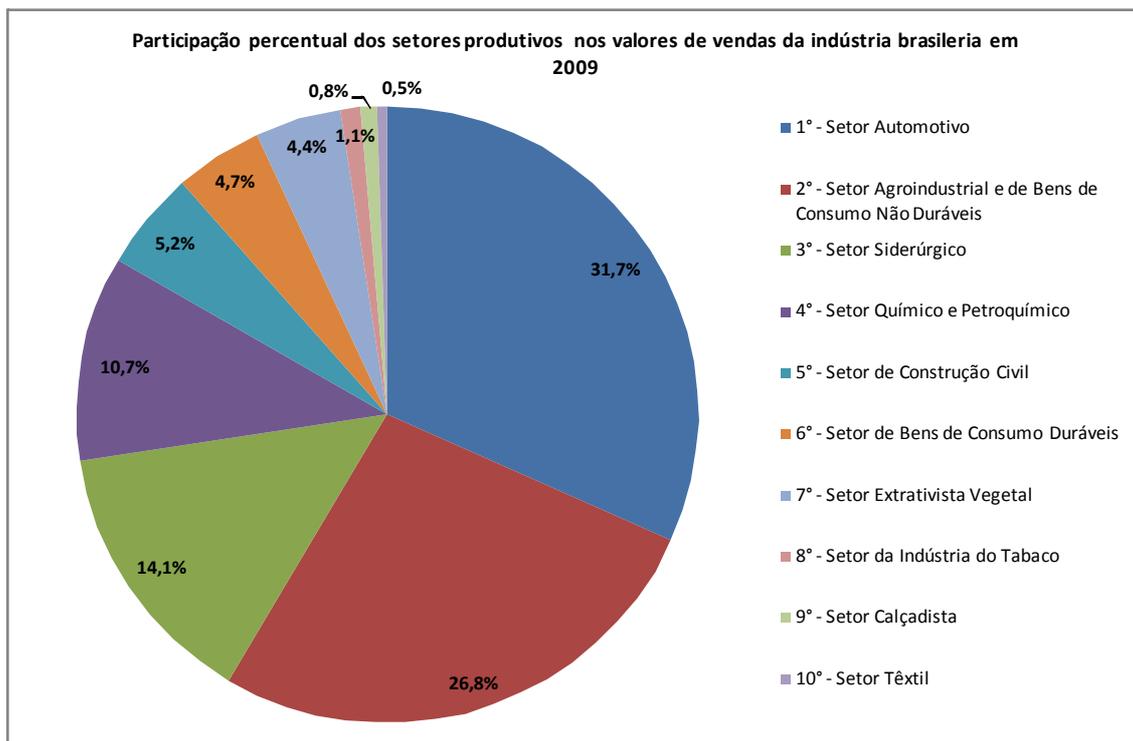


Figura 3.1 – Participação percentual dos setores produtivos no valor das vendas da indústria brasileira em 2009

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de IBGE (2012)

O setor agroindustrial e de bens de consumo não duráveis, além de apresentar importância econômica expressiva, uma vez que responde por 26,8% das vendas da indústria brasileira, apresenta inegável relevância social para o país. O uso de melhores práticas logísticas pelos embarcadores desta indústria, como a intensificação da intermodalidade utilizando contêineres, pode reduzir os custos das mercadorias e, conseqüentemente, os preços desses produtos essenciais à população brasileira.

A despeito da importância das cadeias de suprimento dos setores automotivo, siderúrgico e de bens de consumo não duráveis, que representaram expressivo percentual do valor de vendas industriais brasileiras em 2009, os demais setores, embora com menor relevância econômica, também são importantes em estudos que envolvem a movimentação de carga geral, uma vez que todas possuem produtos passíveis de migração para o transporte ferroviário.

Da análise realizada e apresentada na Figura 3.1, ressalva-se, no entanto, que os produtos do setor automotivo possuem valor agregado muito elevado, se comparado aos produtos dos outros setores analisados, o que pode distorcer a importância relativa em termos de volumes transportados.

Não se identificou nas pesquisas realizadas informações precisas sobre a movimentação de carga geral no Brasil. No entanto, estimou-se, a partir de ANNT (2004), que em 2011 tenham sido transportados cerca 323,4 milhões de toneladas de carga geral no país. A Figura 3.2 apresenta a distribuição interna de carga geral alocada a 10 corredores de transportes<sup>6</sup>, obtida por meio desta pesquisa do governo brasileiro.

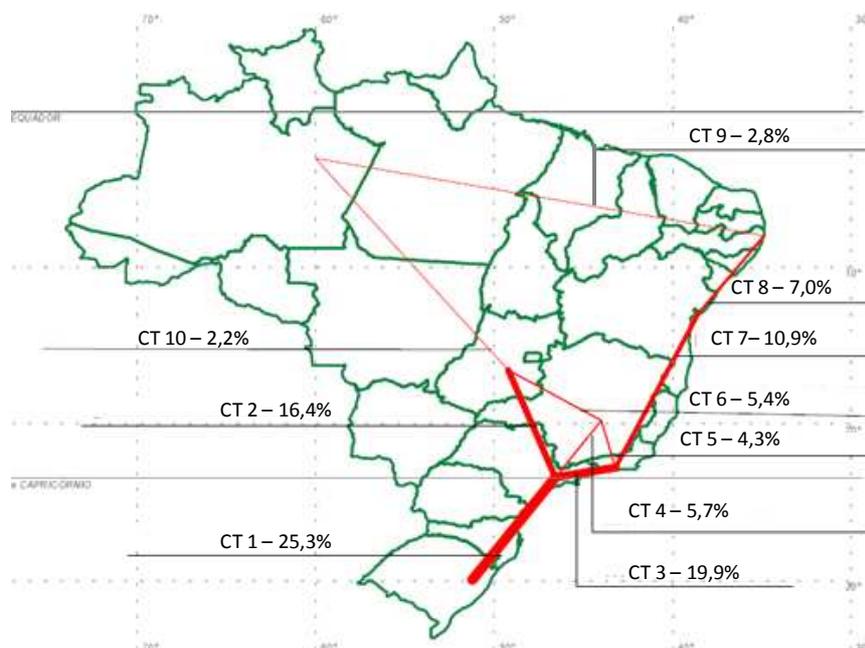


Figura 3.2 – Distribuição interna da carga geral brasileira em 2003  
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de ANTT (2004)

Nota-se que o maior volume de movimentação de carga geral ocorre no CT1, compreendido entre as regiões Sul e Sudeste, na ligação entre Porto Alegre e São Paulo, por onde passam cerca de 25,3% da carga geral brasileira. São representativos também os volumes de carga geral no CT2, entre São Paulo e Centro-Oeste, passando pela região do triângulo mineiro e no CT3, entre São Paulo e Rio de Janeiro.

O uso do modo ferroviário para o transporte de carga geral no Brasil ainda é pouco expressivo. A Tabela 3.2 mostra que pelas ferrovias transitaram 7,9% da movimentação da carga geral brasileira em 2011, o equivalente a aproximadamente 25,5 milhões de toneladas. Por outro lado, nota-se uma grande dependência do modo rodoviário, uma vez que 85% dessas cargas, aproximadamente 274,8 milhões de toneladas, foram escoadas pelas rodovias naquele ano.

<sup>6</sup> Corredor de Transporte: trechos com denso fluxo de tráfego que têm como origem/destino as principais capitais brasileiras, relevantes especialmente para o escoamento da produção industrial e agropecuária nacional, ressaltando a importância da infraestrutura de transportes.

Tabela 3.2 – Matriz de transportes da carga geral brasileira em 2011

<b>Modo</b>	<b>Qtde. (t)</b>	<b>Qtde. (%)</b>
Rodoviário	274.766.736	85,0%
Ferrovário	25.476.870	7,9%
Aquaviário	22.043.505	6,8%
Aéreo	1.100.000	0,3%
<b>Total</b>	<b>323.387.111</b>	

Fontes: Ferrovário (ANTT, 2012); Aquaviário (Estimado pelo autor a partir de SYNDARMA, 2011 e ANTAQ, 2011); Total (Estimado pelo autor a partir de ANTT, 2004); Aéreo (INFRAERO, 2012).

Nos tópicos a seguir, busca-se contextualizar o estágio atual do transporte terrestre de carga geral no Brasil, buscando verificar indícios da participação majoritária do transporte rodoviário na movimentação deste tipo de carga.

### **3.2 Transporte Rodoviário de Carga Geral no Brasil**

Conforme relatado em Geipot (2001), no período entre 1950 e 1960, três grandes fatores geraram profundas alterações na economia e foram responsáveis pelo definitivo desenvolvimento do sistema rodoviário nacional:

- a) A criação em 1954 da Petrobras, com suas fábricas de asfalto instaladas estrategicamente, contribuindo para o desenvolvimento da pavimentação no país;
- b) A implantação da indústria automobilística contribuiu para o avanço de nosso processo de industrialização; e
- c) A construção de Brasília, cuja localização gerou a necessidade de implantação de grandes eixos rodoviários integrando-a a todas as regiões do país.

Conforme apresentando na Figura 3.3, em um período de 13 anos, entre 1950 e 1963, a participação do transporte rodoviário no transporte de carga subiu de 38% para mais de 64%, enquanto na ferrovia decresceu de 29,2% para 16,8%, e o transporte marítimo de 32,4% para 18,3%.

Explica Geipot (2001) que nesta época as ferrovias, além de apresentarem um estado precário de manutenção, apresentavam a diretriz do interior ao porto, que foram concebidas como meios de escoamento para a exportação de uma economia agrária. Dessa forma, não penetravam nas novas áreas dinâmicas do Sudeste onde se concentravam a indústria e a maior parte da produção e do consumo nacional. Além disso, o desenvolvimento ferroviário exigiria projetos de longa maturação. Esses perderam para um novo sistema de transporte, cuja construção era mais rápida, poderia ser realizada em etapas e a operação delegada à iniciativa privada.

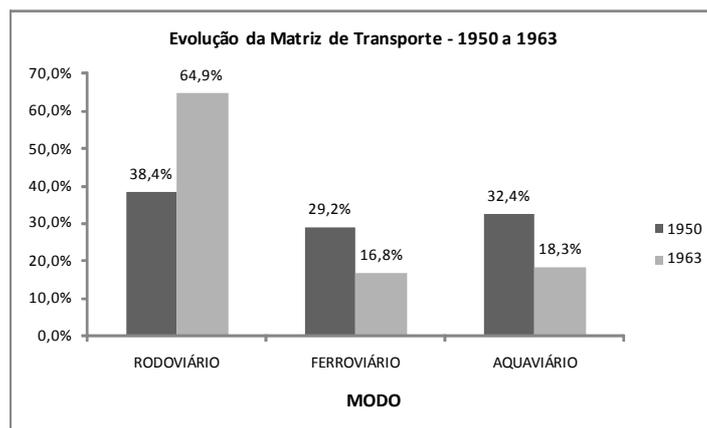


Figura 3.3 – Evolução da matriz de transporte brasileira entre 1950 e 1963  
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Geipot (2001)

Analisando o histórico recente de investimentos governamentais no setor de transporte (Figura 3.4), percebe-se a grande participação das rodovias na destinação dos recursos públicos. De acordo com a CNT (2011), em média, entre os anos de 2002 e 2010, 72,2% do total de recursos públicos investidos em infraestrutura de transporte foram destinados a projetos rodoviários, o que evidencia que a opção pelo modo rodoviário ainda é predominante, embora nos últimos anos o investimento percentual em outros modos de transporte apresente aumento.

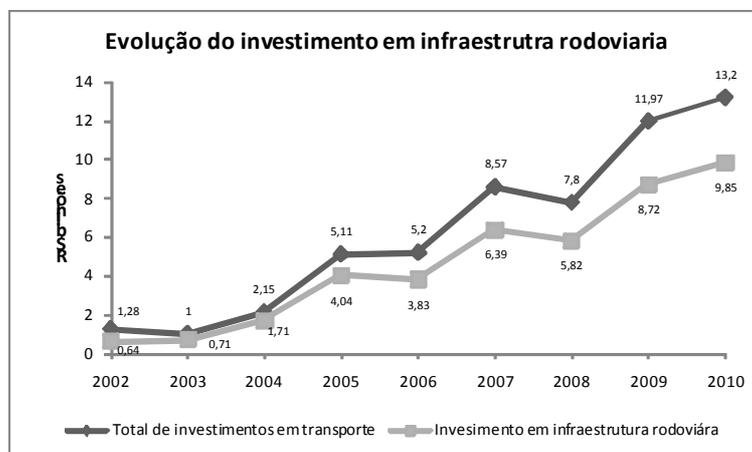


Figura 3.4 – Evolução dos investimentos governamentais em infraestrutura rodoviária  
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de CNT (2011)

A Figura 3.5 retrata o estado geral<sup>7</sup> da malha rodoviária brasileira nos principais corredores de transporte do país (CNT, 2011). Percebe-se que nos corredores de transporte das regiões Sul e do Sudeste do país, a maior parte da malha rodoviária possui um estado de conservação ótimo ou bom. Nos corredores de transporte das

<sup>7</sup> Conforme explicado em CNT (2011), os resultados do estado geral das rodovias pesquisadas é composto pela média da avaliação das características pavimento, sinalização e geometria da via.

regiões Nordeste e Centro-Oeste, o estado de conservação da malha rodoviária é em geral regular. No Norte do país, especificamente no corredor Manaus-Boa Vista, o estado de conservação da rodovia é ruim. Em quatro pequenos trechos do Estado de Goiás a conservação das rodovias é péssima. A CNT (2011) compara o estado de conservação das rodovias sob concessão com o das rodovias sob gestão pública, constatando grande disparidade decorrente da frequência com que as operações de manutenção e conservação são executadas em cada uma dessas modalidades de gestão. Os resultados mostram que, em 2011, nas rodovias cuja gestão foi concedida à iniciativa privada, 86,9% da malha apresentou estado de conservação ótimo ou bom, enquanto nas rodovias sob gestão pública esse número foi igual a 33,8% da extensão, em razão, principalmente, dos investimentos contínuos nas rodovias concedidas.



Figura 3.5 – Estado de conservação das rodovias nos corredores de transporte  
Fonte: CNT (2011)

Avaliando a evolução da oferta rodoviária, por meio da observação do indicador produção de caminhões, verifica-se tendência de crescimento desde o início da década de 60 até o final da década de 70, quando a produção cresceu de 128,2 mil caminhões no final no quinquênio 1961-1965 para 466,6 mil caminhões no quinquênio 1976-1980. A década de 1980 foi marcada pela retração na tendência de crescimento da produção de caminhões no país, coincidindo com o período de recessão econômica, que caracterizou a chamada “década perdida”.

A tendência de crescimento da produção de caminhões brasileira é retomada a partir de metade da década de 1990, período que coincide com a estabilização econômica provocada pelo Plano Real, e atinge um nível de crescimento recorde durante ao final do ano de 2010, impulsionado pelo crescimento do mercado interno brasileiro e por programas de incentivo à aquisição de caminhões como o Programa Pró-caminhoneiro e subsídios à indústria, com redução do Imposto Sobre Produtos Industrializados (IPI), de modo que entre 2006 e 2010 o país tenha alcançado a produção de 725,7 mil caminhões, como pode ser visto na Figura 3.6. De acordo com o DENATRAN (2012), a frota brasileira de veículo de carga brasileira é de atualmente 1,7 milhões de veículos que possuem idade média de 13,4 anos.

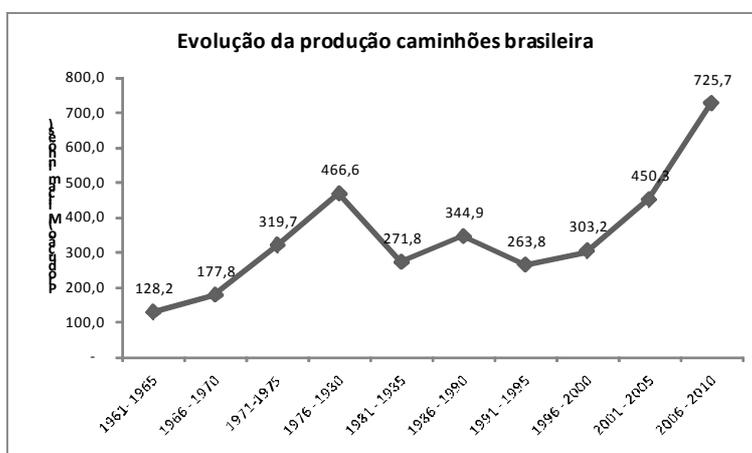


Figura 3.6 – Evolução da produção de caminhões brasileira  
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Anfavea (2011)

ILOS (2011) apresenta o panorama do mercado de transporte rodoviário de cargas brasileiro. Os resultados da pesquisa apontam para a recuperação do setor, pós-crise econômica de 2008, evidenciado pela retomada do crescimento das receitas anuais dos transportadores rodoviários (Figura 3.7).

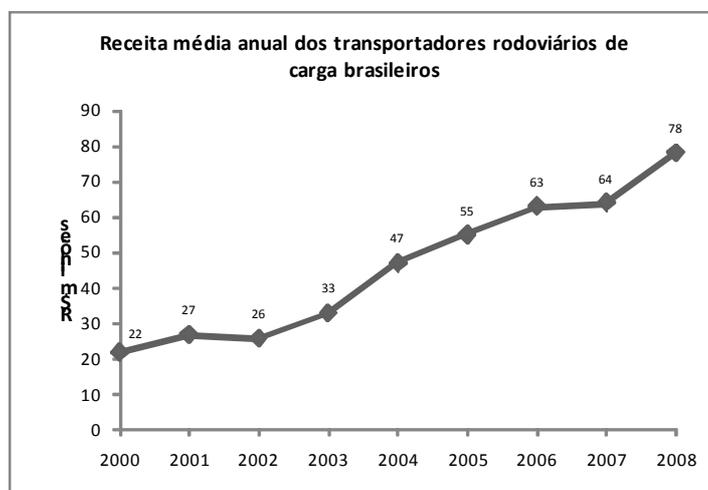


Figura 3.7– Receita média anual dos transportadores rodoviários de carga brasileiros  
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de ILOS (2011)

Quanto à oferta de transporte, ILOS (2011) constata tendência à restrição de oferta de transporte no curto prazo, com o início da exploração da oferta ociosa do setor, sendo que, mesmo com investimentos significativos do setor para aumentar a frota, pode não ser suficiente para suportar o quadro de reaquisição dos embarques, e conseqüente aumento da demanda.

Finalmente, esta pesquisa evidencia um processo de profissionalização e consolidação, com recorrentes e recentes casos de fusões e aquisições entre as empresas de transporte, aumentando o poder de barganha e escala de negociação das mesmas.

### 3.3 Transporte Ferroviário de Carga Geral no Brasil

Como relatado na seção 3.2, a partir da segunda metade do século passado o modo ferroviário foi perdendo espaço para o modo rodoviário na movimentação de carga e na prioridade de investimentos nas políticas de transporte do governo brasileiro. A privatização do setor ferroviário, iniciada em 1996, possibilitou a retomada dos investimentos ferroviários e iniciou um processo de revitalização de um setor que se encontrava sucateado. A Figura 3.8 traz o mapa da malha ferroviária brasileira.



Figura 3.8 – Mapa da malha ferroviária brasileira

Fonte: Brasil (2013)

Observa-se na Figura 3.9 que no período pós-privatização do setor ferroviário houve um incremento gradual dos volumes de carga transportados anualmente pelas ferrovias, incremento este interrompido apenas em 2009, por possível reflexo da econômica mundial daquele ano, impactando negativamente nas exportações brasileiras de minério de ferro e soja. Entre 1997 e 2011, o volume de transporte pelas ferrovias brasileiras praticamente duplicou, passando de 253,3 milhões de toneladas úteis movimentadas em 2007 para 447 milhões de toneladas úteis movimentadas em 2011, o que representa uma taxa média de crescimento na movimentação de cargas de 5% ao ano.

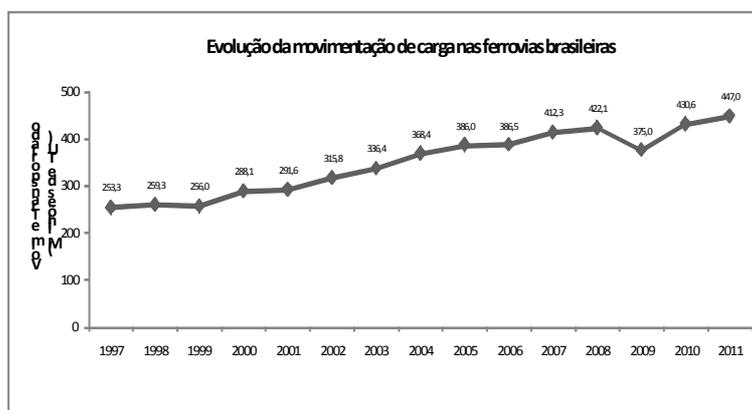


Figura 3.9 – Evolução da movimentação de carga nas ferrovias brasileiras no período pós-privatização

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de ANTF (2011) e ANTT (2012)

O volume de carga geral transportado pelas ferrovias ainda é muito reduzido. Segundo David (2009), a movimentação de minério de ferro, tem sido historicamente o principal produto movimentado pelas ferrovias brasileiras, respondendo ao longo dos anos por aproximadamente 75% da movimentação ferroviária brasileira.

Analisando a evolução da movimentação dos diferentes tipos de cargas pelas ferrovias brasileiras entre 2006 e 2011 (Figura 3.10), constata-se que as mesmas são utilizadas majoritariamente para o transporte de granéis sólidos, os quais são responsáveis historicamente por mais de 90% das movimentações ferroviárias de cargas no país. A movimentação ferroviária de carga geral, que em 2006 foi de 28,6 milhões de toneladas, ou 7,4% da movimentação ferroviária total, vem diminuindo ao longo do tempo. Em 2011, esta movimentação foi de 25,5 milhões de toneladas, ou 5,7% da movimentação ferroviária total de cargas do país.

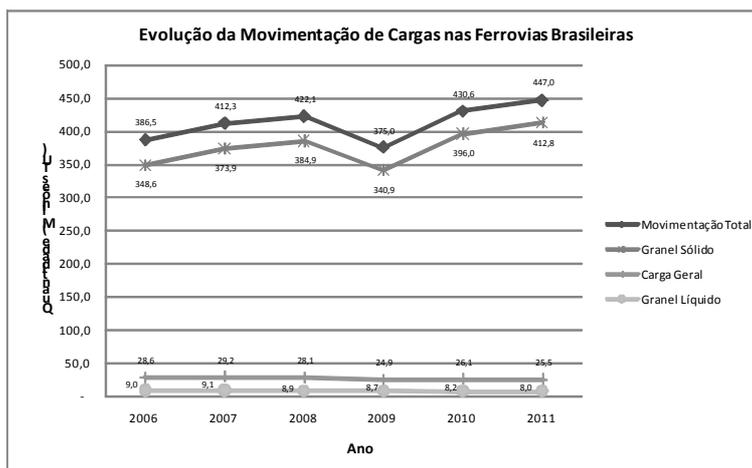


Figura 3.10 – Evolução da movimentação de cargas nas ferrovias brasileiras  
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de ANTT (2012)

De acordo com ANTT (2004), a maior parte das iniciativas de uso do modo ferroviário para a movimentação de carga geral, concentra-se na distribuição interna de produtos, efetuada nas operações de transferências entre plantas industriais, armazéns de atacadistas e centros de distribuição.

Como pode ser verificado na Figura 3.11, as cargas gerais de baixo valor agregado, como produtos siderúrgicos, insumos agrícolas, produtos da indústria extrativa vegetal e produtos da indústria cimenteira e de construção civil, responderam por mais de 85% da movimentação de carga geral brasileira em 2011. Tal cenário apresenta indícios de que as ferrovias brasileiras ainda são pouco competitivas para o transporte de cargas gerais de mais alto valor agregado, as quais possuem uma exigência de nível de serviço mais acentuada.

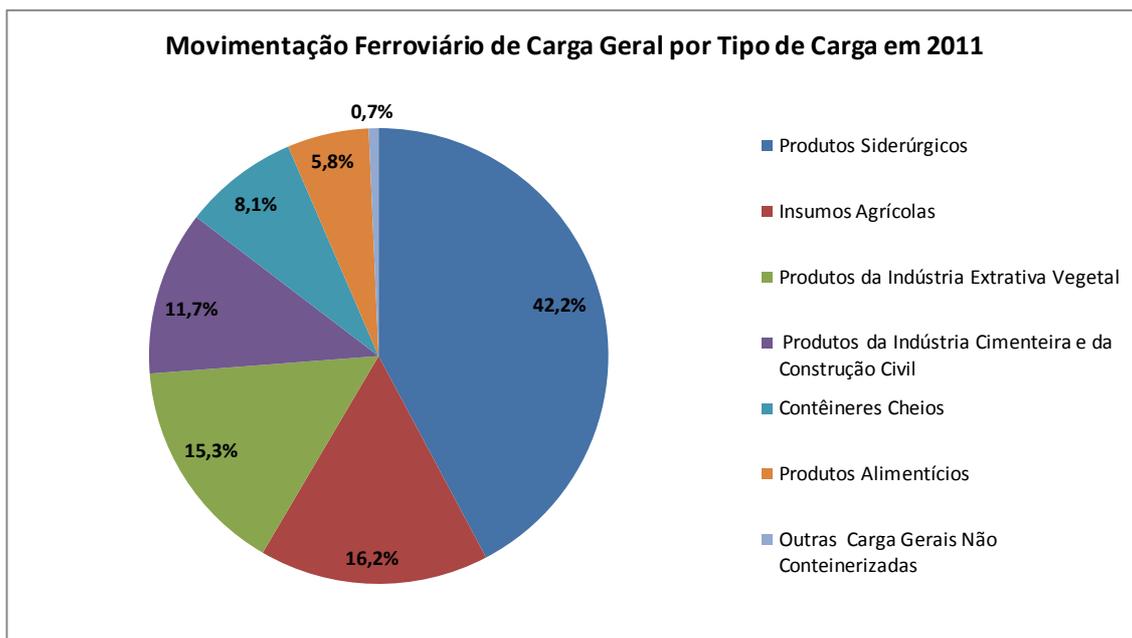


Figura 3.11 – Movimentação ferroviária de carga geral por tipo de carga em 2011  
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de ANTT (2012)

Verifica-se na Figura 3.12, que a maior parte da carga geral movimentada nas ferrovias brasileiras não é containerizada, o que sugere que a oferta deste tipo de serviço ainda é incipiente e pouco competitiva. Nota-se que historicamente a movimentação de carga geral containerizada responde, em média, por apenas 9% da movimentação total de carga geral.

Desta análise histórica, vale destacar ainda que em 2009 a movimentação de carga geral containerizada alcançou seu patamar máximo, 3,6 milhões de toneladas, o equivalente a 14% da movimentação da carga geral brasileira, possível reflexo da sobreoferta ferroviária originária da redução da exportação de *commodities* naquele ano, o que pode ter refletido em tarifas ferroviárias mais competitivas.

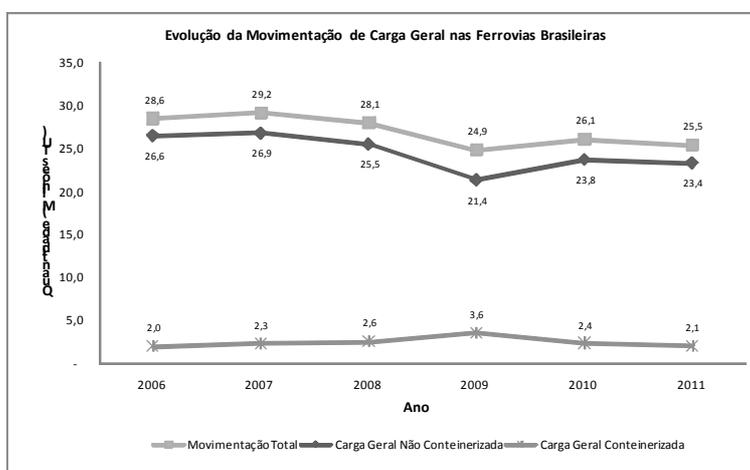


Figura 3.12 – Movimentação anual de contêineres pelas ferrovias brasileiras  
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de ANTT (2012)

Com a criação da EPL, por meio da Medida Provisória nº 576 de 16 de agosto de 2012, o governo federal planeja investir nos próximos oito anos R\$ 37 bilhões na ampliação e melhoria da malha ferroviária brasileira, ampliando-a em 10 mil quilômetros até 2020, contemplando os projetos apresentados na Figura 4.13, os quais compõem o rol de políticas públicas do Ministério dos Transportes, visando a estimular a competitividade no transporte ferroviário de cargas no país, por meio de redução de custos e aumento da oferta de transporte.



total ao longo da cadeia de suprimento de um produto ou serviço) desde que não comprometa os principais atributos de nível de serviço desta cadeia, quais sejam: tempo de entrega, variação do tempo de entrega, índice de avarias, segurança da carga e número de reclamações de clientes.

Além disso, conforme proposto por D'Este (1996), entende-se que a intermodalidade deve englobar aspectos técnicos, legais, comerciais e gerenciais para mover bens porta a porta usando-se mais de um modo de transporte.

O uso de diferentes modos de transporte é vantajoso quando se consegue combinar as suas vantagens, otimizando a operação, diminuindo o tempo de deslocamento das cargas e reduzindo os custos.

Se utilizado com critério, desde que exista a oferta dos modos de transporte, a intermodalidade pode contribuir para a redução dos custos logísticos de uma empresa, de um segmento produtivo ou até mesmo de todo o país, pois introduz na cadeia de suprimentos a possibilidade de utilizar modos de transporte economicamente mais eficientes, resultando em reduções nos custos logísticos, maior segurança dos veículos e das cargas, menos poluição e consumo de energia e potencial redução do tráfego rodoviário.

Para que o transporte intermodal atinja seus objetivos é desejável a integração física entre os modos por meio de terminais intermodais que permitem a transferência das cargas entre os modos de forma coordenada, rápida, segura e a um custo adequado. Portos e aeroportos são locais típicos onde se encontram terminais intermodais. O primeiro operando usualmente a transferência entre o modo aquaviário e o modo ferroviário, rodoviário e dutoviário e o segundo, transferindo cargas entre o modo aéreo e rodoviário.

A facilidade no intercâmbio das cargas no transporte intermodal rodoferroviário pode se feita com o uso de equipamentos específicos e dedicados a certos tipos de cargas movimentadas a granel ou por meio de equipamentos e esquemas de transporte próprios para a movimentação de carga geral (BALLOU, 2006; LAMBERT; STOCK, 1998), dentre os quais se destacam:

- a) O semirreboque rodoviário sobre vagão plataforma ferroviário (*piggy back*),
- b) O conjunto caminhão trator e semirreboque rodoviário sobre vagão plataforma;
- c) O semirreboque rodoviário acoplável a truque ferroviário (*roadrailer*); e
- d) O contêiner sobre vagão plataforma.

Em todos os itens apresentados anteriormente, procura-se agilizar ao máximo o intercâmbio das cargas, mantendo a sua integridade, no momento de executar a

transferência entre os modos. As Figuras 3.14 e 3.15 ilustram a prática do *piggy back* e do *roadrailer*.



Figura 3.14 – *Piggy Back*.  
Fonte: Images google (2012)



Figura 3.15 – *Roadrailer*  
Fonte: Images google (2012)

Projetos intermodais rodoferroviários vêm sendo implantados pelos operadores logísticos ferroviários para aumentar os fluxos de carga geral. O relato mais detalhado desses projetos encontra-se no Apêndice B. A Tabela 3.3 apresenta, a título de exemplificação, uma síntese da seleção desses projetos, destacando a empresa contratante, o tipo de carga movimentada, as origens e os destinos de carga, o tipo de carregamento e a opção intermodal utilizada com a implantação de cada um dos projetos exemplificados.

Analisando-se a Tabela 3.3, percebe-se que o uso da intermodalidade proporcionou vantagens aos embarcadores: normalmente, reduções dos custos

logísticos, do tempo de atendimento aos clientes e dos índices de avarias e roubos de carga e desvantagens relacionadas à baixa confiabilidade nos prazos de entrega.

Para a efetivação dos projetos intermodais apresentados, fez-se necessária a interação entre operadores logísticos e embarcadores em todas as etapas do projeto: elaboração, implantação, acompanhamento dos resultados e busca de melhorias.

Tabela 3.3 – Estudos de caso – projetos intermodais rodoferroviários

Embarcadores	Cargas	Origens	Destinos	Tipo de Acondicionamento	Opção Intermodal	Vantagens	Desvantagens
<b>SLC Alimentos</b>	Arroz beneficiado	Beneficiadores de São Borja (RS), Alegrete (RS) e Carnaúba (RS)	Pontos de venda de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais	Carga paletizada acondicionada em vagões ferroviários	RODO - FERRO - RODO	Redução nos custos logísticos	Confiabilidade nos prazos de entrega
<b>CSN</b>	Produtos siderúrgicos	Fábrica de Volta Redonda (RJ)	Clientes do Rio Grande do Sul	Carga fracionada acondicionada em vagões plataforma	FERRO - RODO	Redução nos custos logísticos e redução do tempo de atendimento aos clientes	Não informadas
<b>Coca-Cola</b>	Latas de refrigerante	Fábrica de Fortaleza(CE)	Centros de Distribuição de Teresina (PI), Crato (CE) e Salvador (BA)	Carga paletizada acondicionada em vagões ferroviários	RODO - FERRO - RODO	Redução dos índices de avarias e roubos	Confiabilidade nos prazos de entrega
<b>AMBEV</b>	Engrados de cerveja	Fábrica de Fortaleza(CE)	Centro de Distribuição de São Luiz (MA)	Carga paletizada acondicionada em vagões ferroviários	RODO - FERRO - RODO	Redução dos índices de avarias e roubos	Confiabilidade nos prazos de entrega
	Vasilhames vazios de cerveja	Centro de Distribuição de São Luiz (MA)	Fábrica de Fortaleza(CE)	Carga paletizada acondicionada em vagões ferroviários	RODO - FERRO - RODO	Redução dos índices de avarias e roubos	Confiabilidade nos prazos de entrega
<b>Brasil Foods</b>	Carne de frango congelada	Fábricas do Mato Grosso	Porto de Santos	Carga paletizada acondicionada em contêineres sob vagões plataforma	RODO - FERRO - RODO	Redução nos custos logísticos	Aumento dos índices de avarias de carga

Legenda: RODO: transporte rodoviário; FERRO: transporte ferroviário.

Fontes: Elaborado pelo autor a partir de ALL (2010), MRS (2010), Log-In (2010) e TN (2010)

### 3.5 O Uso do Contêiner na Intermodalidade Rodoferroviário

Embora tenha sido verificado na Figura 3.12 que o uso do contêiner ainda é pouco expressivo no transporte intermodal rodoferroviário de carga geral no Brasil, conceitualmente o contêiner é reconhecido como um equipamento que facilita a prática do transporte intermodal. O contêiner destaca-se por se tratar de uma forma de acondicionamento padronizada e que dispõe, no mundo todo, de equipamentos para sua movimentação e transporte.

As diferenças e vantagens da utilização da carga geral unitizada em contêineres com relação ao transporte de carga geral feito em sacos, caixas de madeira e outros recipientes são as de evitar ou dificultar avarias, extravios e roubos, além da economia de escala nas operações de carga e descarga, com movimentação de maiores quantidades em menores tempos e a redução da quantidade de pessoas necessária às operações, diminuindo os custos da mão de obra, minimizando os prejuízos por falhas humanas. As consequências diretas do emprego dos contêineres são, por exemplo, a facilidade de utilização do transporte intermodal e a flexibilização dos serviços de transporte marítimo.

Dois tamanhos de contêiner são bastante difundidos: o contêiner de 20 pés (8' largura x 8' altura x 20' comprimento) e o contêiner de 40 pés (8' largura x 8' altura x 40' comprimento). Considerando as possíveis variações das dimensões internas, em média, um contêiner de 20 pés possui uma capacidade volumétrica de 27,7 metros cúbicos (m<sup>3</sup>) e a capacidade de carga útil de 18 toneladas.

O contêiner, para todos os efeitos legais (Lei nº 6.288, de 1975), não constitui embalagem das mercadorias, sendo considerado sempre um equipamento ou acessório do veículo transportador. Os principais tipos de contêineres utilizados atualmente no comércio mundial são apresentados no Apêndice C.

Apesar de existir grande variedade de contêineres, isso não significa que todas as cargas sejam técnica ou economicamente viáveis de serem transportadas por este equipamento. Uma mercadoria precisa atender, pelo menos, aos seguintes requisitos básicos para ser containerizável:

- a) Ser fisicamente possível de containerizar, ou seja, ter dimensões ou pesos inferiores, ou no máximo iguais às capacidades dos contêineres;
- b) Ter um custo logístico operacional que possa justificar ou suportar economicamente o custo do aluguel ou aquisição de um contêiner.

Dentre os estudos de caso de projetos intermodais rodoferroviários pesquisados e apresentados na Tabela 3.3, apenas o Estudo de Caso 5, referente ao transporte de frango congelado da Brasil Foods, do Estado do Mato Grosso para o porto de Santos, utiliza o contêiner como equipamento de unitização de carga.

### **3.6 Considerações Finais do Capítulo**

O Capítulo 3 teve como objetivo contextualizar o estágio atual do transporte terrestre de carga geral no Brasil. As estimativas realizadas permitiram identificar os principais grupos de carga geral movimentados no Brasil, a concentração dessas cargas nos principais corredores de transporte do país e confirmaram que o transporte da carga brasileira é altamente dependente do modo rodoviário.

Analisando historicamente o desenvolvimento do transporte rodoviário e ferroviário no país, constata-se que a maior utilização do transporte rodoviário para o transporte de cargas é calcada na maior oferta de transporte, alavancada por investimentos governamentais na infraestrutura rodoviária e nas indústrias petroquímica e automobilística. Por outro lado, pode-se observar um setor ferroviário que tenta se reestruturar após sua privatização em meados da década de 1990, após décadas de redução de investimentos e má administração estatal, mas que ainda é

pouco competitivo e, conseqüentemente, pouco utilizado para o transporte de carga geral.

Entendendo que a disseminação da intermodalidade e do uso do contêiner podem levar a ganhos de competitividade a embarcadores de carga geral no Brasil, apresentaram-se ainda explicações conceituais sobre intermodalidade e contêineres, e identificaram-se alguns projetos intermodais rodoferroviários para o transporte de carga geral implantados no país, ilustrando desta forma a possibilidade prática do uso da intermodalidade.

Desta forma, uma vez contextualizado o estágio atual do transporte terrestre de carga geral, será apresentado no Capítulo 4 o Procedimento Proposto de forma detalhada para prosseguir as investigações objetos desta pesquisa.

## 4 PROCEDIMENTO PROPOSTO

A Figura 4.1 apresenta o Procedimento Proposto, cujas etapas de execução encontram-se descritas nas seções subsequentes deste capítulo, buscando auxiliar seu entendimento para posteriores aplicações. Este procedimento foi estruturado de modo que sua aplicação tornasse possível responder aos questionamentos que motivaram o estudo, alcançar os objetivos delineados para a pesquisa e examinar suas hipóteses, sem, no entanto, deixar de ser um procedimento de aplicação geral a estudos de transporte de carga.

Para se chegar a este procedimento, a Revisão Bibliográfica constituiu-se em insumo teórico e conceitual fundamental para estruturar cada uma de suas etapas, enquanto a análise setorial sobre o transporte terrestre de carga geral no Brasil forneceu os subsídios para as aplicações do procedimento e análise dos seus resultados.

Como visto na Revisão Bibliográfica, foram apresentados estudos sobre escolha modal com diferentes abordagens: modelos de divisão modal, estudos de planejamento de transporte de carga, uso de sistemas de apoio à tomada de decisão, análise de custos logísticos e outros procedimentos. Buscou-se nestes estudos e na análise setorial identificar aspectos que poderiam ser incorporados em cada uma das seis etapas do procedimento proposto, conforme apresentando na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Vínculo do procedimento proposto com os Capítulos 2 e 3

Capítulo	Abordagem	Procedimento Proposto					
		Etapa 1 - Definições Iniciais	Etapa 2 - Seleção de Atributos	Etapa 3 - Indicadores e Medidas Representativas dos Atributos	Etapa 4 - Coleta de Dados, Estimativas e Avaliação dos Atributos	Etapa 5 - Especificação e Ajuste do Modelo	Etapa 6 - Análise de Situações
2	Modelos de Divisão Modal		x	x	x	x	x
	Estudos de Planejamento de Transporte de Carga	x	x		x	x	x
	Uso de Sistemas de Apoio à Tomada de Decisão		x			x	
	Análise de Custos Logísticos	x	x	x		x	
	Outros Procedimentos	x	x	x	x	x	
3	Análise Setorial	x	x	x	x		x

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme apresentando na Tabela 4.1, a Etapa 1 – Definições Iniciais foi subsidiada por estudos de planejamento de transporte de carga, como ANTT (2004) e PNLT (2007), considerando o modelo abstrato do modo, proposto por Baumol e Vinod (1970), outros procedimentos, como Leal Jr. (2010) e Leal Jr. e D'Agosto (2011), e a análise setorial do Capítulo 3.

A Etapa 2 – Seleção de Atributos considerou os estudos da revisão bibliográfica e aspectos presentes na análise setorial.

Para a Etapa 3 – Indicadores e Medidas Representativas dos Atributos observou-se os indicadores e medidas de atributos utilizados nos modelos de divisão modal, análise de custos logísticos e nos outros procedimentos estudados, considerando a representatividade destes indicadores e medidas na análise setorial.

Na Etapa 4 – Coleta de Dados, Estimativas e Avaliação dos Atributos considerou-se as técnicas apresentadas nos modelos de divisão modal, como Bernardino e Castro (1988) e Novaes et. al (2006), no estudos de planejamento de transporte de carga, como ANTT (2004) e PNLT (2007), e em outros procedimentos como Leal Jr. e D'Agosto (2011), considerando os dados e estimativas apresentados na análise setorial.

Para a Etapa 5 - Especificação e Ajuste do Modelo foram observadas todas as técnicas de análise apresentadas na revisão bibliográfica.

Na Etapa 6 - Análise de Situações considerou-se as técnicas de análise de sensibilidade dos atributos apresentadas nos modelos de divisão modal, aplicadas às situações observadas nos estudos de planejamento de transporte de carga e na análise setorial.

Constatou-se na revisão bibliográfica, pouca homogeneidade entre os procedimentos investigados e a apresentação de poucos procedimentos estruturados. No entanto, da leitura dos trabalhos de Leal Jr. (2010) e Leal Jr. e D'Agosto (2011) identificou-se estruturação metodológica consistente das etapas necessárias à condução de uma investigação científica. Por isso, optou-se por utilizar o procedimento de Leal Jr. (2010) e Leal Jr. e D'Agosto (2011) (Procedimento Referencial), como parâmetro para estruturar o Procedimento Proposto.

O Procedimento Referencial foi estruturado em sete etapas:

1. Etapa 1 – Definições Iniciais
2. Etapa 2 - Atributos e Ponderações
3. Etapa 3 – Indicadores e Medidas
4. Etapa 4 – Padrões de Desempenho
5. Etapa 5 – Coleta de Dados
6. Etapa 6 – Enquadramento

## 7. Etapa 7 - Agregação

Comparando Procedimento Referencial com o Procedimento Proposto, verificam-se algumas similaridades e alguns aspetos divergentes.

As Etapas 1 dos dois procedimentos guardam bastante semelhança quanto às definições inerentes à carga, rede logística e tomada de decisão. Porém, no Procedimento Referencial, nesta Etapa, já se define categorias e aspectos de avaliação. Nesta aplicação a categoria foi a Ecoeficiência sob os aspectos Valor do Serviço e Influências Ambientais. Já no procedimento proposto as categorias e aspectos de avaliação são resultados da seleção de atributos, objeto da Etapa 2.

As Etapas 2 dos dois procedimentos são semelhantes quanto ao objetivo de seleção de atributos. No entanto, no Procedimento Referencial, esta etapa prevê pesquisa de campo para ratificação, escolha e ponderação dos aspectos e atributos. No Procedimento Proposto a importância relativa dos atributos é resultado da Etapa 5 – Especificação e Ajuste do Modelo.

As Etapas 3 dos dois procedimentos são semelhantes.

A Etapa 4 do Procedimento Referencial prevê o levantamento de níveis de desempenho referencias para cada medida, passo necessário para a aplicação técnica de análise multicriterial, mas desnecessária no ajuste de modelos de divisão modal. Deste modo, o Procedimento proposto não prevê essa atividade.

As Etapas 5 e 6 do Procedimento Referencial são semelhantes à Etapa 4 do Procedimentos Proposto.

A Etapa 7 do Procedimento Referencial guarda semelhanças com a Etapa 5 do Procedimento Proposto. Enquanto nesta, obtém-se um resultado parcial da aplicação do procedimento, a especificação e ajuste da(s) equação(ões) representativa(s) do modelo, naquela chega-se ao resultado final do procedimento, conjunto de alternativas hierarquizadas por desempenho.

Uma importante contribuição do Procedimento Proposto se comparado ao Procedimento Referencial é a sua Etapa 6, que prevê o cálculo da elasticidade da(s) variável(is) explicativas do modelo e simulação de situações que alteram a rede logística em análise e o valor desta(s) variável(eis), verificando o impacto desta simulações sobre a demanda, a qual não foi prevista no Procedimento Referencial.

Ambos os procedimento prevêem possibilidade de rever toda a modelagem, por meio da ligação de suas etapas finais à sua respectiva Etapa 1.

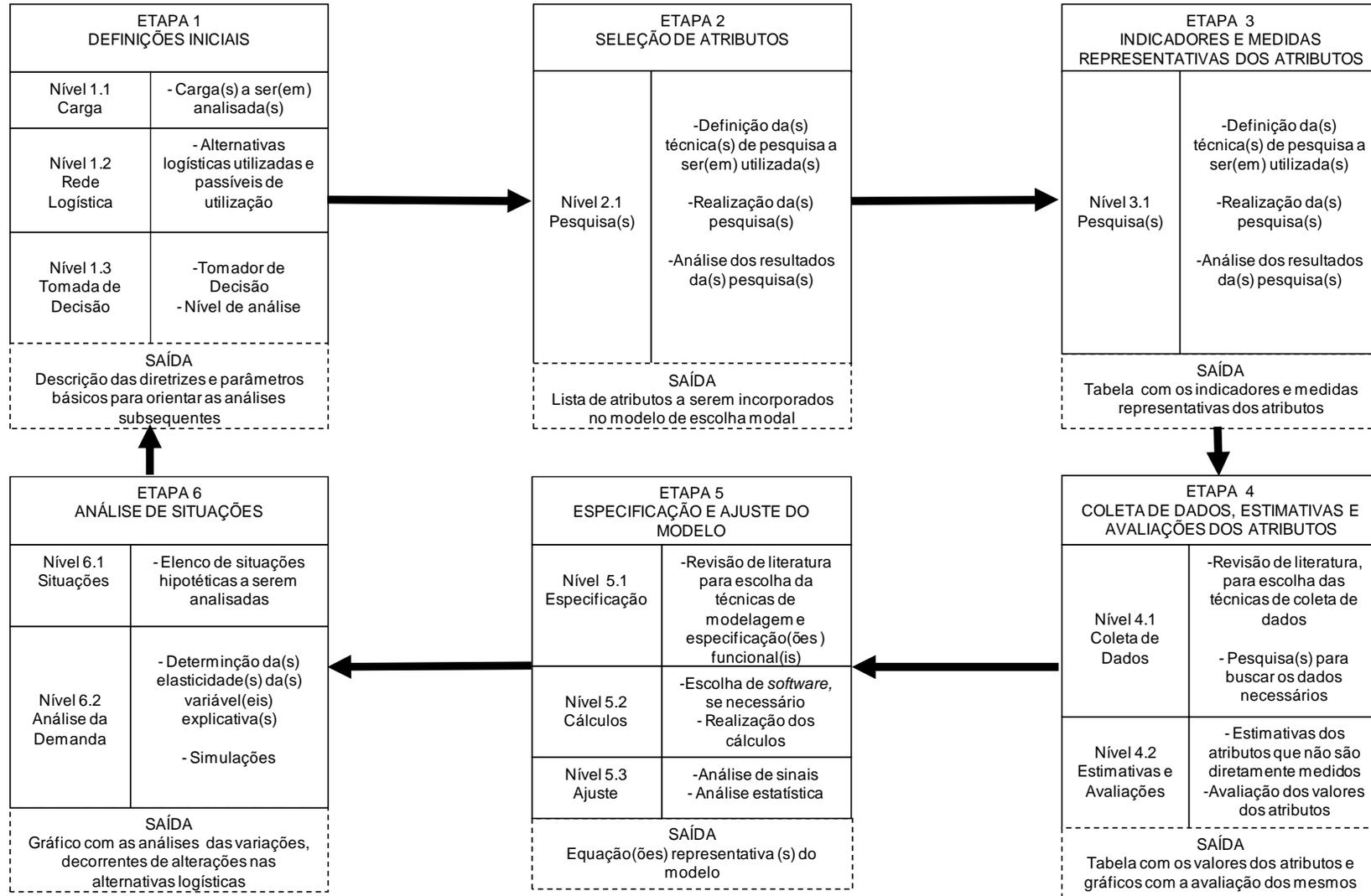


Figura 4.1 – Procedimento proposto

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Leal Jr. (2010), Leal Jr. e D’Agosto (2011) e da Revisão Bibliográfica do Capítulo 3

#### 4.1 Etapa 1 – Definições Iniciais

As definições iniciais inerentes à Etapa 1 visam a delimitar o universo da pesquisa e a amostra a ser investigada por meio do procedimento. Segundo Silva e Menezes (2001), apud Leal Jr. (2010), o universo da pesquisa (ou população) é a totalidade de indivíduos que possuem as mesmas características definidas para um determinado estudo, e a amostra parte desta população ou universo selecionado por uma regra ou plano.

O Nível 1.1 refere-se à definição do tipo de carga a ser analisado: granel sólido, granel líquido, carga geral e o nível de agregação desejada na análise desta carga. Em análises setoriais e em estudos de planejamento de transporte de carga é comum a análise da demanda agregada, sem grandes prejuízos aos resultados dos estudos, produzindo uma visão mais sistêmica do problema. Para uma análise mais aprofundada de uma determinada operação logística, análises de demanda desagregada são mais recomendáveis, uma vez que cada produto ou tipo de carga possui especificidades que os diferem entre si, dentre outros aspectos, quanto ao manuseio, acondicionamento, nível de serviço requerido por clientes e/ou embarcadores e custos de transporte.

O Nível 1.2 considera a rede logística em análise, incluindo as ligações, que representam os modos de transporte e os atributos associados a eles, e os nós, pontos de origem, destino e de transbordo das cargas, como fábricas, centros de distribuição, terminais intermodais, estações aduaneiras do interior e portos. As combinações destas ligações e nós compõem o conjunto de alternativas logísticas existentes e/ou projetadas passíveis de serem analisadas, as quais podem ser alternativas logísticas unimodais ou intermodais

O Nível 1.3 envolve as definições do tipo de tomada de decisão a ser investigada. Para isto, deve-se definir o nível de análise da tomada de decisão, estratégico, tático ou operacional e o ponto de vista do tomador de decisão (embarcador, operador logístico, transportador ou governo).

An Caris *et al.* (2008) apresentaram uma visão geral sobre as decisões de planejamento no transporte intermodal de cargas e sobre os métodos de solução de problemas propostos na literatura científica. Nesse trabalho, os autores classificam os problemas de planejamento de acordo com o tipo de tomador de decisão e nível de decisão.

Cada tipo de tomador de decisão se depara com problemas de planejamento com diferentes horizontes de tempo. Decisões no longo prazo envolvem planejamento estratégico, o mais alto nível de gerenciamento e grandes investimentos de capital ao longo do tempo e recaem sobre o projeto da infraestrutura física da rede logística. Decisões no médio prazo envolvem planejamento tático, com o objetivo de assegurar, no médio prazo, uma alocação eficiente e racional de recurso e melhorar o desempenho de todo o sistema. Decisões no curto prazo envolvem o planejamento operacional, sendo executada por

gerentes locais em um ambiente altamente dinâmico em que o fator tempo exerce uma grande importância. O gerenciamento em tempo real, que caracteriza o planejamento operacional, é marcado pela incerteza, de modo que a estocacidade passa a ser componente inerente ao sistema.

Combinando os três níveis de tomada de decisão, An Caris *et al.* (2008) classificam os problemas sobre transporte intermodal de cargas em 12 categorias, apresentadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Problemas típicos da intermodalidade x nível de análise

Tomador de Decisão	Nível de Planejamento		
	Estratégico	Tático	Operacional
Transportador da Ponta Rodoviária	Cooperação entre operadores logísticos	Alocação de embarques e desembarques em um terminal	Roteirização de veículos
	Dimensionamento de frota	Estratégias de preço	Redistribuição de semireboques e unidades de carga
Operador do Terminal Intermodal	Projeto de terminal	Capacidade de equipamentos e de mão de obra	Alocação de recursos
		Redimensionamento de rotinas operacionais e leiaute do terminal	Agendamento de tarefas
Operador da Cadeia Logística	Configuração da infraestrutura da cadeia logística	Consolidação e configuração da cadeia logística	Formação de trens
	Localização de terminais	Modelo de produção	Redistribuição de locomotivas, vagões e unidades de carga
		Estratégias de preço	
Operador Intermodal	x	x	Roteirização e reposicionamento

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de An Caris *et al.* (2008).

Como resultado desta etapa, obtém-se a descrição das diretrizes e parâmetros iniciais que nortearão o desenvolvimento da aplicação em estudo, bem como a delimitação e visualização do objeto de estudo.

Os principais aspectos a serem considerados na Etapa 1 do procedimento, e seu enquadramento no escopo desta tese são esquematicamente detalhados na Figura 4.2.

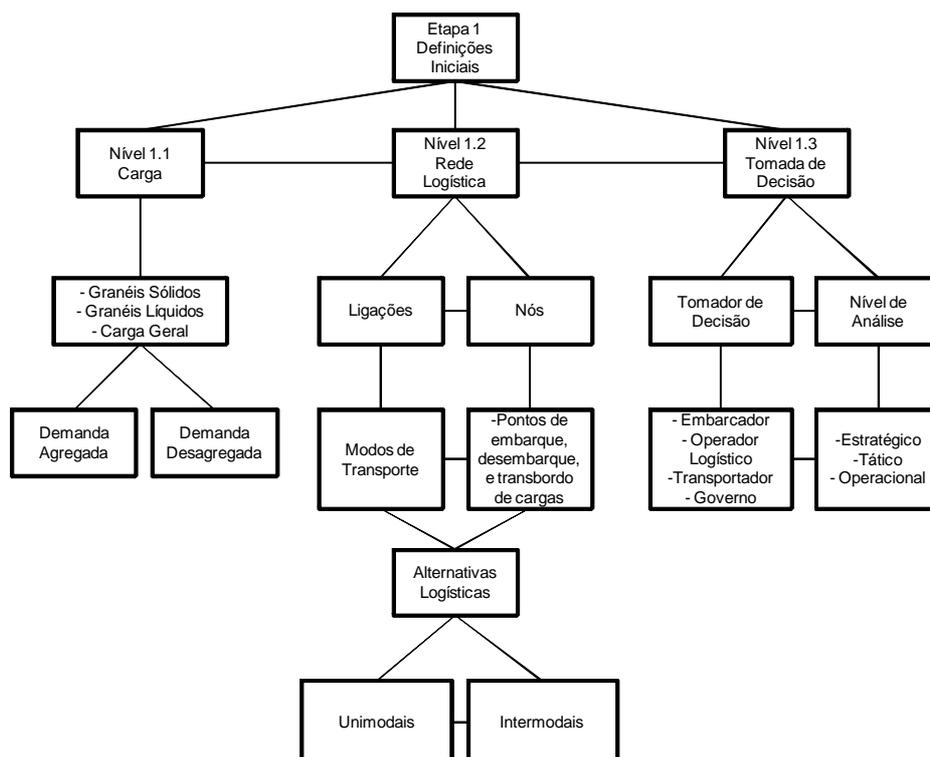


Figura 4.2 – Detalhamento esquemático da Etapa 1

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.2 Etapa 2 – Seleção dos Atributos

A Etapa 2 tem o objetivo de selecionar os atributos a serem incorporados ao modelo, os quais devem refletir os possíveis fatores determinantes da utilização das alternativas logísticas em análise, o que, como previsto no Nível 2.1, pode ser feito por meio de diferentes técnicas de pesquisas, como revisões de literatura e documentais, entrevistas com os atores envolvidos no desenvolvimento, implantação e gerenciamento de operações logísticas, sejam eles embarcadores, transportadores, operadores logísticos, planejadores de transporte, pesquisas de campo, análises estatísticas.

A Tabela 2.3, como apresentado no Capítulo 2, sintetiza os principais atributos observados na revisão de literatura e documental realizada para embasar teoricamente esta tese.

As entrevistas podem fornecer subsídio importante para delinear a seleção de atributos se bem estruturadas e conduzidas. Para a boa efetividade dessas entrevistas a seleção dos entrevistados é de suma importância. Sendo assim, o nível de escolaridade e a experiência profissional do entrevistado na área da pesquisa, são importantes aspectos a serem considerados na seleção do grupo de entrevistados. Além disso, a elaboração de questionário e/ou formulário de pesquisa consistente é fundamental ao sucesso deste tipo de pesquisa. O entrevistado pode responder diretamente quais os atributos mais relevantes

na modelagem de suas operações, pode ranquear os atributos, pode dar notas e pode responder indiretamente, por meio de pesquisas comportamentais como a pesquisa de PD.

As realizações de pesquisas de campo propiciam ao pesquisador visualizar e identificar aspectos operacionais importantes a serem incorporados à modelagem, os quais muitas vezes não são captados por meio de outras pesquisas, ratificando e/ou aprofundando desta forma o conhecimento da rede logística em análise. Para tal, se faz necessário, o acompanhamento *in loco* das alternativas logísticas em análise. Caso se deseje analisar alguma alternativa logística ainda não implantada, a pesquisa de campo a uma alternativa logística similar pode ser bastante útil.

Para a seleção dos atributos também podem ser consideradas as análises estatísticas comumente realizadas por meio da verificação da correlação entre variáveis.

A Tabela 4.3 apresenta técnicas, vantagens e desvantagens das técnicas de seleção de atributos.

Tabela 4.3 – Vantagens e desvantagens das técnicas para seleção de atributos

Critério de Seleção de Atributos	Vantagens	Desvantagens
Pesquisas Bibliográficas e Documentais	Aproveitar conhecimento já adquirido em outros estudos	Incorrer nos mesmos erros de outros estudos; não observar aspectos importantes não captados em outros estudos
Entrevistas	Aprofundar conhecimento sobre as operações em análise; Bom subsídio prático para a análise do problema	Dificuldade de acesso e de obtenção de resposta dos entrevistados
Pesquisas de Campo	Aprofundar conhecimento sobre as operações em análise; Bom subsídio prático para a análise do problema	Custos para realização da pesquisa
Análises Estatísticas	Facilidade de aplicação do método de análise; Bom subsídio teórico para análise do problema	Obtenção de dados confiáveis; Fraco subsídio prático para análise do problema

Fonte: Elaborado pelo autor

Como resultado desta etapa define-se os atributos a serem considerados na modelagem. Cabe salientar que no procedimento proposto o uso de uma técnica de seleção não impede o uso de outra. Entende-se ainda que todas as técnicas são válidas na construção do conhecimento necessário à modelagem objeto desta pesquisa.

### 4.3 Etapa 3 – Indicadores e Medidas dos Atributos

A Etapa 3 contempla a criação e definição de indicadores para os atributos pré-selecionados na Etapa 2, indicadores estes que possam ser mensuráveis originando medidas representativas para os atributos.

Leal Jr. (2010) explica a diferença entre atributos, indicadores e medidas. O autor define atributo como uma qualidade ou característica associada a um elemento e em

transportes refere a uma característica da rede, modo de transporte, tipo de operação etc. Acrescenta que os atributos constituem uma direção para a criação de indicadores que os representarão, preferencialmente, de forma quantitativa. Medidas são combinações de indicadores que representam de forma coerente, por relações lógicas e/ou matemáticas, os atributos do sistema cujo desempenho se está analisando.

O Nível 3.1 prevê a realização de pesquisas para a definição dos indicadores e medidas representativas dos atributos. Para tal, entende-se ser necessário aprofundar conhecimento sobre a problemática proposta. Desta forma, complementando pesquisas documentais e bibliográficas é recomendável, se possível, a realização de entrevistas com especialistas e conhecedores do problema em análise, além de pesquisas de campo, possibilitando assim maior embasamento na seleção dos indicadores.

A partir dos indicadores pré-selecionados são determinadas as medidas, que são obtidas pela composição matemática de dois ou mais indicadores, e devem ser de fácil análise e comparação, possibilitando análises simples, como, por exemplo, quanto maior o resultado, melhor o desempenho, ou quanto menor o resultado, melhor o desempenho. Leal Jr. (2010) sugere que o número de medidas seja de uma para cada atributo para simplificar o processo de avaliação.

Assim como, no procedimento desenvolvido por Leal Jr. e D'Agosto (2011), a saída desta etapa constituiu-se de uma tabela com os indicadores e medidas associadas a cada atributo.

#### **5.4 Etapa 4 – Coleta de Dados, Estimativas e Avaliações dos Atributos**

Na Etapa 4 realizam-se a coleta de dados e estimativas, necessárias à avaliação das medidas representativas dos atributos selecionados.

O Nível 4.1 prevê a coleta de dados. Para tal, deve-se primeiramente definir os meios de coleta de dados a serem utilizados, considerando disponibilidade de dados, recursos humanos, financeiros e logísticos disponíveis para a pesquisa, existência de estudos prévios sobre a temática.

Uma vez definidos os meios de coleta de dados, realizam-se as pesquisas necessárias à obtenção dos dados necessários ao cálculo dos atributos. Nesta etapa, muitas vezes o pesquisador pode se deparar com a inexistência e/ou indisponibilidade de dados, sendo necessária a realização de estimativas para dar continuidade à modelagem.

Uma vez coletados e/ou estimados os dados necessários à modelagem, considerando os indicadores e medidas representativas dos atributos selecionados na Etapa 3, no Nível 4.2 calculam-se e avaliam-se os valores dessas medidas, realizando-se análises parciais e os ajustes necessários à modelagem.

Há de se salientar a importância de uma coleta e estimativa de dados bastante criteriosa, uma vez que medidas e inferências incorretas nesta etapa comprometem a acuracidade de toda a modelagem.

A saída prevê a análise gráfica das variáveis medidas e de tabelas com a base de dados necessária para na Etapa 5, deve-se estimar o(s) modelo(s) de divisão modal.

#### **4.5 Etapa 5 – Especificação e Ajuste do Modelo**

A Etapa 5 do procedimento proposto prevê a especificação funcional do modelo a ser ajustado. Para tal, no Nível 5.1 deve-se definir a técnica de modelagem e a especificação funcional a ser obtida. Para esta finalidade entende-se que a revisão de literatura científica é o método de pesquisa recomendável. Há de se considerar também nesta definição, os objetivos da pesquisa e as características dos dados obtidos na Etapa 4.

Para as análises desejadas e necessárias a subsidiar esta tese de doutorado, como salientado na Seção 2.1.1, parte-se da premissa de que um ajuste de modelo de divisão modal é adequado e suficiente.

No Nível 5.2, de acordo com a técnica de modelagem escolhida, busca-se, se necessário, o *software* adequado à estimativa dos coeficientes da função utilidade que será incorporada ao modelo de divisão modal. As medidas representativas dos atributos estimados na Etapa 4 devem compor a base de dados necessária para o cálculo dos coeficientes da função utilidade do modelo de divisão modal.

No Nível 5.3, uma vez obtida a função utilidade, verificam-se os sinais dos coeficientes estimados para cada um dos atributos foram condizentes com o esperado, ou seja:

- a) Atributos diretamente proporcionais à utilidade devem possuir sinal positivo;
- b) Atributos inversamente proporcionais à utilidade deve possuir sinal negativo.

Posteriormente, ainda no Nível 5.3, realiza-se a análise estatística, avaliando o nível de significância dos atributos e a conformidade da modelagem de acordo com as hipóteses estatísticas clássicas.

Como resultado desta etapa, obtém-se uma tabela com os coeficientes das equações representativas do modelo.

#### **4.6 Etapa 6 – Análise de Situações**

Na Etapa 6 verificam-se, a partir do(s) modelo(s) ajustado(s) na Etapa 5, as variações na demanda resultantes da simulação de situações hipotéticas alterando as condições da rede logística sob análise.

Para tal, no Nível 6.1 devem-se elencar as situações hipotéticas a serem simuladas. Alguns problemas que podem ser investigados nesta etapa da pesquisa, compondo portfólio

com diferentes situações que podem alterar a demanda de uma alternativa logística para a movimentação da carga em análise são, por exemplo, os seguintes:

- a) A ampliação da rede logística sob análise, considerando a criação de novas ligações e nós;
- b) Aumento da competitividade de uma alternativa logística, seja pela redução dos custos e/ou nível de serviço relativo(s) a outra(s) alternativa(s) logística(s).

No Nível 6.2 determina(m)-se a(s) elasticidade(s) da(s) variável(eis) explicativa(s) do(s) modelo(s) e verificam-se as variações na demanda decorrentes de alterações nos valores dessas variáveis.

A determinação da elasticidade de uma variável nem sempre é obtida de maneira direta. Sua obtenção difere em função da especificação funcional do modelo ajustado, sendo obtida para alguns tipos de modelo por meio de dedução matemática.

Uma vez obtidas as elasticidades das variáveis, simulam-se alterações nas variáveis explicativas em função da implantação das situações hipotéticas elencadas, verificando o impacto sob a demanda das alternativas logísticas sob análise.

Como resultado desta etapa obtém-se tabelas com as elasticidades das variáveis explicativas e gráficos demonstrando o impacto de alterações nos valores destas variáveis sobre a demanda de determinada alternativa logística.

Uma vez finalizada a Etapa 6, o pesquisador pode vislumbrar a possibilidade de rever toda a modelagem, o que é previsto no procedimento proposto por meio da ligação entre a Etapa 6 e a Etapa 1.

#### **4.7 Considerações Finais do Capítulo**

Entende-se que o procedimento proposto é generalista e flexível o suficiente, para ser utilizado em outros trabalhos científicos e profissionais sobre planejamento, gerenciamento e operação de transporte de carga.

A estruturação deste procedimento é de suma importância ao alcance dos objetivos desta tese, uma vez que o mesmo contempla e estrutura diversas etapas a serem observadas no desenvolvimento de uma pesquisa científica.

Sendo assim, as aplicações subsequentes deste procedimento, a serem apresentadas no Capítulo 5, possibilitam testar a aplicabilidade do procedimento e aprofundar o conhecimento sob o setor de transporte terrestre de carga geral no Brasil.

## 5 ESTUDOS APLICADOS

Este capítulo apresenta as duas aplicações realizadas do procedimento estruturado no Capítulo 4, no intuito de testar a aplicabilidade do procedimento e subsidiar a verificação das hipóteses e de alcançar os objetivos delineados nesta pesquisa.

### 5.1 Estudo Aplicado 1

No Estudo Aplicado 1 verificou-se o comportamento real dos embarcadores de carga geral por meio de análise de dados de PR.

#### 5.1.1 Etapa 1 – Definições Iniciais

Na análise do universo da carga geral brasileira, buscou-se desenvolver modelagem direcionada ao planejador estratégico de transporte de carga. Partiu-se da idéia de se ajustar um modelo de divisão modal que contemplasse os principais atributos determinantes da escolha entre o modo rodoviário e o modo ferroviário no Brasil, nas operações de transferência entre fábricas, portos e centros de distribuição.

Em ANTT (2004), e conforme apresentado na Figura 3.1, identificou-se a demanda de carga geral brasileira alocada aos principais corredores de transporte do país. Subdividiu-se esta demanda em dois grupos: cargas gerais de baixo valor agregado – VA1 e cargas gerais de alto valor agregado – VA2. As cargas gerais do grupo VA1 possuem um valor médio de 25.000,00 R\$/TEU. Seus principais produtos são insumos da construção civil, produtos siderúrgicos e insumos agrícolas. As cargas gerais do grupo VA2 possuem valor médio de 75.000,00 R\$/TEU. Seus principais produtos são alimentos processados, bebidas, eletroeletrônicos, eletrodomésticos e produtos automotivos.

Para as análises subsequentes, conforme ilustrado na Figura 5.1, selecionaram-se os três corredores de transporte com maior fluxo de carga geral, o CT1 – São Paulo – Porto Alegre – São Paulo; o CT2 – Santos – Brasília – Santos, e o CT3 – São Paulo – Rio de Janeiro – São Paulo, pelos quais transitaram cerca de 61,6% da movimentação de carga geral brasileira em 2011.

O CT1, que possui uma extensão média de 1.100 quilômetros, interligando duas regiões brasileiras altamente industrializadas, as regiões Sul e Sudeste. Por este corredor de transporte transitaram 81,8 milhões de toneladas de carga geral em 2011, cerca de 25,3% da movimentação deste tipo de carga naquele ano.

O CT2, que possui uma extensão média de 700 quilômetros, é um importante corredor de exportação e importação brasileiro, interligando o Estado de São Paulo e as regiões do Triângulo Mineiro e Centro-Oeste ao porto de Santos. Além disso, é a principal rota para o suprimento e distribuição do setor atacadista brasileiro, concentrado na região do

Triângulo Mineiro. Por este corredor de transporte transitaram 53 milhões de toneladas de carga geral em 2011, cerca de 16,3% da movimentação deste tipo de carga naquele ano.



Legenda: CT1 – Corredor de transporte 1; CT2 – Corredor de transporte 2; CT3 – Corredor de transporte 3

Figura 5.1 – Corredores de transporte selecionados

Fonte: Elaborado pelo autor

O CT3, que possui uma extensão média de 430 quilômetros, interliga as duas maiores regiões metropolitanas brasileiras, a de São Paulo e a do Rio de Janeiro. Além disso, é uma importante rota de passagem para as cargas que se destinam aos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, e às regiões Nordeste e Sul. Por este corredor de transporte transitaram 64,4 milhões de toneladas de carga geral em 2011, cerca de 19,9% da movimentação deste tipo de carga naquele ano.

A movimentação ferroviária de carga geral nos três corredores de transporte selecionados foi de 9,9 milhões de toneladas em 2011, aproximadamente 39,2% da movimentação ferroviária total de carga geral brasileira naquele ano, subdividida da seguinte forma: 3,2 milhões de toneladas no CT1, 3,9 milhões de toneladas no CT2, e 2,9 milhões de toneladas no CT3. Esta movimentação foi composta majoritariamente por cargas gerais de baixo valor agregado (7,7 milhões de toneladas) e cargas gerais não containerizadas (8,8 milhões de toneladas).

### 5.1.2 Etapa 2 – Seleção de Atributos

A seleção dos atributos foi feita a partir da revisão bibliográfica apresentada na Tabela 5.3, a qual mostrou uma grande incidência de atributos relacionados a custo (49 observações) e nível de serviço (37 observações). Sendo assim, a partir desta revisão bibliográfica e do conhecimento prévio do problema em análise apresentado no Capítulo 3, optou-se por escolher um atributo de custo, o custo logístico, e um de nível de serviço, a oferta de transporte, como variáveis explicativas do modelo.

### 5.1.3 Etapa 3 – Indicadores e Medidas Representativas dos Atributos

Na Etapa 3, os indicadores e as medidas utilizados para determinar historicamente o custo logístico e a oferta de transporte rodoviário e ferroviário nos corredores de transporte selecionados são apresentados na Tabela 5.1 e 5.2.

Considerou-se que a medida de custo logístico de uma alternativa é composta pela soma dos custos de transporte, estoque, movimentação e armazenagem entre uma origem e um destino, assim como proposto por Baumol e Vinod (1970), conforme apresentado na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Indicadores e medidas para determinar o custo logístico de uma alternativa

Indicadores e Medidas para Determinar o Custo Logístico de uma Alternativa					
Indicadores	A. Frete (R\$/tkm)	Componentes do Custo Logístico	K. Custo de Transporte (R\$/TEU) $CT_{in} = (A * B * C) + D + (E * F)$	Medida do Custo Logístico	N. Custo Logístico (R\$/TEU) $CL_{in} = K + L + M$
	B. Distância (km)				
	C. Quantidade embarcada em contêiner de 20 pés (t)				
	D. Pedágio (R\$/TEU)		L. Custo de Estoque (R\$/TEU) $CE_{in} = (F * G * H) / 360$		
	E. Alíquota de Seguro de Carga (%)				
	F. Valor Agregado (R\$/TEU)				
	G. Tempo (dias)				
	H. Taxa Selic (% ano)		M. Custo de Movimentação e Armazenagem (R\$/TEU) $CMA_{in} = I * J$		
	I. Custo do Transbordo (R\$/TEU)				
	J. Quantidade de Transbordos				

Fonte: Elaborado pelo autor

Para medir a oferta de transporte rodoviário, considerou-se a frota rodoviária de rodoviária de reboques e semi-reboques alocada ao corredor de transporte, enquanto para medir a oferta ferroviária considerou-se frota ferroviária de vagões fechados e vagões plataforma alocados ao corredor de transporte.

Para alocar as frotas rodoviária e ferroviária destinadas ao transporte de carga geral em um determinado corredor de transporte, adotou-se o critério de que esta frota é

proporcional à quantidade de carga geral movimentada pelo modo de transporte no corredor de transporte em análise.

Com relação ao modo ferroviário, considerando que a frota dedicada ao transporte de carga geral opera dentro dos domínios geográficos de suas respectivas concessionárias ferroviárias, que as operações de direito de passagem e tráfego mútuo ainda são pouco expressivas no país e que as operações ferroviárias dimensionadas para o transporte de carga geral, usualmente consideram uma frota dedicada a tais operações, entende-se que o critério adotado se mostra bastante razoável.

Com relação ao modo rodoviário, considerando que a frota rodoviária é muito mais flexível do que a frota ferroviária, de modo que, um veículo rodoviário trafega sem restrições por toda a malha rodoviária brasileira, com os dados disponíveis, sem a aproximação proposta com o critério adotado, não seria possível alocar frota de transporte rodoviária responsável pelo transporte de carga geral em um corredor de transporte. No entanto, a adoção critério de alocação de carga utilizado, como apresentando na Tabela 6.4, conseguiu retratar situação factível, de que a oferta de transporte rodoviário nos corredores de transportes analisados é muito mais expressiva do que a oferta de transporte ferroviário.

A Tabela 5.2, traz os indicadores e medidas utilizados para medir a oferta de transporte em um corredor de transporte.

Tabela 5.2 – Indicadores e medidas para determinar a oferta de transporte em um corredor de transporte

Indicadores e Medidas para Determinar a Oferta de Transporte em um Corredor de Transporte			
Indicadores	A. Frota brasileira de semi-reboques e reboques rodoviários	Medidas da Oferta de Transporte	E. Oferta de Transporte Rodoviário $OTr = A * B$ (Número de reboques e semi-reboques rodoviários)
	B. Quantidade de carga geral transportada via modo rodoviário alocada ao corredor de transporte (%)		F. Oferta de Transporte Ferroviário $OTf = C * D$ (Número de vagões fechados e vagões plataformas)
	C. Frota de vagões fechados e vagões plataformas em operação no corredor de transporte		
	D. Quantidade de carga geral transportada via modo ferroviário alocada ao corredor de transporte (%)		

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 5.1.4 Etapa 4 – Coleta de Dados, Estimativas e Avaliações dos Atributos

Optou-se por coletar dados de PR, retratando, dessa forma, as operações logísticas já efetuadas para o escoamento de carga geral. A Tabela 5.3 apresenta as fontes utilizadas na coleta de dados. A partir desta coleta de dados, pôde-se estimar e avaliar os indicadores dos atributos selecionados, formando desta forma a base de dados necessária ao ajuste dos modelos de divisão modal, apresentada na Tabela 5.4 que foi composta por séries históricas semestrais de alternativas logísticas rodoviárias e ferroviárias, de MS, do custo logístico e da oferta de transporte.

Tabela 5.3 - Fontes utilizadas na coleta de dados

<b>Indicador</b>	<b>Fonte</b>
Frete (R\$/tkm)	Fretes rodoviários (Sifreca, 2012); Fretes ferroviários (ANTT, 2012)
Distância (km)	Distâncias rodoviárias (Guia 4 Rodas, 2012); Distâncias ferroviárias (ANTT, 2012)
Quantidade embarcada em contêiner de 20 pés (t)	ANTT (2004)
Pedágio (R\$/TEU)	ABCR (2012)
Alíquota de Seguro de Carga (%)	Apisul (2011)
Valor Agregado (R\$/TEU)	ANTT (2004)
Tempo (dias)	Tempos rodoviários (Guia 4 Rodas, 2012); Tempos ferroviários (ANTT, 2012)
Taxa Selic (% ano)	IPEA (2012)
Custo de Transbordo (R\$/TEU)	MRS (2011)
Quantidade de Transbordos	ANTT (2012)
Frota brasileira de semi-reboques e reboques rodoviários	DENATRAN (2012)
Quantidade de carga geral transportada via modo rodoviário alocada ao corredor de transporte (%)	ANTT (2004)
Frota de vagões fechados e vagões plataformas em operação no corredor de transporte	ANTT (2012)
Quantidade de carga geral transportada via modo ferroviário alocada ao corredor de transporte (%)	ANTT (2012)

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 5.4 – Base de dados para o ajuste dos modelos de divisão modal

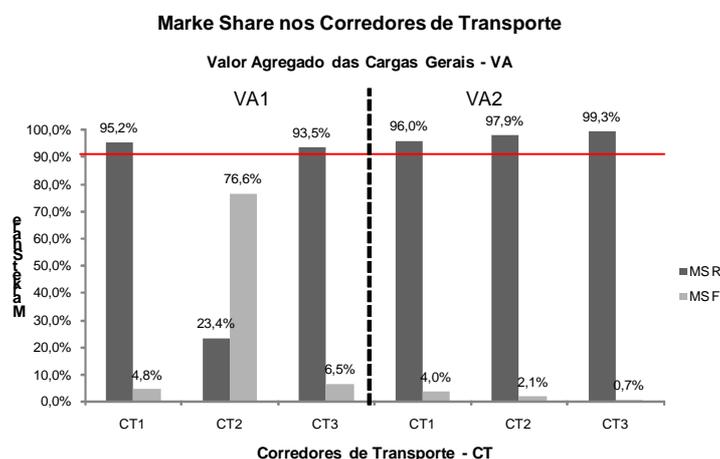
Semestre	CT 1 - VA 1						CT 1 - VA 2					
	MS R (%)	MS F (%)	CL R (R\$/TEU)	CL F (R\$/TEU)	OT R (Nº Implementos)	OT F (Nº Implementos)	MS R (%)	MS F (%)	CL R (R\$/TEU)	CL F (R\$/TEU)	OT R (Nº Implementos)	OT F (Nº Implementos)
2006 01	95,3%	4,7%	1.405	973	123.511	992	96,1%	3,9%	1.472	1.507	118.194	788
2006 02	91,9%	8,1%	1.417	981	128.700	1.302	96,9%	3,1%	1.478	1.505	123.159	478
2007 01	95,0%	5,0%	1.445	993	134.106	1.198	97,5%	2,5%	1.502	1.498	128.332	582
2007 02	94,9%	5,1%	1.461	1.005	139.740	985	95,7%	4,3%	1.514	1.506	133.724	796
2008 01	95,2%	4,8%	1.538	1.062	145.610	999	95,8%	4,2%	1.592	1.575	139.341	825
2008 02	95,1%	4,9%	1.631	1.134	151.727	1.055	96,3%	3,7%	1.691	1.669	145.195	769
2009 01	96,4%	3,6%	1.653	1.149	158.101	876	95,6%	4,4%	1.706	1.672	151.294	1.005
2009 02	95,5%	4,5%	1.636	1.133	164.742	1.015	95,7%	4,3%	1.683	1.643	157.650	934
2010 01	96,1%	3,9%	1.631	1.135	171.663	1.042	95,9%	4,1%	1.679	1.656	164.272	1.058
2010 02	95,3%	4,7%	1.708	1.191	178.874	1.130	95,3%	4,7%	1.760	1.724	171.173	1.065
2011 01	96,2%	3,8%	1.790	1.250	186.388	994	95,0%	5,0%	1.845	1.793	178.364	1.264
2011 02	95,6%	4,4%	1.836	1.284	194.218	1.255	96,6%	3,4%	1.891	1.832	185.856	917
Semestre	CT 2 - VA 1						CT 2 - VA 2					
	MS R (%)	MS F (%)	CL R (R\$/TEU)	CL F (R\$/TEU)	OT R (Nº Implementos)	OT F (Nº Implementos)	MS R (%)	MS F (%)	CL R (R\$/TEU)	CL F (R\$/TEU)	OT R (Nº Implementos)	OT F (Nº Implementos)
2006 01	13,2%	86,8%	950	673	13.213	1.084	97,6%	2,4%	1.100	1.357	149.913	342
2006 02	14,6%	85,4%	957	675	13.768	1.180	97,5%	2,5%	1.107	1.364	156.210	399
2007 01	13,1%	86,9%	975	688	14.347	1.204	97,8%	2,2%	1.125	1.386	162.772	347
2007 02	10,2%	89,8%	985	694	14.949	1.201	97,3%	2,7%	1.135	1.398	169.610	402
2008 01	22,6%	77,4%	1.038	735	15.577	1.162	97,6%	2,4%	1.188	1.464	176.735	404
2008 02	27,2%	72,8%	1.103	788	16.232	995	97,7%	2,3%	1.253	1.547	184.160	350
2009 01	37,8%	62,2%	1.117	795	16.914	1.014	98,3%	1,7%	1.267	1.563	191.896	314
2009 02	35,8%	64,2%	1.103	782	17.624	974	97,9%	2,1%	1.253	1.545	199.957	363
2010 01	35,5%	64,5%	1.100	781	18.364	1.031	98,4%	1,6%	1.250	1.542	208.357	297
2010 02	20,7%	79,3%	1.154	824	19.136	1.057	97,9%	2,1%	1.304	1.609	217.110	312
2011 01	28,5%	71,5%	1.211	869	19.940	1.057	98,3%	1,7%	1.361	1.681	226.230	289
2011 02	21,2%	78,8%	1.243	893	20.777	1.157	99,0%	1,0%	1.393	1.720	235.734	161
Semestre	CT 3 - VA 1						CT 3 - VA 2					
	MS R (%)	MS F (%)	CL R (R\$/TEU)	CL F (R\$/TEU)	OT R (Nº Implementos)	OT F (Nº Implementos)	MS R (%)	MS F (%)	CL R (R\$/TEU)	CL F (R\$/TEU)	OT R (Nº Implementos)	OT F (Nº Implementos)
2006 01	93,8%	6,2%	676	343	148.455	1.573	99,2%	0,8%	724	865	49.485	69
2006 02	90,9%	9,1%	682	344	154.691	1.567	99,3%	0,7%	726	864	51.564	41
2007 01	91,9%	8,1%	694	350	161.189	1.556	99,2%	0,8%	737	872	53.730	49
2007 02	92,4%	7,6%	702	353	167.960	1.533	99,0%	1,0%	742	875	55.987	66
2008 01	93,0%	7,0%	738	374	175.016	1.531	99,1%	0,9%	779	908	58.339	65
2008 02	94,4%	5,6%	783	401	182.368	1.494	98,9%	1,1%	827	952	60.789	98
2009 01	95,2%	4,8%	793	404	190.029	1.520	99,3%	0,7%	833	954	63.343	70
2009 02	92,9%	7,1%	785	397	198.012	1.526	99,1%	0,9%	822	941	66.004	63
2010 01	94,0%	6,0%	782	396	206.330	1.551	99,6%	0,4%	820	941	68.777	39
2010 02	94,5%	5,5%	819	418	214.998	1.540	99,5%	0,5%	859	977	71.666	50
2011 01	94,0%	6,0%	858	441	224.030	1.565	99,7%	0,3%	900	1.013	74.677	26
2011 02	94,4%	5,6%	880	453	233.441	1.567	99,7%	0,3%	921	1.032	77.814	26

Legenda: CT1 – Corredor de transporte 1; CT2 – Corredor de transporte 2; CT3 – Corredor de transporte 3; MSR – *Market share* rodoviário; MSF – *Market share* ferroviário; CLR – Custo logístico rodoviário; CLF – Custo logístico ferroviário; OTR – Oferta de transporte rodoviário; OTF – Oferta de transporte ferroviário.

Fontes: MSR e MSF (Estimados a partir de SAFF-ANTT (2004) e SAFF-ANTT (2012)); CLR, CLF, OTR e OTF (Estimado a partir do levantamento dos indicadores em suas respectivas fontes apresentadas na Tabela 6.3).

Conforme apresentado na Tabela 5.4, para todos os corredores de transporte e grupos de carga geral analisados constatou-se pouca variabilidade ao longo do tempo dos valores observados para as variáveis MS, custo logístico e capacidade ofertada.

Analisando a média dos MS das operações rodoviárias e ferroviárias para os grupos de carga geral, no período de observação, como apresentado na Figura 5.2, verificou-se que, com exceção do transporte de cargas gerais de baixo valor agregado nos CT2, os demais corredores de transporte possuem um MS rodoviário acima de 90%, atestando a maior propensão ao uso do modo rodoviário para o transporte de carga geral no país. O MS ferroviário médio de 76,6% no CT2 para o transporte de carga geral do grupo VA1, demonstra quantidade significativa de insumos agrícolas e materiais de construção civil sendo transportados via modo ferroviário neste corredor de transporte.



Legenda: MSR – *Market share* rodoviário; MSF – *Market share* ferroviário; VA1 – Cargas gerais de valor agregado do grupo 1; VA2 – Cargas de valor agregado do grupo 2; CT1 – Corredor de transporte 1; CT2 – Corredor de transporte 2; CT3 – Corredor de transporte 3

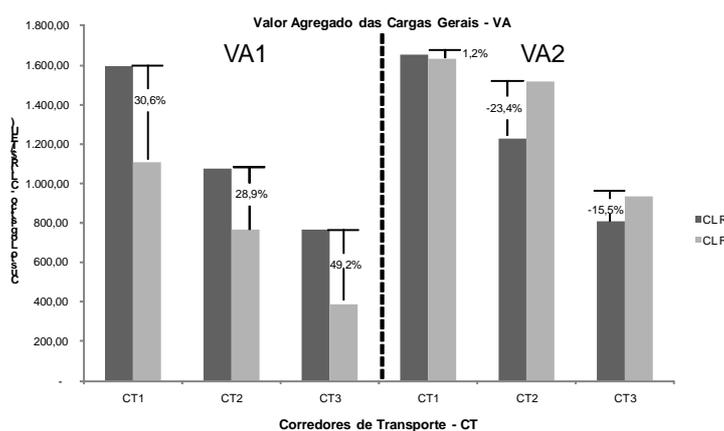
Figura 5.2 – *Market share* nos corredores de transporte

Fonte: Elaborado pelo autor

Da análise da média dos custos logísticos das operações rodoviárias e ferroviárias para os grupos de carga geral no período de observação (Figura 5.3), constatou-se que nos três corredores de transporte analisados, os custos logísticos ferroviários são competitivos para o transporte de cargas gerais de baixo valor agregado (VA1). Tal constatação retrata o fato de que algumas operações ferroviárias brasileiras foram projetadas para o atendimento porta a porta a este grupo de cargas, possuindo ramais ferroviários ligando fábricas e centros de armazenagem, não incorrendo desta forma em custos adicionais de transbordo e de ponta rodoviária.

Para o grupo de cargas gerais de alto valor agregado (VA2), nota-se uma pequena vantagem competitiva das ferrovias em termos de custo logístico, apenas no

CT1, onde o custo logístico médio das operações intermodais rodoferroviárias são 1,2% menores que o das operações unimodais rodoviárias. Tal vantagem reflete a competitividade do frete ferroviário a distância média acima de 600 km, como é o caso deste corredor de transporte. Por outro lado, para o transporte dessas cargas nos CT2 e CT3, a intermodalidade rodoferroviária ainda é pouco competitiva. Tal constatação retrata um cenário de tarifas ferroviárias ainda pouco competitivas para o transporte de carga geral como relação aos fretes rodoviários e de custos adicionais de transbordo e de ponta rodoviária em que incorrem as operações ferroviárias.



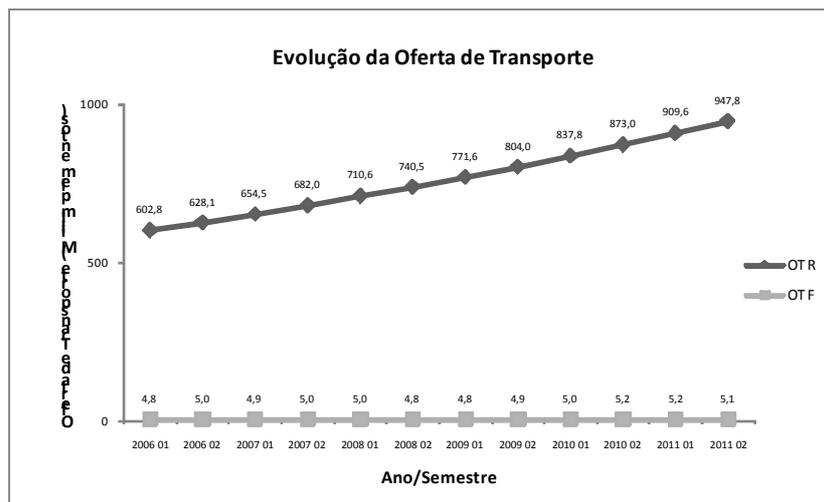
V

Legenda: CLR – Custo logístico rodoviário; CLF – Custo logístico ferroviário; VA1 – Cargas gerais de valor agregado do grupo 1; VA2 – Cargas de valor agregado do grupo 2; CT1 – Corredor de transporte 1; CT2 – Corredor de transporte 2; CT3 – Corredor de transporte 3

Figura 5.3 – Comparação de custos logísticos

Fonte: Elaborado pelo autor

Da análise da oferta de transporte (Figura 5.4), constatou-se que a oferta de transporte rodoviário de carga geral no Brasil vem crescendo sistematicamente ao longo do tempo, sendo historicamente muito mais significativa que a oferta de transporte ferroviário deste tipo de carga, a qual vem mantendo-se praticamente constante. Como consequência, o *gap* entre a oferta rodoviária, que era de aproximadamente 598 mil implementos no primeiro semestre de 2006, vem crescendo gradualmente com o passar do tempo, tendo chegado a 942,7 mil implementos em 2011, um incremento de 53,6% neste período. Tais constatações evidenciam que há *gap* entre a oferta rodoviária e a oferta ferroviária, o que justifica a maior preponderância do transporte rodoviário para o transporte de carga geral no Brasil.



Legenda: OTR – Oferta de transporte rodoviário; OTF – Oferta de transporte ferroviário.

Figura 5.4 – Evolução das ofertas de transporte rodoviário e ferroviário nos corredores de transporte analisados.

Fonte: Elaborado pelo autor

### 5.1.5 Etapa 5 – Especificação e Ajuste do Modelo

Para ajustar os modelos de divisão modal de cada um dos corredores de transporte selecionados e grupos de carga geral, assim como realizado por Basuroy e Nguyen (1998), Nevo (2000) e Train (2003), optou-se por utilizar o Modelo de *Market Share* (MMS).

Conforme demonstrado por Nevo (2000) e apresentando nas Equações 2.2 e 2.3, essa técnica de modelagem é desenvolvida a partir de uma adaptação dos modelos do tipo logit, que consiste em considerar a premissa de que probabilidade de escolha de uma alternativa de transporte é igual ao MS desta alternativa.

Adequando a Equação 2.3 à modelagem desenvolvida para a análise da movimentação terrestre de carga geral brasileira, conforme proposto no estudo aplicado, obtém-se a Equação 5.1:

$$\ln \left( \frac{M_{k n}^{R l}}{M_{k n}^{F l}} \right) = \beta_0 + \beta_1 (C_{k n}^{R l} - C_{k n}^{F l}) + \beta_2 (O_{k n}^{R l} - O_{k n}^{F l}) \quad (5.1)$$

Onde:

$\frac{M_{k n}^{R l}}$  – *Market share* da alternativa rodoviário, no corredor de transporte 'k', para o transporte da carga geral de valor agregado 'l', no semestre 'n';

$\frac{M_{k n}^{F l}}$  – *Market share* do modo ferroviário, no corredor de transporte 'k', para o transporte da carga geral de valor agregado 'l', no semestre 'n';

$C_{k n}^{R l}$  – Custo logístico do modo rodoviário, no corredor de transporte 'k', para o transporte da carga geral de valor agregado 'l', no semestre 'n', em R\$/TEU;

$C_{k n}^{F l}$  – Custo logístico da alternativa ferroviário, no corredor de transporte ‘k’, para o transporte da carga geral de valor agregado ‘l’, no semestre ‘n’, em R\$/TEU;

$O_{k n}^{R l}$  – Oferta de transporte da alternativa rodoviária, no corredor de transporte ‘k’, para o transporte da carga geral de valor agregado ‘l’, no semestre ‘n’, em nº de implementos;

$O_{k n}^{F l}$  – Oferta de transporte alternativa ferroviária, no corredor de transporte ‘k’, para o transporte da carga geral de valor agregado ‘l’, no semestre ‘n’, em Nº de implementos;

$\beta_1, \beta_2$  – Coeficientes;

$\beta_0$  – Constante.

Para o ajuste do MMS adotou-se o *software* GRETL®, por se tratar de *software* dotado das funcionalidades necessárias às análises econométricas do estudo, utilizando para cada corredor de transporte e grupo de carga geral as séries históricas apresentadas na Tabela 5.4.

A Tabela 5.5 apresenta os resultados parciais dos seis modelos ajustados, considerando três corredores de transporte e dois grupos de carga. Nota-se na Tabela 5.3 que todos os seis modelos apresentaram um R-quadrado ajustado acima de 0,60, o que demonstra um razoável poder explicativo e representativo destes modelos.

No entanto, da análise dos coeficientes da variável custo logístico ( $\beta_1$ ), verificou-se que estes obtiveram nível de significância maior que 90%, apenas nos Modelos III e VI. Além disso, nos Modelos III e IV, esses coeficientes apresentaram sinal positivo, o que não condiz com a lógica esperada que a variável custo logístico fosse inversamente proporcional à variável MS.

Tal fato pode ter sido reflexo do fato da demanda de carga geral ter sido avaliada de forma agregada, segmentada apenas em dois grupos de carga geral, uma vez que não foi objeto deste estudo a análise detalhada das operações logísticas de um determinado produto e/ou embarcador de carga geral. Deste modo não foram verificados, na análise dos dados efetuada na Etapa 4, pontos em que se observa migração da carga geral do modo rodoviário para o modo ferroviário, em função de reduções nos custos logísticos ferroviários, o que motivou a análise de demanda desagregada proposta no Estudo Aplicado 2.

Como o procedimento proposto prevê que suas etapas possam ser revistas caso se observem inconsistências, procedeu-se novo ajuste dos modelos de demanda agregada, considerando como variável explicativa apenas a variável oferta de transporte.

Tabela 5.5 – Resultados estatísticos parciais dos modelos ajustados

Modelos	Corredor de Transporte	Coeficientes			R-quadrado ajustado
		$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	
Modelo I	CT 1 - VA1	-72,23 (-4,12)	7,00 (0,62)	74,13 (4,78)	0,72
Modelo II	CT 1 - VA2	-78,40 (-4,29)	-2,20 (-1,08)	82,58 (4,47)	0,69
Modelo III	CT2 - VA1	-41,52 (-2,53)	53,08 (1,42)	28,46 (3,89)	0,66
Modelo IV	CT2 - VA2	-242,43 (-5,90)	21,07 (0,34)	252,163 (0,74)	0,82
Modelo V	CT 3 - VA1	-45,58 (-2,00)	-3,49 (-0,27)	50,81 (2,81)	0,77
Modelo VI	CT 3 - VA2	-437,52 (-4,95)	4,25 (1,53)	444,04 (5,01)	0,82

Nota: Os números entre parênteses referem-se aos valores de t-student.

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando resultado deste novo ajuste nos seis modelos em estudo, conforme apresentado na Tabela 5.6, verifica-se que todos os seis modelos apresentaram um R-quadrado ajustado acima de 0,60, o que demonstra um razoável poder explicativo e representativo destes modelos.

Da análise dos coeficientes da variável oferta de transporte ( $\beta_2$ ), verificou-se que estes obtiveram significância estatística em todos os seis modelos ajustados. Além disso, nesses modelos, esses coeficientes apresentaram sinal positivo, o que condiz com a lógica esperada que a variável oferta fosse diretamente proporcional à variável MS.

Esses resultados refletem o fato de que o maior MS do modo rodoviário para o transporte de carga geral está bastante correlacionado com a grande oferta de transporte rodoviário e à pequena oferta de transporte ferroviário para este nicho de mercado.

Tabela 5.6 – Resultados estatísticos dos modelos ajustados no Estudo Aplicado 1

Modelos	Corredor de Transporte	Coeficientes		R-quadrado ajustado
		$\beta_0$	$\beta_2$	
Modelo I	CT 1 - VA1	-64,50 (-5,35)	68,40 (5,61)	0,73
Modelo II	CT 2 - VA2	-84,29 (-4,79)	88,51 (4,97)	0,68
Modelo III	CT 1 - VA1	-18,84 (-4,72)	20,09 (4,40)	0,63
Modelo IV	CT 2 - VA2	-233,99 (-7,51)	238,75 (7,63)	0,84
Modelo V	CT 1 - VA1	-50,81 (-4,74)	54,38 (4,98)	0,83
Modelo VI	CT 2 - VA2	-515,08 (-6,65)	521,07 (6,72)	0,80

Nota: Os números entre parênteses referem-se aos valores de t-student.

Fonte: Elaborado pelo autor

### 5.1.6 Etapa 6 – Análise de Situações

Para as análises de sensibilidades dos coeficientes obtidos na Etapa 5, calculou-se a variação entre o MS ferroviário estimado para o segundo semestre de 2011 e o MS ferroviário de uma situação hipotética, em função de alterações nos valores das variáveis explicativas do modelo.

Para o cálculo do MS ferroviário partiu-se da Equação 5.1 e considerou-se que a soma do MS ferroviário com o MS rodoviário é igual a 100% (Equação 5.2). Destas duas equações obteve-se a Equação 5.3, que determina o MS ferroviário de um corredor de transporte.

$$M_{k n}^{R l} + M_{k n}^{F l} = 1 \quad (5.2)$$

$$S_{k n}^{F l} = \frac{1}{e^{\beta_0 + \beta_2 (O_{k n}^{R l} - O_{k n}^{F l})} + 1} \quad (5.3)$$

Procedeu-se às análises das variações de MSe ferroviário referentes à variável oferta de transporte. Para tal, em cada um dos corredores de transporte analisados, reduziu-se em 1% o *gap* entre as ofertas de transporte rodoviária e ferroviária, considerando-se para esta análise que a frota rodoviária do corredor de transporte se manteve a mesma da data referencial que corresponde ao segundo semestre de 2011. Desta forma, obtiveram-se as variações de MS ferroviário apresentadas na Figura 5.5.

Desta análise verifica-se que, tanto para cargas gerais de baixo valor agregado (VA1) quanto para cargas gerais de alto valor agregado (VA2), a demanda se mostrou elástica às variações nos valores desta variável.

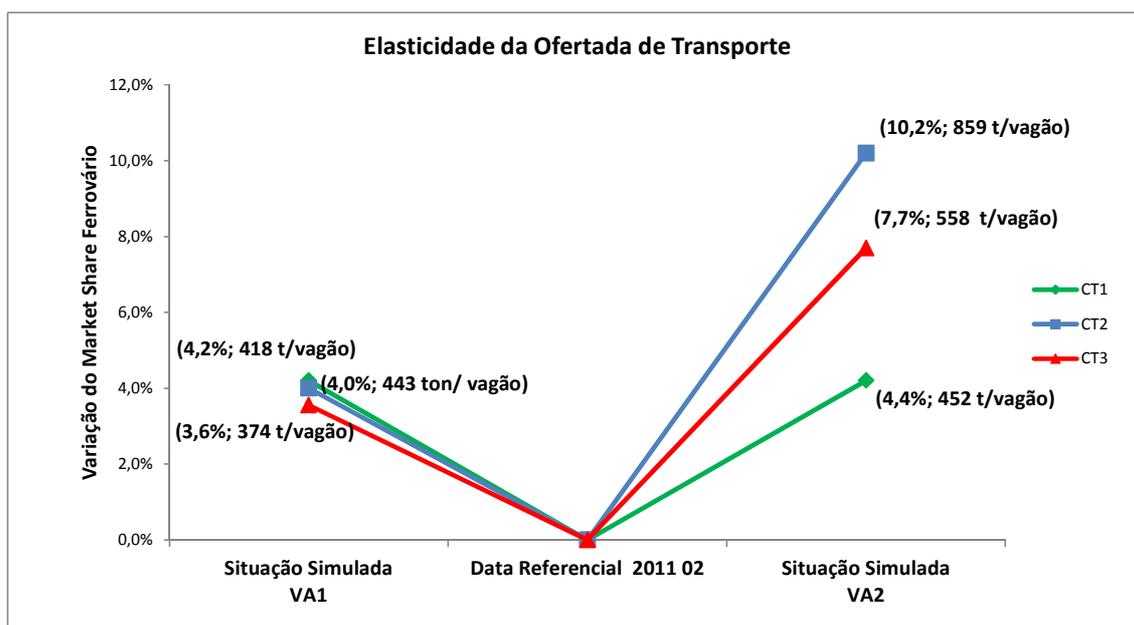
Para cargas gerais de baixo valor agregado (VA1), a redução de 1% no *gap* existente entre as ofertas rodoviária e ferroviária levariam ao aumento do MS ferroviário de 4,52% no CT1, 4,0% no CT2 e 3,6% no CT3. Para cargas gerais de alto valor agregado (VA2), esta elasticidade se mostrou mais acentuada. A redução de 1% no *gap* existente entre as ofertas de transporte rodoviária e ferroviária levaria a um aumento do MS ferroviário de 4,4% no CT1, 10,2% no CT2 e 7,7% no CT3.

O CT1 possui uma atratividade semelhante tanto para cargas gerais do grupo VA1, quanto para cargas do grupo VA2, tendo potencial de captar 418 toneladas a cada vagão incorporado à sua operação para o transporte de cargas do grupo VA1 e 452 toneladas a cada vagão incorporado à sua operação para o transporte de cargas do grupo VA2. Tais números podem ser derivados do fato de que a capacidade

ofertada ferroviária para o transporte de cargas gerais dos grupos VA1 e para cargas grupo VA2 no CT1 serem bastante semelhantes.

Os resultados mostram que o CT2 é o mais atrativo para cargas do grupo VA2 do que para cargas do grupo VA1. Para o transporte ferroviário de cargas gerais do grupo VA1, o CT2 tem o potencial de captar 443 toneladas a cada vagão incorporado à sua operação. Para o transporte ferroviário de cargas gerais do grupo VA2, o CT2 tem potencial de captar 859 toneladas a cada vagão incorporado à sua operação. Este número pode ser reflexo da capacidade ofertada ferroviária no CT2 para o transporte de carga geral do grupo VA2 ser extremamente incipiente.

O CT3 é o menos atrativo para cargas gerais do grupo VA1. Para o transporte ferroviário destas cargas, o CT3 tem o potencial de captar 374 toneladas a cada vagão incorporado à sua operação. Para o transporte ferroviário de cargas gerais do grupo VA2, assim como no CT2, o CT3 é bastante atrativo. Para o transporte ferroviário destas cargas, o CT3 tem potencial de captar 558 toneladas a cada vagão incorporado à sua operação. Este número também pode ser reflexo da oferta ferroviária extremamente incipiente no CT3 para o transporte de carga geral do grupo VA2.



Legenda: VA1 – Cargas gerais de valor agregado do grupo 1; VA2 – Cargas de valor agregado do grupo 2; CT1 – Corredor de transporte 1; CT2 – Corredor de transporte 2; CT3 – Corredor de transporte 3.

Figura 5.5 – Elasticidade da oferta de transporte

Fonte: Elaborado pelo autor

## 5.2 Estudo Aplicado 2

Como não foi possível captar o impacto a importância do custo logístico no modelo de demanda agregada apresentando no Estudo Aplicado 2, desenvolveu-se o

Estudo Aplicado 2, modelo de demanda desagregada que capta a elasticidade do custo logístico na escolha modal.

Para tal, identificou-se em ANTT (2012), uma crescente movimentação de carne de frango congelada a partir do ano de 2009 no trecho ferroviário compreendido entre o Terminal Alto Taquari (MT) e o porto de Santos (SP). Entendendo ser esta uma operação que exemplifica a migração modal objeto de estudo desta tese, optou-se por estudá-la como uma aplicação prática do procedimento proposto no Capítulo 4 (Figura 4.1).

### 5.2.1 Etapa 1 – Definições Iniciais

No Estudo Aplicado 2 a carga geral analisada foi a de carne de frango congelada acondicionada em contêiner *reefer* ou em implementos rodoviários frigorificados.

Para o melhor entendimento das alternativas logísticas existentes para o escoamento do frango congelado oriundo das fábricas do Estado do Mato Grosso (MT), realizaram-se entrevistas via telefone com analistas de logística da Brasil Foods, empresa que possui 78% das vendas de mercado de carne de frango brasileiro<sup>8</sup> e principal usuária destas alternativas. O resultado destas entrevistas encontra-se consolidado no questionário apresentado no Apêndice D.

A Figura 5.6 apresenta, esquematicamente, as atuais e futuras alternativas logísticas para o escoamento de cargas de frango congelado oriundas do Estado do Mato Grosso.

Historicamente, até junho 2009, as cargas de carne de frango congelada industrializada nas fábricas do Estado do Mato Grosso (MT) eram transferidas via modo rodoviário até portos secos localizados nas regiões do porto de Itajaí (A1) e porto de Santos (A2). Na época, o acondicionamento da carga nas fábricas era feito exclusivamente em semirreboques frigorificados com capacidade para 27 toneladas. Nos terminais de carga frigorificada localizados próximos às regiões portuárias, a carne de frango congelada era retirada dos semirreboques para armazenamento e posterior estufagem em contêineres *reefers*, destinados aos terminais portuários para ser embarcados em navios porta-contêiner.

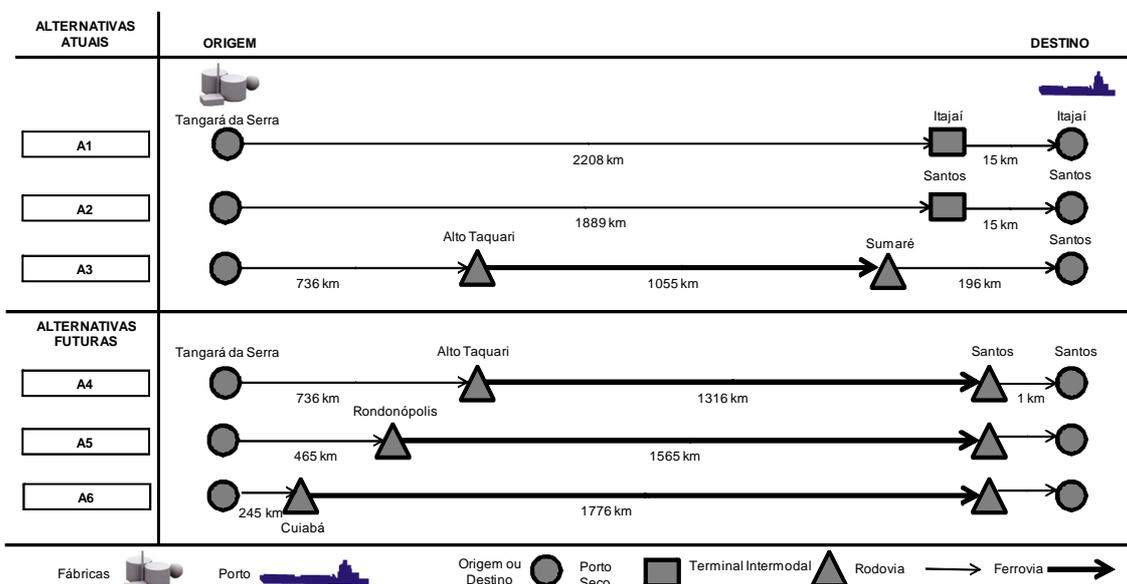
A partir de julho de 2009, conforme observado ANTT (2012), implantou-se uma alternativa intermodal rodoferroviária (A3) que passou a escoar parte da demanda.

---

<sup>8</sup> *Market share* da Brasil Foods estimado a partir de informações das vendas em 2009 das maiores empresas brasileiras no setor de frango, apresentado no site <[www.exame.abril.com.br](http://www.exame.abril.com.br)>.

Utilizando-se A3, a carne de frango congelada é acondicionada nas fábricas em contêineres *reefers* de 40 pés e capacidade para 27 toneladas. Posteriormente, estes contêineres são embarcados em semirreboques porta-contêineres e enviados via modo rodoviário até o terminal intermodal rodoferroviário (TI) localizado no município de Alto Taquari (MT). Ali os contêineres *reefers* são retirados dos semirreboques, podendo ficar armazenados até 10 dias sem custos adicionais ao embarcador ou serem embarcados nos vagões plataformas por meio de empilhadeiras e transferidos via modo ferroviário em composições de 45 vagões para o TI localizado em Sumaré (SP). No TI de Sumaré os contêineres *reefers* podem ficar armazenados até 10 dias sem custos adicionais para o embarcador ou serem embarcados para o porto de Santos em semirreboques porta-contêineres via modo rodoviário.

Quanto às alternativas futuras, A4 representa a possibilidade de transferência ferroviária para o TI próximo ao porto de Santos (ANTT, 2012). A A5 contempla extensão da malha ferroviária em 249 km com a instalação de TI em Rondonópolis, projeto com conclusão prevista para 2013 e incremento de 15% nas exportações em relação a 2010. A A6 contempla a extensão da malha ferroviária em 491 km com a instalação do TI em Cuiabá, projeto com conclusão prevista para 2015 e incremento de 25% nas exportações em relação As datas previstas para o início de A5 e A6, consideram informações referentes ao acompanhamento de projetos de infraestrutura do PAC 2 (PAC 2, 2012).



Notas: os veículos rodoviários são caminhões frigorificados com capacidade para 27 toneladas. Os trens são compostos por 45 vagões plataformas carregando contêineres *reefers* de 40 pés, com capacidade para 27 toneladas.

Figura 5.6 – Alternativas logísticas para o escoamento da carne de frango congelada do Estado do Mato Grosso

Fonte: Elaboração do autor, a partir de pesquisa de campo, ANTT (2012) e PAC 2 (2012)

O ponto de vista para a tomada de decisão a ser modelada será o adotado pelos analistas de logística da Brasil Foods, usuária exclusiva desta operação, quando da opção estratégica de migrar parte de suas cargas para uma alternativa intermodal rodoferroviária.

### 5.2.2 Etapa 2 – Seleção de Atributos

A seleção de atributos foi feita a partir de entrevistas realizada com os analistas de logística da Brasil Foods (Apêndice D). Os embarcadores relataram que a escolha modal é feita considerando-se a alternativa com menor custo logístico, e destacaram que a mudança nas estratégias de escoamento da carne de frango está diretamente relacionada com o crescimento das exportações, o que vem demandando novas alternativas logísticas para o escoamento da carga.

### 5.2.3 Etapa 3 – Indicadores e Medidas Representativas dos Atributos

Os indicadores e as medidas necessárias para se determinar os custos logísticos das alternativas são apresentados na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Indicadores e medidas para se determinar os custos logísticos das alternativas

Indicadores e Medidas para Determinar o Custo Logístico das Alternativas					
Indicadores	Frete (R\$/tkm) (A)	Componentes do Custo Logístico	Custo de Transporte (R\$/FEU) $CT_{in} = (A * B * C) + D$ (K)	Medida do Custo Logístico	Custo Logístico (R\$/FEU) $CL_{in} = K + L + M$ (N)
	Distância (km) (B)				
	Quantidade embarcada em contêiner de 40 pés (t) (C)				
	Pedágio (R\$/FEU) (D)				
	Tempo (dias) (E)		Custo de Estoque (R\$/FEU) $CE_{in} = (E * F * G) / 360$ (L)		
	Valor Agregado (R\$/FEU) (F)				
	Taxa Selic (% ano) (G)		Custo de Movimentação e Armazenagem (R\$/FEU) $CMA_{in} = (H * I) + J$ (M)		
	Custo de Armazenagem (R\$/FEU.dia) (H)				
	Tempo de Armazenagem (dia) (I)				
	Custo do Transbordo (R\$/FEU) (J)				

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

### 6.2.4 Coleta de Dados, Estimativas e Avaliações dos Atributos Exportações

No Passo 4, optou-se por coletar dados de PR, retratando, dessa forma, operações logísticas já realizadas, sendo possível obter a base de dados necessária ao ajuste do modelo de divisão modal. Esta base de dados foi composta por séries

históricas dos percentuais de carne de frango congelada do Estado do Mato Grosso exportada de 1997 a 2010 via porto de Santos e via porto de Itajaí (Figura 5.7) e dos custos logísticos das alternativas analisadas (Figura 5.8).

Da análise da Figura 5.7 verifica-se que as exportações de carne de frango do Estado do Mato Grosso (MT) aumentaram consideravelmente ao longo da década de 2000. Os níveis incipientes de exportação observados entre 1997 e 2000 foram gradualmente intensificados a partir de 2001, chegando a 57,3 mil toneladas em 2006. A partir de 2007, a tendência de crescimento se acentuou, com as exportações de carne de frango congelada do Estado do Mato Grosso, chegando a 170,5 mil toneladas em 2010. Não se observou nas análises realizadas sazonalidade mensal, trimestral ou semestral.

Quanto aos portos de destino destas cargas, comparando-se os percentuais de exportação de carne de frango do porto de Itajaí com os do porto de Santos, constata-se que até 2008 o escoamento da carne de frango era feita majoritariamente pelo porto de Itajaí. A partir de 2009, ano da implantação da operação intermodal rododiferroviária com destino ao porto de Santos, ocorre uma migração de parte dessa carga para o porto de Santos, que passa a ser destino de 31,5% das cargas de carne de frango congelada originárias do Mato Grosso e, em 2010, de 45,3% dessas cargas.

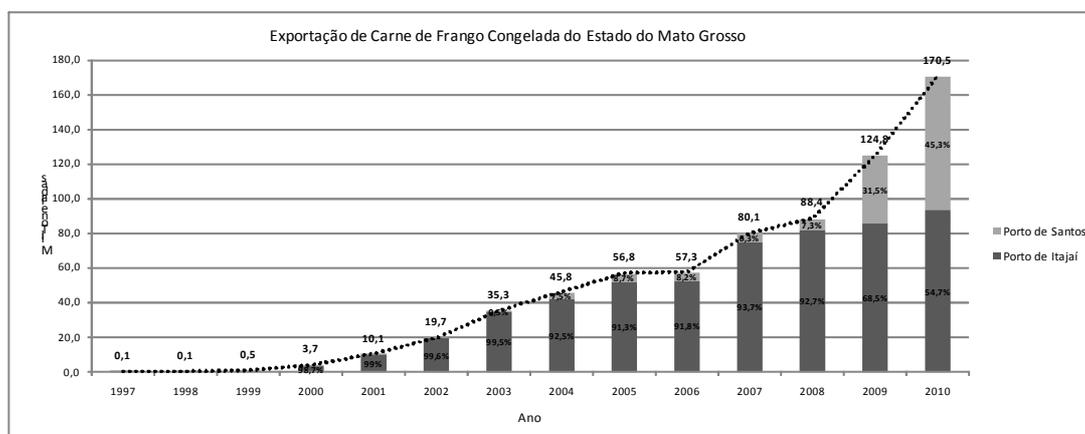


Figura 5.7 – Exportação anual de carne de frango do Estado do Mato Grosso (1997-2010).

Fonte: Elaboração do autor, com base em MDIC (2011)

A Figura 5.8 apresenta a análise histórica comparativa dos custos logísticos das alternativas logísticas utilizadas para o escoamento da carne de frango congelada do Estado do Mato Grosso pelos portos de Itajaí e de Santos no período de observação. Verifica-se na Figura 5.8 que até o ano de 2008, quando o mercado de transporte só ofertava alternativas rodoviárias para os embarques da carne de frango congelada, o escoamento via porto de Itajaí sempre foi mais competitiva, em termos custo logístico, do que o transporte via porto de Santos. Tal resultado reflete o fato de

a alternativa logística rodoviária via porto de Itajaí (A1) possuir uma oferta de terminais frigoríficos localizados na região portuária maior que a alternativa logística rodoviária via porto de Santos (A2), gerando menores custos de movimentação e armazenagem em A1 que em A2. Em média, os custos logísticos de A1 foram 7,8% menores que em A2 entre 1997 e 2008.

A partir de 2009, com a implantação da alternativa logística intermodal rodoferroviária com destino ao porto de Santos (A3), houve uma redução considerável dos custos logísticos para o escoamento da carne de frango congelada para o porto de Santos. Em média, os custos logísticos de A2 foram 24,6% menores que em A1 entre 2009 e 2010.

Com o aumento das distâncias ferroviárias previstas em A4, A5 e A6, estima-se que até 2015 os custos logísticos de se escoar a carne de frango congelada do Estado do Mato Grosso, por alternativa intermodal rodoferroviária via porto de Santos, seja 49% menor que o escoamento por alternativa unimodal rodoviária via porto de Itajaí.

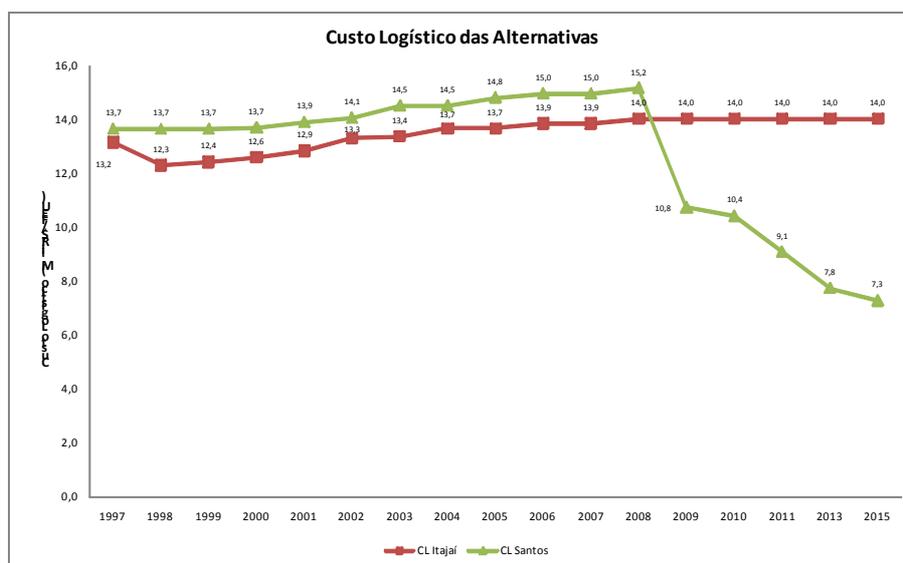


Figura 5.8 – Custo logístico das alternativas.

Fonte: Elaboração pelo autor

### 5.2.5 Especificação e Ajuste do Modelo

O MMS a ser ajustado no Estudo Aplicado 2 obedece à especificação funcional apresentada na Equação 5.4, que difere da Equação 5.1, desenvolvida para o Estudo Aplicado 1, por considerar apenas o atributo Custo Logístico como variável explicativa do modelo:

$$|M_I| - |M_S| = \beta_0 + \beta_1 (C_I - C_S) \quad (5.4)$$

Onde:

$\bar{M}_{I,n}$  – *Market share* da alternativa logística com destino ao porto de Itajaí no ano 'n';

$\bar{M}_{S,n}$  – *Market share* da alternativa logística com destino ao porto de Santos, no ano 'n';

$\bar{C}_{I,n}$  – Custo logístico da alternativa logística com destino ao porto de Itajaí no ano 'n'; em Mil R\$/FEU;

$\bar{C}_{S,n}$  – Custo logístico da alternativa logística com destino ao porto de Santos no ano 'n'; em Mil R\$/FEU;

$\beta_1$  – Coeficiente;

$\beta_0$  – Constante.

Para o ajuste do MMS adotou-se o software GRETL®, utilizando com entrada de dados as séries históricas de 1997 a 2010 do MS dos portos de Santos e de Itajaí (Figura 5.7) e do custo logístico das alternativas logísticas (Figura 5.8).

Analisando estatisticamente o modelo ajustado, cujos resultados encontram-se apresentados na Tabela 5.8, verifica-se que o R-quadrado ajustado, igual a 0,43, denota um poder explicativo razoável do modelo, sugerindo que o atributo custo logístico explica parcialmente as variações no MS do universo pesquisado.

Da análise do coeficiente da variável custo logístico ( $\beta_1$ ), verificou-se que este alcançou nível de significância a maior que 90% e sinal negativo, o que condiz com a lógica esperada que a variável custo logístico fosse inversamente proporcional à variável MS.

Tabela 5.8 – Resultados estatísticos do modelo ajustado no Estudo Aplicado 2

Operação Logística	Coeficientes		R-quadrado ajustado
	$\beta_0$	$\beta_1$	
Exportação de carne de frango congelado do Estado do Mato Grosso	3,22 (8,53)	-0,75 (-3,27)	0,43

Nota: Os números entre parênteses referem-se aos valores de t-student.

Fonte: Elaborado pelo autor

### 5.2.6 Análise de Situações

Pela Equação 6.5 estimou-se o MS das alternativas logísticas com destino ao porto de Santos, nas situações hipotéticas a serem analisadas nesta etapa deste estudo aplicado. A Equação 5.5 difere da Equação 5.3 desenvolvida para o Estudo Aplicado 2 por considerar apenas o atributo Custo Logístico como variável explicativa

do modelo e por contemplar os coeficiente e constante ajustados e apresentados na Tabela 5.8.

$$\frac{M}{S} = \frac{1}{e^{3,2 - 0,7 \left( \frac{C_I}{L_n} - \frac{C_S}{L_n} \right)} + 1} \quad (5.5)$$

Do aumento de 1% no *gap* entre custo logístico da alternativa rodoviária com destino ao porto de Itajaí (A1) e a alternativa intermodal rodoferroviária com destino ao porto de Santos (A3), observado no ano de 2010, obtém-se pelo modelo ajustado um incremento de 3,2% no MS de A3, mostrando que a demanda estudada é elástica à variações no custo logístico.

A Figura 5.9 apresenta as curvas traçadas a partir do modelo ajustado, que espelham as variações estimadas no MS dos portos de Itajaí e Santos, em função da possível implantação das alternativas A4, A5 e A6 sobre a demanda destes portos.

Verifica-se, na Figura 5.9, que, com a implantação de A4 em 2011, o porto de Santos tende a captar 61,9% das exportações de carne frango congelada do Estado de Mato Grosso, um incremento de 24,4% com relação ao observado em 2010. Em 2013, considerando-se as condições propostas em A5, o porto de Santos passaria a captar aproximadamente 81,7% dessa demanda, um incremento de 44,2% com relação ao observado em 2010. Em 2015, considerando-se as condições propostas em A6, o porto de Santos passaria a captar, aproximadamente, 86,3% da demanda, um incremento de 48,8% com relação ao observado em 2010.

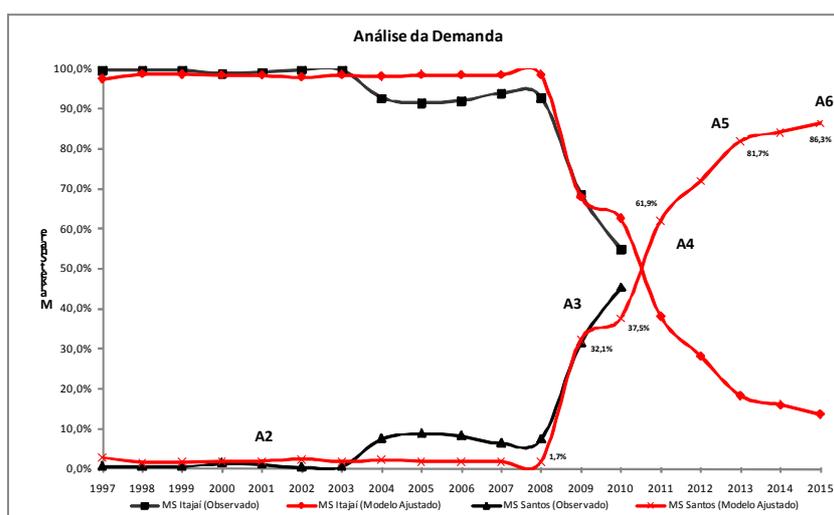


Figura 5.9 – Análise da demanda

Fonte: Elaborado pelo autor

Considerando que os resultados desta análise de demanda sejam factíveis, evidencia-se a necessidade de serem realizados estudos de capacidade das

alternativas logísticas avaliadas para verificar se as mesmas estão aptas a captar a demanda potencial estimada.

### **5.3 Considerações Finais do Capítulo**

Os estudos aplicados apresentados neste capítulo permitiram testar a aplicabilidade do procedimento apresentado no Capítulo 5 e por meio de diferentes técnicas de pesquisa avaliar analiticamente o transporte terrestre de carga geral no Brasil.

Os resultados dos Estudos Aplicados 1 e 2 demonstraram a possibilidade de se ajustar modelos de divisão modal utilizando dados de PR, não tendo sido identificado na revisão bibliográfica outros estudos que utilizassem o MMS aplicado ao setor de transporte de carga no Brasil.

Comparando os resultados obtidos com os estudos de planejamento de transporte de carga elencados na Revisão Bibliográfica (PNLT, 2007,; PAC 2007; PELT – MG, 2007; PELT – PA, 2010; PAC 2, 2011; ANTT, 2013), constatam-se algumas contribuições. Não se identificou nestes estudos o uso da oferta de transporte como variável explicativa no modelo de previsão de demanda utilizado, o modelo EFES-FIPE. Por outro lado, os resultados do Estudo Aplicado 1 mostram que a Oferta de Transporte é elástica com relação ao MS de determinado modo de transporte, sendo uma variável que deveria ser considerado em futuros estudos de planejamento de transporte de carga no Brasil.

Os resultados do Estudo Aplicado 2 mostram a importância da análise da demanda desagregada de carga geral para o maior detalhamento dos fluxos de carga, e para captar os efeitos do custo logístico nos modelos de divisão modal, abordagem analítica não observada em PNLT (2007), PAC (2007), PELT – MG (2007), PELT – PA (2010), PAC 2 (2011) e ANTT (2013).

Diferentemente das aplicações realizadas na revisão bibliográfica que utilizaram a análise de custo logístico (ESKIGUN et al. (2007), JONG; BEN-AKIVA (2007), KUTANOGLU; LOHIYA (2008), VERNIMNEN et al. (2008), WANG (2008) e BRANCO E CAIXETA FILHO (2011)), as quais consideraram o custo logístico como variável explicativa de modelo formulados utilizando a ótica do Problema de Transporte, nos estudos aplicados 1 e 2 o custo logístico foi utilizado como variável explicativa em modelos de divisão modal, o que representa um novo enfoque no planejamento de transporte de carga no Brasil.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As questões formuladas para nortear as investigações que motivam esta tese de doutorado, apresentadas no Capítulo 1, foram respondidas a contento ao longo da execução das pesquisas realizadas.

Quanto à pergunta sobre como vem evoluindo historicamente a matriz de transporte de carga geral no Brasil, observou-se pela análise realizada no Capítulo 3, que o retrato da matriz de carga geral observado em ANTT (2004), não sofreu grande alteração em 2011. Se em 2004 estimou-se que 87% da carga geral brasileira era transportada via modo rodoviário, os números de 2011, mostram que o uso do modo rodoviário ainda é preponderante, uma vez que responde por 85% da movimentação de carga geral. O uso do modo ferroviário de 2004 para 2011 também evoluiu pouco, mantendo-se em torno dos 7,9% do total da carga geral movimentada.

Com relação ao questionamento sobre o porquê da matriz de transporte de carga geral brasileira ser tão dependente do modo rodoviário, identificaram-se evidências no Capítulo 3 de que a opção majoritária pelo modo rodoviário para o transporte de carga geral é reflexo das políticas de investimento do governo brasileiro na infraestrutura rodoviária, na indústria automobilística, da indústria petroquímica e da interiorização do país, que, em contrapartida aos investimentos no setor ferroviário, foram historicamente bem mais substanciais, cabendo às políticas de transporte de governo contribuir para modificar este cenário.

Além disso, do Estudo Aplicado 1 apresentado no Capítulo 5 pode-se constatar que em termos de custo logístico o modo rodoviário ainda é mais competitivo que o modo ferroviário, consequência de custos de transporte mais baixos que o modo rodoviário para o transporte de carga geral.

Com relação aos questionamentos de como o modo ferroviário pode ser potencializado para o transporte de carga geral, por meio do Estudo Aplicado 1, constatou-se que o modo ferroviário pode ser potencializado com o aumento da oferta de transporte ferroviário, uma vez que a demanda se mostrou elástica a este fator.

Pelo Estudo Aplicado 2, na análise de demanda desagregada realizada, verificou-se que uma vez que exista a oferta do serviço intermodal rodoferroviário, sua utilização é condicionada à competitividade em termos de custo logístico desta alternativa, se comparada a outras alternativas rodoviárias.

Quanto aos questionamentos sobre quais os fatores relevantes na escolha entre alternativas logísticas distintas para o transporte de carga geral e sobre qual a importância relativa destes fatores, constatou-se pela revisão bibliográfica realizada no Capítulo 2, que a escolha entre alternativas logísticas distintas é função de atributos

relacionados a custo e nível de serviço, o que foi reforçado pela pesquisa exploratória realizada junto a embarcadores, especialistas e planejadores de transporte para a seleção de atributos no Estudo Aplicado 1.

O Estudo Aplicado 1 apontou a importância do atributo relacionado ao nível de serviço, oferta de transporte na escolha modal, uma vez que na análise de demanda agregada realizada, os resultados demonstraram a maior significância deste atributo que do atributo custo logístico. Em contrapartida, os resultados do Estudo Aplicado 2 reforçaram a importância no custo logístico na análise de demanda desagregada realizada.

Com relações às perguntas sobre qual o estágio atual da utilização do contêiner no transporte intermodal rodoferroviário e sobre como o transporte intermodal rodoferroviário pode ser intensificado com o uso do contêiner, apresentou-se no Capítulo 3, que o nível de containerização da carga geral nas ferrovias brasileiras ainda é baixo, cerca de 9% desta movimentação. Constatou-se no Estudo Aplicado 1 que o transporte intermodal rodoferroviário que utiliza contêineres ainda é pouco competitivo em termos de custo logístico, resultado de tarifas ferroviárias mais altas para o transporte de carga geral em contêiner que para o transporte de carga geral em vagões.

Por outro lado, como constatado no Estudo Aplicado 2, o uso do contêiner pode contribuir positivamente para a redução dos custos de armazenagem dos embarcadores, tornando-se um atrativo monetário a mais ao uso de alternativas intermodais rodoferroviárias utilizando contêineres.

Os objetivos traçados para a execução do estudo foram alcançados. O objetivo geral, desenvolver um procedimento inédito para analisar a escolha modal do transporte terrestre de carga geral no Brasil, que considere a capacidade e os custos dos modos de transporte, foi alcançado por meio das pesquisas realizadas e apresentadas ao longo do estudo e estruturadas por meio do procedimento apresentado no Capítulo 4, possibilitando responder às questões que nortearam a tese.

O objetivo secundário de atualizar as estimativas acerca da matriz de transporte de carga geral no Brasil foi alcançada e seu resultado apresentado na Tabela 3.2.

O objetivo secundário, de identificar os principais atributos considerados por embarcadores de carga geral quando da escolha entre alternativas logísticas foi realizado ao longo da pesquisa com a execução da Etapa 2 do Procedimento Proposto – Seleção de Atributos, na qual se constatou por meio de diferentes técnicas de pesquisa que, embora não exista um consenso acerca de quais atributos devem ser

necessariamente utilizados nos modelos de escolha modal no transporte de carga, os atributos relacionados ao custo e nível de serviço das alternativas logísticas são os mais relevantes.

O objetivo secundário de realizar análise comparativa de custos logísticos entre alternativas logísticas, foi realizado com a execução Etapa 4 do Procedimento Proposto – Coleta de Dados, Estimativas e Avaliações dos Atributos, nos Estudos Aplicados 1 e 2.

No Estudo Aplicado 1, analisando a movimentação de carga geral nos corredores de transporte para carga gerais de baixo valor agregado e de alto valor agregado, constatou-se que o custo logístico das alternativas logísticas que utilizam o modo ferroviário são menores que o custo logístico de alternativas rodoviárias apenas para cargas gerais de baixo valor agregado, que, em geral, tem a possibilidade e utilizar serviço porta a porta unimodal ferroviário, incorrendo em menores custos de transporte e transbordo.

No Estudo Aplicado 2, no qual foram comparadas alternativas logísticas rodoviárias para escoamento de carne de frango congelada do Estado do Mato Grosso para o porto de Itajaí com alternativas logísticas intermodais rodoferroviárias para o escoamento desta carga para o porto de Santos, verificou-se desta análise que a alternativa intermodal, quando implantada em 2009, apresentou um custo logístico 24,6% menor que a alternativa rodoviária naquele ano, e que as obras de expansão da malha ferroviária podem resultar em um custo logístico intermodal 49% menor que o custo logístico rodoviário em 2015.

O objetivo secundário de ajustar um modelo de divisão modal que contemple os principais atributos considerados pelo embarcador de carga geral quando da escolha de determinada alternativa logística foi realizado com a execução da Etapa 5 do Procedimento Proposto – Especificação e Ajuste do Modelo, nos Estudos Aplicados 1 e 2. Neste ajustaram-se estatisticamente, por meio de diferentes técnicas de modelagem, duas equações funcionais que retratam a escolha entre alternativas logísticas para o transporte de carga geral, na visão de embarcadores, uma vez que nestes estudos aplicados os modelos de divisão modal ajustados retrataram o comportamento real dos embarcadores por meio da observação de operações já realizadas.

O objetivo secundário de medir a importância relativa dos principais atributos considerados por embarcadores de carga geral quando da tomada de decisão entre alternativas logísticas para o transporte de carga geral, foi realizado com a execução da Etapa 2 do Procedimento Proposto – Seleção de Atributos, da Etapa 5 – Especificação e Ajuste do Modelo e da Etapa 6 – Análise de Situações.

Na Etapa 2 foram identificados, classificados e selecionados os atributos mais relevantes na escolha modal em análise, destacando-se nesta etapa atributo relacionado a custo, o custo logístico, e atributo relacionado ao nível de serviço, a oferta de transporte.

Na Etapa 5, com a especificação e ajuste dos modelos de divisão modal, identificou-se a significância estatística das variáveis dos modelos. No Estudo Aplicado 1, o atributo oferta de transporte mostrou-se mais significativo estatisticamente que o atributo custo logístico.

Na Etapa 6, mediu-se a importância relativa dos atributos por meio das análises de elasticidade. No Estudo Aplicado 1, tanto para cargas gerais de baixo valor agregado quanto para cargas gerais de alto valor agregado, a demanda mostrou-se elástica às variações nos valores da variável oferta de transporte. No Estudo Aplicado 2 o atributo custo logístico mostrou-se mais relevante na escolha modal.

O objetivo secundário de analisar situações que contemplem a implantação de novos serviços intermodais para o escoamento de carga geral no Brasil, verificando o possível impacto da implantação destes serviços sobre a demanda de transporte, foi realizado com a execução da Etapa 6 do Procedimento Proposto – Análise de Situações.

No Estudo Aplicado 2 constatou-se que a implantação de novos serviços intermodais com custo logístico competitivo podem acarretar uma migração mais intensa da demanda para a alternativa intermodal, estimando-se que em 2015 aproximadamente 86,3% da demanda migraria para a alternativa intermodal, um incremento de 48,8% com relação ao observado 2010.

O objetivo secundário de realizar estudos aplicados, utilizando o procedimento desenvolvido, foi realizado com a execução dos dois estudos aplicados apresentados no Capítulo 5.

Com relação às hipóteses da pesquisa, verificou-se que a hipótese de que existe um potencial de transporte intermodal não desenvolvido para o escoamento de carga geral no Brasil é verdadeira. Constatou-se que o uso da intermodalidade para o transporte de carga geral ainda é pouco expressivo, e que o modo ferroviário pode ser dinamizado com o aumento da oferta de serviços e com custos mais competitivos.

A hipótese de que a tomada de decisão em nível estratégico entre diferentes alternativas logísticas para o escoamento de carga geral no Brasil, incorre necessariamente na análise do *trade-off* entre custos e nível de serviço é parcialmente verdadeira. As pesquisas indicaram que atributos relacionados a custo e nível de serviço são relevantes na escolha modal. No entanto, o Estudo Aplicado 2 exemplificou uma operação logística intermodal implantado devido à possibilidade de

redução de custos logísticos, mesmo que, com sua implantação, o nível de serviço tenha sido piorado.

A hipótese de que a oferta pouco expressiva de serviços ferroviários se comparada à oferta de serviços rodoviários no Brasil, limita a maior utilização deste modo de transporte é verdadeira e demonstrada por meio do modelo ajustado no Estudo Aplicado 1.

A hipótese de que o aumento da oferta de serviços ferroviários a custos competitivos no Brasil pode impulsionar substancialmente a movimentação de carga geral por este modo é verdadeira e demonstrada por meios dos Estudos Aplicados 1 e 2.

A hipótese de que procedimento desenvolvido nesta tese pode contribuir para analisar a viabilidade de novos serviços intermodais e seu impacto sobre a demanda é verdadeira e demonstrada pelas aplicações realizadas no Capítulo 5.

A originalidade do trabalho é evidenciada nos seguintes aspectos:

- a) O trabalho traz uma série de novas informações sobre o transporte terrestre de carga geral no Brasil, construindo desta forma, uma análise atualizada sobre o segmento de mercado investigado;
- b) O procedimento proposto contribui no aprimoramento de técnicas de planejamento de transporte de carga utilizadas em projetos de planejamento de transporte de carga no país, uma vez que possibilita tratar a demanda de forma desagregada, tornando possível a maior compreensão das interfaces logísticas presentes entre a origem e o destino final de uma carga;
- c) Ao incorporar o modelo abstrato do modo desenvolvido por Baumol e Vinod (1970) ao procedimento proposto, generaliza-se a rede logística para qualquer alternativa logística que queira se analisar, seja ela unimodal ou intermodal, sendo possível a análise e comparação de alternativas logísticas que utilizem os modos de transporte rodoviário, ferroviário, hidroviário, marítimo ou aéreo, o que representa um avanço na possibilidade de análise comparativa das alternativas e no modelo de divisão modal, usualmente especificados para decisão entre modos de transporte e não entre alternativas logísticas;
- d) Ao incorporar o atributo custo logístico nos modelos de divisão modal ajustados, abre-se a possibilidade de incorporar ao planejamento de transporte de carga, aspectos como políticas de estoque e armazenagem, nível de comercialização de determinados produtos; e

- e) Mensurou-se a elasticidade dos atributos custo logístico e oferta de transporte para o escoamento de carga geral no Brasil em análises de demanda agregada e desagregada.

As limitações do estudo incorreram na indisponibilidade de recursos financeiros para a realização *in loco* da pesquisa de campo junto aos embarcadores e do mapeamento das operações logísticas analisadas e na dificuldade de obter séries históricas maiores referentes à movimentação rodoviária e ferroviária de carga geral no Brasil.

Sugere-se para futuros estudos sobre o tema:

- a) A aplicação do procedimento proposto para outros tipos de carga, comparando os resultados obtidos em cada passo do procedimento proposto;
- b) Ajustar modelo de divisão modal que contemple os principais atributos considerados pelo embarcador de carga geral quando da escolha de determinada alternativa logística, utilizando em conjunto dados de preferência revelada e de preferência declarada;
- c) A aplicação do procedimento proposto partindo de um nível de análise operacional; e
- d) Incorporar a análise ambiental ao procedimento proposto, abrindo-se a possibilidade de aprofundar a análise de demanda, usualmente feita obedecendo apenas critérios econômicos, possibilitando ao planejador de transporte, um novo prisma de análise.

## REFERÊNCIAS

- ABCR (2012), *Concessionárias*. Disponível em: <www.abcr.org.br>. Acesso em: 5 jun. 2012.
- ABDELWAHAB, W. M. (1998), "Elasticities of mode choice probabilities and market elasticities of demand: evidence from simultaneous mode choice/shipment-size freight transport model", *Transportation Research E*, v. 34, n. 4, pp. 257-266.
- ADMINISTRAÇÃO DA HIDROVIA DO PARANÁ – AHRANA (2008), *A hidrovia do rio Paraná*. Disponível em: <www.ahrana.gov.br>. Acesso em: 2 dez. 2008.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS – ANTAQ (2011), *Anuário estatístico portuário 2010*. Disponível em: <www.antaq.gov.br>. Acesso em: 30 nov. 2011.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT (2004), *Logística e transporte para produtos de alto valor agregado no contexto brasileiro*. Estudo não divulgado.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT (2008), *Transporte de cargas*. Disponível em: <www.antt.gov.br>. Acesso em: 2 dez. 2008.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT (2012), *Sistema de Fiscalização e Acompanhamento de Transporte Ferroviário*. Acesso disponível mediante autorização da ANTT.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT (2013), *PIL - Ferrovias. Minutas de Edital e Contrato e Estudos*. Disponível em: <www.antt.gov.br>. Acesso em: 25 mar 2013.
- AMÉRICA LATINA LOGÍSTICA – ALL (2010), *Projetos logísticos*. Disponível em: <www.all-logistica.com>. Acesso em: 5 nov. 2010.
- AN CARIS, C., MACHARIS, C., JANSSENS, G. K. (2008), "Planning problems in intermodal freight transport: accomplishments and prospects", *Transportation Planning and Technology*, v. 31, n. 3, pp. 277-302.
- ANFAVEA (2011), *Anuário Estatístico*. Disponível em: <www.anfavea.com.br>. Acesso em: 30 nov. 2011.
- APISUL (2011), *Seguros*. Disponível em: <www.apisul.com.br >. Acesso em: 30 nov. 2011.
- ARNOLD, P., PEETERS, D., THOMAS, I. (2004), "Modelling a rail/road intermodal transportation system", *Transportation Research Part E*, v. 44, pp. 255-270.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS – ANTF (2011), *Estatísticas do transporte ferroviário*. Disponível em: <www.antf.org.br>. Acesso em: 25 nov. 2011.
- BALLOU, R. (2006), *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial*. 4. ed., Porto Alegre, Editora Bookman.

- BASUROY, S., NGUYEN, D. (1998), "Multinomial logit market share models: Equilibrium characteristics and strategic implications", *Management Science*, Vol. 44, n.10, pp. 1396-1408.
- BAUMOL, W. J., VINOD, H. D. (1970), "An inventory theoretic model of freight transport demand", *Management Science*, n. 16, pp. 413-421.
- BERNARDINO, A. T., CASTRO, N. (1988), "A escolha de containerização na exportação de manufaturados", *Pesquisa e Planejamento Econômico*, n. 18, pp. 709-740.
- BONTEKONING, Y. (2000), *A jump forward in intermodal freight transport: are hub-terminals an alternative for shunting?* Thesis, Faculty of Economic Science, Erasmus University Rotterdam.
- BONTEKONING, Y., MACHARIS, C., TRIP, J. (2004), "Is a new applied transportation research field emerging?—A review of intermodal rail-truck freight transport literature". *Transportation Research Part A*, 38, pp. 1 -34.
- BRANCO, J. E., CAIXETA FILHO, J. V. (2011), "Estimativa da demanda de carga captável pela estrada de Ferro Norte-Sul". *Journal of Transport Literature*, Vol. 5, n. 4, pp. 17-50.
- BRASIL (2013), *Mapas e informações*. Disponível em: <[www.brasil.gov.br](http://www.brasil.gov.br)>. Acesso em: 2 abr. 2013.
- CAIXETA-FILHO, J. V., GARNEIRO, A. (2001), *Transporte e logística em sistemas agroindustriais*. São Paulo, Editora Atlas.
- CHRISTOPHER, M. (2007), *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: grandes redes que agregam valor*. São Paulo, Editora Thomson.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT (2011), *Pesquisa Rodoviária CNT 2011*. Disponível em: <[www.cnt.org.br](http://www.cnt.org.br)>. Acesso em: 22 nov. 2011.
- CULLINANE, K., TOY, N. (2000), "Identifying influential attributes in freight route/mode choice decisions: a content analysis", *Transportation Research Part E*, v. 36, pp. 41-53.
- DA SILVA, F., ROCHA, C. H. (2012), "A demand impact study of southern and southeastern ports in Brazil: An indication of ports competition". *Maritime Economics & Logistics*, Vol.0 (0), pp.1-16.
- DE SOUZA, C., D'AGOSTO, M. (2012), "Modelo de quatro etapas aplicado ao planejamento de transporte de carga". *Journal of Transport Literature*, Vol. 7, n. 2, pp. 207-234.
- DANNIELIS, R., MARCUCCI, E., ROTARIS, L. (2005), "Logistics managers stated preferences for freight service attributes", *Transportation Research Part E*, v. 41, pp. 201-215.
- DAVID, E. G. (2009), *O futuro das estradas de ferro no Brasil*. Rio de Janeiro, Editora Visual.
- DENATRAN (2012), *Estatística*. Disponível em: <[www.denatran.gov.br](http://www.denatran.gov.br)>. Acesso em: 5 jun. 2012.

D'ESTE, G. (1996), "An event-based approach to modelling intermodal freight systems", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 26, n. 6, pp. 4-15.

EFFRON, A., ROSE, J. (2003), "Truck or Train? A Stated Choice Study on Intermodalism in Argentina". In: *Anais do XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte, ANPET*, Rio de Janeiro.

ELLER, R., SOUSA JR., CURI, M. (2011), "Custos de transporte de carga no Brasil: rodoviário versus ferroviário". *Journal of Transport Literature*, Vol. 5, n. 1, pp. 50-64.

EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA – INFRAERO (2012), *Estatísticas*. Disponível em: <[www.infraero.gov.br](http://www.infraero.gov.br)>. Acesso em: 30 nov. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES - GEIPOT (2001), *Transporte no Brasil: Histórias e Reflexões*. Brasília, Editado por Geipot.

ESKIGUN, E., UZSOY, R., PRECKEL, P. *et al.* (2007), *Outbound supply chain network design with mode selection*. Disponível em: <[www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)>. Acesso em: 30 nov. 2009.

FEO, M., ESPINO, R., GARCÍA, L. (2011), "A stated preference analysis of Spanish freight forwarders modal choice on the south-west Europe Motorway of the Sea". *Transport Policy*, Vol.18 (1), pp.60-67.

GONÇALVES, B. (2005), *Uma contribuição metodológica à modelagem da demanda de transporte de carga de alto valor agregado no Brasil*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC).

GUIA 4 RODAS (2012), *Mapas e Rotas*. Disponível em: <[www.viajeaqui.abril.com.br/guia4rodas](http://www.viajeaqui.abril.com.br/guia4rodas)>. Acesso em: 5 jun. 2012.

HAM, H., KIM, T. J., BOYCE, D. (2005), "Implementation and estimation of a combined model of interregional, multimodal commodity shipments and transportation network flows", *Transportation Research Part B*, v. 39, pp. 65-79.

HARKER, P. T. (1985), "The state of the art in the predictive analysis of freight transport systems". *Transport Reviews*, v. 5, n. 2, pp. 143-164.

ILOS (2011), "Transporte rodoviário de cargas no Brasil: mercado atual e próximas tendências". Disponível em <[www.ilos.com.br](http://www.ilos.com.br)>. Acesso em: 30 nov. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2012), *PIA – Produto 2009*. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 12 jun 2012.

IPEA (2012), *Ipea Data*. Disponível em: <[www.ipea.gov.br](http://www.ipea.gov.br)>. Acesso em: 5 jun. 2012.

JANIC, M. (2007), "Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network", *Transportation Research Part D*, v. 12, pp. 33-44.

JONG, G., BEN-AKIVA (2007), "A micro-simulation model of shipment size and transport chain choice", *Transportation Research Part B*, v. 41, pp. 950-965.

KUTANOGLU, E., LOHIYA D. (2008), "Integrated inventory and transportation mode selection: a service parts logistics system", *Transportation Research Part E*, v. 44, pp. 665-683.

KREUTZBERGER, E. D. (2008), "Distance and time in intermodal goods transport networks in Europe: a generic approach", *Transportation Research Part A*, v. 42, pp. 973-993.

LAMBERT, D., STOCK, J. (1998), *Strategic logistic management*. 3 ed., Boston MA. Irwin.

LEAL JR., I. (2010), *Método de escolha modal para transporte de produtos perigosos com base em medidas de ecoeficiência*. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro (RJ).

LEAL JR., I., D'AGOSTO, M. (2011), "Modal choice evaluation of transport alternatives for exporting bio-ethanol from Brazil". *Transportation Research Part D*, 16, pp. 201-207.

LOG-IN (2010), *Projetos*. Disponível em: <[www.loginlogistica.com.br](http://www.loginlogistica.com.br)>. Acesso em: 5 jul. 2010.

LOUVIERE, J. J. (2000), *Stated choice methods – analysis and applications*. Cambridge, Cambridge University Press.

MALCHOW, M. B., KANAFI, A. (2004), "A disaggregate analysis of port selection", *Transportation Research Part E*, v. 40, pp. 317-337.

MDIC (2011), *Aliceweb*. Disponível em: <[www.aliceweb.desenvolvimento.gov.br](http://www.aliceweb.desenvolvimento.gov.br)>. Acesso em: 30 nov. 2011.

MRS (2010), *Mercado*. Disponível em: <[www.mrs.com.br](http://www.mrs.com.br)>. Acesso em: 5 jul. 2010.

MRS (2011), *Fale Conosco*. Disponível em: <[www.mrs.com.br](http://www.mrs.com.br)>. Acesso em: 30 nov. 2011.

NAM, K. (1997), "A Study on the estimation and aggregation of disaggregate models of mode choice for freight transport", *Transportation Research E*, v. 33, n. 3, pp. 223-231.

NEVO, A. (2000), "Mergers with differentiated products: the case of the ready-to-eat cereal industry", *The RAND Journal of Economics*, Vol. 31, No. 3, pp. 395-421.

NIJKAMP, P., REGGIANI, A., TSANG, W. (2004), "Comparative modelling of interregional transport flows: applications to multimodal European freight transport", *European Journal of Operational Research*, v. 155, pp. 584-602.

NOVAES, A. G., ALVARENGA, A. C. (1994), *Logística aplicada: suprimento e distribuição física*. 2. ed., São Paulo, Editora Pioneira.

NOVAES, A. G. (2004), *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos*. 2. ed., São Paulo, Editora Campus.

NOVAES, A. G. N., GONÇALVES, B., COSTA, M. B. *et al.* (2006), "Rodoviário, ferroviário ou marítimo de cabotagem: o uso da técnica de preferência declarada para avaliar a intermodalidade no Brasil", *Transportes*, v. XIV, pp. 11-17.

PAC (2007), *1º Balanço do PAC janeiro a abril de 2007*. Disponível em: <[www.pac.gov.br](http://www.pac.gov.br)>. Acesso em: 25 mar 2013.

PAC 2 (2011), *Relatório - Lançamento PAC 2*. Disponível em: <[www.pac.gov.br](http://www.pac.gov.br)>. Acesso em: 25 mar 2013.

PATTERSON, Z., EWING, G. O., HAIDER, M. (2008), "The potential for premium-intermodal services to reduce freight CO<sub>2</sub> emissions in the Quebec City–Windsor Corridor", *Transportation Research Part D*, v. 13, pp. 1-9.

PELT - MINAS (2007), *PELT- Minas: Plano Estratégico de Logística de Transportes*. Disponível em: <[www.transportes.mg.gov.br](http://www.transportes.mg.gov.br)>. Acesso em: 25 mar 2013.

PELT - PARÁ (2010), *Programa Estadual de Logística do Estado do Pará PELT - Pará*. Disponível em: <[www.setran.pa.gov.br](http://www.setran.pa.gov.br)>. Acesso em: 25 mar 2013.

PNLT (2007), *Plano Nacional de Logística & Transportes – Relatório Executivo*. Disponível em: <[www.transportes.gov.br](http://www.transportes.gov.br)>. Acesso em: 25 mar 2013.

RICCI, A., BLACK, I. (2005), "Measuring the Marginal Social Cost of Transport", v. 14, pp. 245-285.

RICH, J., HOLMBLAD, P. M., HANSEN C. O. (2009), "A weighted logit freight mode-choice model", *Transportation Research Part E*, volume não informado, páginas não informadas.

SHINGAL, N., FOWKES, T. (2002), "Freight mode choice and adaptive stated preferences", *Transportation Research E*, v. 38, n. 3, pp. 367-378.

SIFRECA (2012), *Fretes Rodoviários*. Disponível em: <[www.sifreca.esalq.usp.br](http://www.sifreca.esalq.usp.br)>. Acesso em: 5 jun. 2012.

SINDICATO NACIONAL DAS EMPRESAS DE NAVEGAÇÃO MARÍTIMA – SYNDARMA (2011), *Números, informações e estatísticas do setor*. Disponível em: <[www.syndarma.org.br](http://www.syndarma.org.br)>. Acesso em: 30 nov. 2011.

STANTON, M. A., SENNA, L. (2003), "Aplicação de QFD e preferência declarada no transporte de cabotagem", *Transportes*, v. XI, n. 1 (jun.), pp. 43-52.

TAVASSZY, A. L., VAN DER VLIST, J. M., VAM HASELEM, J. M. (2007), "Freight transportation system modelling: chains, chains and chains". In: *Seventh International Special Conference of IFORS: Information Systems in Logistics and Transportation*, páginas não informadas, Gothenburg.

TN (2010), *Estudos de caso*. Disponível em: <[www.cfn.com.br](http://www.cfn.com.br)>. Acesso em: 5 nov. 2010.

TRAIN, K. (2003), *Discret Choice Methods with Simulation*. Publicado pela Universidade de Cambridge, 1. ed.

TSAMBOULAS, D. A., KAPROS, S. (2000), "Decision-Making Process in Intermodal Transportation", *Transportation Research Record*, n. 1707, pp. 86-93.

UNITED STATES DEPARTMENT OF TRANSPORTATION – USDOT (2005), *Intermodal transportation and inventory cost model highway-to-rail intermodal: user's manual*. Disponível em: <[www.dot.gov/new/index.html](http://www.dot.gov/new/index.html)>. Acesso em: 24 jan. 2008.

VERNIMNEN, B., DULLAERT, W., WILLEME, P. (2008), "Using the inventory-theoretic framework to determine cost-minimizing supply strategies in a stochastic setting". *International Journal of Production Economics*, n. 115, pp. 248-259.

VIEIRA, H. F. (1996), *Uma visão empresarial do processo de exportação de produtos containerizados catarinenses e a análise do nível de serviço logístico*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis (SC).

WANG, M. (2008). "Uncertain Analysis of Inventory Theoretic Model for Freight Mode Choice". In: *International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, páginas e local não informados.

## APÊNDICE A – Exemplo de diferentes tipos de acondicionamento de carga

Para um melhor entendimento das diferenças entre os tipos de carga, apresenta-se o exemplo a seguir com três alternativas para a movimentação de açúcar.

Alternativa 1: o açúcar é comumente transportado para os portos brasileiros em semirreboques graneleiros e carregado nos navios graneleiros através de *ship-loaders* (Figura 1). Neste caso, em todas as etapas do transporte e movimentação do açúcar, ele é classificado como carga a granel.



Figura 1 – Carga a granel: açúcar movimentado a granel.  
Fonte: Images Google (2008).

Alternativa 2: Analise-se o estudo de caso da empresa Cosan, extraído de pesquisa de campo realizada no ano de 2004 (ANTT, 2004).

Na ocasião da pesquisa, a Cosan era a maior exportadora do setor açucareiro do país, com uma movimentação anual em seu terminal próprio no Porto de Santos de 3,5 milhões de toneladas de granéis, das quais cerca de 1,9 milhões eram de carga própria e o restante pertencente a outros embarcadores.

Nesta época, executava-se o transporte do açúcar para o Porto de Santos exclusivamente pelo modo rodoviário. No entanto, estudava-se a implantação de operação rodoferroviária junto à operadora ferroviária Ferrobán. A operação logística projetada consistia em transportar cerca de 190.000 toneladas/mês de açúcar a granel em contêineres, das usinas localizadas nas regiões de Andradina e Araraquara até um terminal de contêineres da empresa em Samaritá, na região de Cubatão, onde seriam descarregados e transferidos para caminhões que realizariam a ponta rodoviária até o Terminal Portuário da Cosan no Porto de Santos.

As principais vantagens dessa operação apontavam para menores custos logísticos e menores investimentos em infraestrutura para viabilizar a intermodalidade.

Em termos de custos logísticos, a operação rodoviária de Araçatuba a Santos foi orçada na ocasião da pesquisa, em torno de R\$ 85,00/t, enquanto a operação rodoferroviária planejada custaria cerca de R\$ 77,00/t.

Além disso, o investimento necessário para esta operação, compra de contêineres e empilhadeiras, mostrou-se sensivelmente mais barato e viável em curto prazo, do que investimento necessário para viabilizar outra alternativa de intermodalidade nessa operação, ou seja, construção de ramais ferroviários, estrutura de armazenagem e carregamento de vagões e aquisição de vagões ferroviários.

O açúcar movimentado em contêineres pela Cosan na alternativa apresentada é um exemplo de carga geral containerizada.

Alternativa 3: O açúcar transportado e movimentado em sacos (Figura 2), enquadra-se no conceito de carga geral.



Figura 2 – Carga geral: açúcar movimentado em sacos.  
Fonte: Images Google (2008).

## APÊNDICE B – Estudos de caso

### Estudo de Caso 1: SLC Alimentos

Para atender a SLC Alimentos, terceira maior comercializadora de arroz branco no Brasil, a ALL desenvolveu um projeto logístico que contempla a transferência dos produtos a partir da saída das três beneficiadoras em São Borja, Alegrete e Camaquã, no Rio Grande do Sul, até a distribuição nos pontos de venda em São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

A maior parte da produção da SLC passou a ser transportada pelo modo ferroviário. Somente o arroz proveniente da unidade de São Borja (RS) continuou seguindo até São Paulo por rodovia. O arroz passou a ser enviado para o centro de distribuição da própria ALL, em Tatuí (SP), onde se disponibilizou um armazém de cinco mil metros quadrados, a partir de onde passou a ser distribuído aos pontos de venda pela ALL, com caminhões próprios, agregados e terceirizados. Antes do acordo, a SLC mantinha seu estoque em um armazém próprio, instalado na Grande São Paulo, que foi desativado. A gestão do estoque também passou a ser feita pela ALL.

### Estudo de Caso 2: Companhia Siderúrgica Nacional

A ALL desenvolveu para a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) uma nova opção logística para o abastecimento do mercado no Rio Grande do Sul com produtos siderúrgicos que saem da indústria em Volta Redonda (RJ).

Anteriormente, os produtos siderúrgicos saíam de Volta Redonda e eram entregues direto aos clientes no Rio Grande do Sul utilizando a opção rodoviária. A mercadoria era embarcada após o fechamento do pedido do cliente. Com isso o tempo de entrega das bobinas era de aproximadamente 72 horas.

Optou-se por uma solução intermodal. O transporte até o Rio Grande do Sul passou a ser feito pelo modo ferroviário, em uma operação que envolve três ferrovias: MRS, Ferrobán e ALL. Os produtos siderúrgicos embalados, paletizados e soltos seguem da fábrica em Volta Redonda até um centro de distribuição disponibilizado pela ALL em Porto Alegre (RS) pela ferrovia. Desta forma, quando um cliente faz um pedido, a mercadoria já está no Rio Grande do Sul e ele pode recebê-la em 24 horas, através do modo rodoviário que complementa o transporte na ponta final.

As principais vantagens para o embarcador da logística intermodal projetada foram:

- Redução do prazo de entrega de 72 horas para 24 horas, por meio de um centro de distribuição em Porto Alegre; e

- Redução dos custos logísticos.

### **Estudo de Caso 3: Coca-Cola**

O projeto consistia em transportar refrigerantes em lata paletizados da fábrica da Coca-Cola em Fortaleza (CE) até os centros de distribuição de Crato (CE), Teresina (PI) e Salvador (BA), com maior segurança e menores índices de avaria do que no modo rodoviário, opção utilizada até então.

A solução encontrada foi retirar a carga paletizada da fábrica em caminhões e levá-la até o terminal ferroviário em Mucuripe, onde uma empilhadeira retirava os paletes e os carregava em vagões. Para otimizar o uso do espaço dentro dos vagões fechados, alguns paletes eram desfeitos para que a carga fosse acomodada sobre os paletes inteiros na forma de “carga batida”<sup>9</sup>. Pois era necessário reorganizar os paletes no destino, com filme plástico, conforme eles tinham sido entregues.

No terminal de ferroviário de destino a carga era transferida para caminhões que levavam os paletes de refrigerante em lata até os centros de distribuição determinados.

Os principais obstáculos enfrentados para implementar o projeto intermodal foram:

- desfazer paletes e remontá-los com o mesmo lote;
- saber se o número de avarias seria menor;
- verificar se o *transit-time* mais longo da opção intermodal levaria a um estoque maior do que a opção rodoviária; e
- falta de experiência do pessoal da movimentação de carga.

Apesar dos obstáculos, a implantação do projeto intermodal resultou em reduções consideráveis nos índices de avarias.

### **Estudo de Caso 4: AMBEV**

O serviço consistia em transportar paletes com engradados de cerveja da fábrica de Fortaleza (CE) até o dentro de distribuição em São Luiz do Maranhão (MA), e retornar com vasilhame e engradados vazios, com maior segurança e menores índices de avaria do que no modo rodoviário, opção utilizada até então.

A solução encontrada foi retirar a carga paletizada da fábrica em caminhões e levá-la até o terminal ferroviário em Mucuripe onde uma empilhadeira retirava os paletes e os carregava em vagões.

No terminal ferroviário de destino a carga era transferida para caminhões que levavam os paletes com os engradados de garrafas de cerveja cheias até os centros

---

<sup>9</sup> Carga batida: denominação popular empregada para caracterizar a carga geral embalada que é carregada manualmente nos veículos de transporte.

de distribuição.

Os principais obstáculos enfrentados para implementar o projeto intermodal foram:

- investimento inicial em vasilhame, pois o tempo total da operação intermodal era maior que o da operação unimodal (rodoviária), sendo necessário um maior estoque desses recipientes;
- avaliar se os índices de avarias seriam menores;
- avaliar se as perdas com furtos seriam menores;
- manter a adequada temperatura da carga: as cargas foram monitoradas com termômetros verificando se não excediam a temperatura máxima permitida.

A implantação do projeto intermodal resultou em índices de avarias aceitáveis e redução nos furtos (somente poucas garrafas retiradas pela parte superior do vagão).

#### **Estudo de Caso 5: Brasil Foods**

Até junho 2009, as cargas de carne de frango congelada, industrializadas nas fábricas do Estado do Mato Grosso (MT), eram transferidas via modo rodoviário até portos secos localizados nas regiões do Porto de Itajaí (A1) e Porto de Santos (A2). Nesta época, o acondicionamento da carga nas fábricas era feito exclusivamente em semirreboques frigorificados com capacidade de 27 toneladas. Nos terminais de carga frigorificada localizados próximos às regiões portuárias, a carne de frango congelada era retirada dos semirreboques para armazenamento e posterior estufagem em contêineres refrigerados, que eram destinados aos terminas portuários para serem embarcados em navios porta-contêiner.

A partir de julho de 2009, implantou-se uma alternativa intermodal rodoferroviária (A3) que passou a escoar parte desta demanda. Utilizando A3, a carne de frango congelada é acondicionada nas fábricas em contêineres refrigerados de 40 pés e capacidade de 27 toneladas. Posteriormente, estes contêineres são embarcados em semirreboques porta-contêiner e enviados via modo rodoviário até o terminal intermodal rodoferroviário (TI) localizado no município de Alto Taquari (MT). Ali os contêineres refrigerados são retirados dos semirreboques porta-contêiner, podendo ficar armazenados por até 10 dias sem custos adicionais ao embarcador ou ser embarcados nos vagões plataformas por meio de empilhadeiras, sendo transferidos via modo ferroviário em trens de 45 vagões até o TI localizado em Sumaré (SP). No TI de Sumaré os contêineres refrigerados podem ficar armazenados por até 10 dias sem custos adicionais para o embarcador ou ser embarcados em semirreboques porta-contêiner, via modo rodoviário, até o porto de Santos.

## APÊNDICE C – Tipos de contêineres

Os principais tipos de contêineres encontrados utilizados atualmente no comércio mundial são:

- Dry Box: Totalmente fechados, com portas nos fundos, sendo os mais utilizados e adequados para o transporte da maioria das cargas gerais secas existentes. Podem ter 20' ou 40' (Figura 1);



Figura 1 – *Dry Box* – Contêiner de 20'.  
Fonte: Images Google (2008).

- Open Tops: Contêiner aberto em cima ou fechado no topo apenas com uma lona removível por ocasião do enchimento ou esvaziamento do mesmo conforme ilustrado na Figura 2. Esses contêineres são construídos especialmente para atender ao transporte de mercadorias que só podem ser acomodadas pela parte de cima; normalmente, essas mercadorias são içadas através de pontes rolantes;



Figura 2 - *Open Top* Contêiner. Dimensão – 20'.  
Fonte: Images Google (2008).

- Tanks ou Tanque: contêiner construído para o transporte de granéis líquidos, como pode ser visto na Figura 3;



Figura 3 – Tank Contêiner.  
Fonte: Images Google (2008).

- Reefers ou Refrigerados: são contêineres que possuem um sistema de refrigeração que mantém a carga constantemente a baixas temperaturas (Figura 4);



Figura 4 – Reefer Contêiner.  
Fonte: Images Google (2008).

- Collapsibles ou Desmontáveis: São contêineres desmontáveis, construídos para facilitar o seu transporte quando vazios. Uma vez desmontados cinco unidades modulares desses contêineres perfazem ou ocupam o espaço de uma (Figura 5);



Figura 5 – *Collapsibles* Contêineres.  
Fonte: Images Google (2008).

- *Livestocks* ou gaiolas: Contêineres para o transporte de animais vivos (Figura 6);



Figura 6 – *Livestock*.  
Fonte: Images Google (2008).

#### Contêiner

- *Flat Rack*: Contêiner plataforma sem as paredes laterais e sem teto, com cabeceiras fixas, ou dobráveis, adequado para cargas pesadas e grandes, que excedam um pouco as suas dimensões (Figura 7).



Figura 7 – *Flat Rack* Contêiner.  
Fonte: Images Google (2008).

## APÊNDICE D – Entrevista Brasil Foods

### ENTREVISTADOS:

Nome: Alexandre Fazzolari

e-mail: Alexandre.Fazzolari@sadia.com.br

Cargo: Analista de Logística

Nome: Osvaldo Carvalho

e-mail:Osvaldo.Carvalho@sadia.com.br

Cargo: Analista de Logística

### OBJETIVOS

- Aprofundar conhecimento sobre a operação de Transferência Rodo-Ferroviária da Brasil Foods (BF) entre Lucas do Rio Verde e o Porto de Santos FOCO;
- Identificar o Nível de Serviço atual das operações;
- Identificar fatores que norteiam a escolha das alternativas logísticas utilizadas pela empresa.

### CONFIGURAÇÃO DA REDE

#### 1. Como está configurada a rede logística da empresa ?

Historicamente, até junho 2009, as cargas de frango congelado industrializado nas fábricas do Estado do Mato Grosso (MT) eram transferidas via modo rodoviário até terminais de carga frigorificada localizados nas regiões dos portos de Paranaguá, São Francisco do Sul Itajaí e Santos.

O acondicionamento da carga nas fábricas era feito exclusivamente em semirreboques frigorificados com capacidade de 27 toneladas. Nos terminais de carga frigorificada localizados próximos às regiões portuárias, o frango congelado era retirado dos semirreboques para armazenamento e posterior estufagem em contêineres *reefers*, que eram destinados aos terminas portuários para serem embarcados em navios porta-contêineres.

A partir de julho de 2009, uma nova alternativa logística foi estruturada para o escoamento das cargas de carne de frango congelado oriundas do MT com destino ao Porto de Santos.

Nesta nova alternativa, a carga é acondicionada nas fábricas em contêineres *reefers* de 40 pés e capacidade de 27 toneladas. Posteriormente, estes contêineres são embarcados em semirreboques porta-contêineres e enviados via modo rodoviário até terminal intermodal rodo-ferroviário (TI) localizado no Município de Alto Taquari (MT). Ali os contêineres *reefers* são retirados dos semirreboques porta-contêineres, podendo ficar armazenados por até 10 dias sem custos adicionais ao embarcador ou ser embarcados nos vagões plataformas por meio de empilhadeiras sendo transferidos via modo ferroviário até o TI localizado em Sumaré (SP). No TI de Sumaré os contêineres *reefers* podem ficar armazenados por até 10 dias sem custos adicionais para o embarcador ou ser embarcados em semi-reboques porta-contêineres, via modo rodoviário, até o Porto de Santos.

**2. As outras fábricas e centros de distribuição da área de influencia do Porto de Santos, também utilizam esta operação?**

Praticamente todas as Fábricas da BF no Mato Grosso escoam a maior parte de suas cargas atualmente pelo canal Intermodal.

Várzea Grande (MT) S ( X ) N ( )

Campo Verde (MT) S ( X ) N( )

Lucas do Rio Verde (MT) S ( X ) N( )

**3. Algum projeto futuro previsto?**

Não.

**4. Como é feita a logística reversa?**

Ponta rodoviária Alto Taquari - Contêiner sai estufado das Fábricas vai até o terminal ferroviário e retorna vazio

Ponta rodoviária Sumaré - Contêiner sai estufado do Terminal e retorna vazio do Porto de Santos (Conceiçãozinha)

Transferência ferroviária: Contêiner sai estufado de Alta Taquari e retorna vazio de Sumaré.

**PERFIL DA FROTA**

**1. A frota é própria ou terceirizada?**

Própria: 0 %

Terceirizada: 100% %

**2. Qual o modelo/tipo de implementos rodoviários utilizados?**

Semirreboques *reefers* com destino aos Portos de Paraná e Itajaí e semirreboques porta contêineres com destino ao Porto de Santos.

**3. Qual o custo de transporte das operações de transferência?**

Não informado.

**4. Qual o valor médio de uma carga de transferência?**

De R\$ 50.000 a R\$ 100.000,00 por FEU.

## **MOVIMENTAÇÃO E ARMAZENAGEM**

**1. Como ocorre o acondicionamento das cargas nos veículos de transferência?**

Em contêineres de 40 pés ou em semi-reboques refrigerados.

**2. Qual a quantidade média de carga carregada em cada veículo de transferência?**

27 toneladas.

**3. Qual o custo médio das operações de movimentação e armazenagem no Terminal Rodo-ferroviário e nos Portos de Santos, Paranaguá e Itajaí?**

Não Informados.

Os custos portuários do Porto de Santos são maiores do que os do Porto de Itajaí em função do THC e custo das tomadas para contêineres reefers.

## **ESTOQUES**

**1. O Custo do Estoque é considerado na Escolha Modal?**

Não. No entanto entende-se que os estoques em trânsito reduzem os custos de armazenagem.

**2. Qual o estoque médio nas fábricas e nos centros de distribuição?**

Operamos just in time.

## NÍVEL DE SERVIÇO

### 1. Como é avaliado o Nível de Serviço destas Operações?

Pontualidade, Nível de Avaria de Carga, Número de Roubos de Carga, Número de Acidentes.

### 2. Qual a avaliação do Nível de Serviço destas operações de transferência?

Notas de 1 a 10.

	ROODOVIÁRIO	INTERMODAL
Pontualidade:	9	6
Nível de Avaria de Cargas:	9	5
Risco de Roubo de Carga:	10	5
Risco de Acidentes:	9	9
Nível de Serviço Global:	9	5

## OUTROS

### 1. Que outros fatores limitam uma maior utilização da opção intermodal:

A oferta de armazenagem nos portos.

### 2. O Nível de Serviço não é relevante na escolha modal?

É relevante, mas não fundamental. O Nível de Serviço não satisfatório do modo ferroviário, por exemplo, é compensado pela redução dos custos de armazenagem.

### 3. Algum outro fator é determinante na escolha modal?

A cadeia de comercialização do produto. A mudança de estratégia, com a migração para o Porto de Santos se deu devido ao aumento da demanda internacional por carne de frango, e a redução de custos logísticos. O aumento da capacidade de armazenagem no porto de Santos também foi fundamental.