

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Estimativa da demanda de carga captável pela Estrada de Ferro Norte-Sul**

**José Eduardo Holler Branco**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

**Piracicaba  
2007**

José Eduardo Holler Branco  
Engenheiro Agrônomo

**Estimativa da demanda de carga captável pela Estrada de Ferro Norte-Sul**

Orientador:  
Prof. Dr. **JOSÉ VICENTE CAIXETA FILHO**

Dissertação apresentada para obtenção do título  
de Mestre em Ciências. Área de concentração:  
Economia Aplicada

Piracicaba  
2007

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Branco, José Eduardo Holler

Estimativa da demanda de carga captável pela Estrada de Ferro Norte-Sul / José  
Eduardo Holler Branco. - - Piracicaba, 2007.

156 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.  
Bibliografia.

1. Ferrovias 2. Logística (administração de empresas) 3. Programação linear  
4. Transporte de cargas 5. Transporte ferroviário I. Título

CDD 385

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

*À minha família, pelo afeto ao abraçar;  
Ao meu pai, pela satisfação e esforço ao educar;  
À minha querida mãe, por todo amor e simplicidade ao sorrir;  
À minha irmã Fabi, pela ousadia ao caminhar;  
À minha irmã Dani, pela sabedoria ao pensar; e  
Ao meu sobrinho Gabriel, pela pureza ao sonhar.*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Para o Professor Caixeta, pela paciência, pelo cuidado, pelo esforço, pelo estímulo ao crescimento, pelos desafios, pelo grande aprendizado, por acreditar e reconhecer, pela nobreza do trabalho e, acima de tudo, pelo grandioso exemplo a seguir.

Para os colegas de república, Purpurina, Ximu, Bob e Neto, pelos inesquecíveis momentos de companheirismo, pelo crescimento mútuo, pela força e compreensão nos momentos difíceis e pela alegria nos tempos de paz.

Para os colegas de mestrado, em especial para o Carlos, o André, a Laura, o Rodrigo, a Débora e o Egmar, pela diversidade de opinião, pelas discussões, pelas críticas construtivas e pela amizade.

Para a República Balako-Bako, por me oferecer uma segunda família em Piracicaba.

Para os colegas do ESALQ-LOG, pelo prazeroso convívio, pelo suporte nos momentos difíceis, por acreditarem, por toda contribuição e pelo estímulo para crescer.

Para a gloriosa ESALQ, por toda aprendizagem e ensino de qualidade e, especialmente, para o Departamento de Economia desta Escola, pelo Curso de Mestrado e pela educação e formação profissional de excelência.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT .....	7
LISTA DE TABELAS .....	8
LISTA DE TABELAS .....	11
1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivos .....	18
1.2 Estrutura do trabalho .....	19
2.1 Um breve histórico do transporte ferroviário de cargas no Brasil .....	20
2.2 Panorama atual do transporte de cargas no Brasil .....	30
2.3 Caracterização do Corredor Centro-Norte e sua área de influência.....	43
Tabela 3 – Rotas de exportação de soja com os menores custos de transporte com origem no Estado de Mato Grosso .....	48
Tabela 4 – Rotas de exportação de soja com os menores custos de transporte com origem no Estado de Goiás.....	49
Tabela 5 – Rotas de exportação de soja com os menores custos de transporte com origem nos Estados do Maranhão e Piauí .....	49
2.4 Modelos utilizados para estimativa de demanda de carga .....	50
3.1 Divisão espacial da área de análise e escolha dos centróides.....	59
3.2 Modelo matemático proposto .....	62
3.3 Determinação da quantidade de carga gerada e atraída pelas unidades geográficas definidas pelo zoneamento .....	69
3.4 Dados de exportação e importação de produtos.....	74
Tabela 6 – Centróides representados por portos.....	76
3.5 Representação da malha viária de transporte.....	76

3.6 Estimativa do custo de transporte .....	77
Tabela 7 - Coeficientes obtidos para os modelos de frete rodoviário e respectivos testes de ajustes estatísticos .....	80
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	82
4.1 “Cenário Atual” .....	84
Tabela 8 – Fluxos ferroviários de soja indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS e participação de cada fluxo em relação ao total movimentado pela ferrovia (Cenário Atual).....	85
Tabela 9 – Fluxos ferroviários de álcool indicado pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Atual).....	86
Tabela 10 – Fluxo de arroz através da EFNS (Cenário Atual).....	86
Tabela 11 – Fluxo de fertilizantes através da EFNS (Cenário Atual).....	86
Tabela 12 – Fluxo de derivados de petróleo através da EFNS (Cenário Atual).....	87
Tabela 13 – Quantidade de carga captável pela EFNS originada a partir de cada centróide gerador de carga e participação deste na quantidade total indicada para movimentação através da ferrovia (Cenário Atual) .....	88
4.2 “Cenário Senador Canedo” .....	89
Tabela 14 - Fluxos ferroviários de soja indicados pelo modelo para a EFNS e participação de cada fluxo em relação ao total movimentado pela ferrovia (Cenário Senador Canedo).....	90
Tabela 15 - Fluxos de açúcar indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo) .....	91
Tabela 16 - Fluxos de álcool indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo) .....	91

Tabela 17 - Fluxos de arroz indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo) .....	92
Tabela 18 - Fluxos de farelo de soja indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo) .....	92
Tabela 19 - Fluxos de óleo de soja indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo) .....	93
Tabela 20 - Fluxos de fertilizantes indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo) .....	93
Tabela 21 - Fluxos de derivados de petróleo indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo) .....	94
Tabela 22 – Quantidade de carga indicada pelo modelo para embarque através dos pontos de transbordo da EFNS e participação de cada ponto de transbordo no volume total movimentado pela ferrovia (Cenário Senador Canedo) 94	
Tabela 23 – Quantidade de carga captável pela EFNS originada a partir de cada centróide gerador de carga e participação deste na quantidade total indicada para movimentação através da ferrovia (Cenário Senador Canedo) .....	95
4.3 “Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados” .....	96
Tabela 24 – Fluxos ferroviários de soja indicados pelo modelo para a EFNS e participação de cada fluxo em relação ao total movimentado pela ferrovia (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados) .....	97
Tabela 25 – Fluxos de açúcar indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados) .....	98
Tabela 26 – Fluxos de álcool indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados) .....	98



Tabela 27 - Fluxos de arroz indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados) .....	99
Tabela 28 – Fluxos de farelo de soja indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados) 99	
Tabela 29 - Fluxos de óleo de soja indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados).....	100
Tabela 30 - Fluxos de fertilizantes indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados).....	100
Tabela 31 - Fluxos de derivados de petróleo indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados).....	101
4.4 Análise dos resultados .....	104
5 CONCLUSÕES .....	108
REFERÊNCIAS .....	112
APÊNDICE A - As concessionárias ferroviárias e os projetos de expansão da malha	119
ANEXO B – Fluxos ferroviários e hidroviários correspondentes ao produto soja indicados pelo modelo de otimização.....	154

## RESUMO

### **Estimativa da demanda de carga captável pela Estrada de Ferro Norte-Sul**

Este trabalho teve como objetivo principal a estimativa de demanda de carga captável pela Estrada de Ferro Norte-Sul. A análise da quantidade de carga com aptidão para movimentação através do trecho ferroviário foi realizada com o auxílio de um modelo linear de otimização de fluxos em rede. Referenciando-se na abordagem teórica dos modelos de Equilíbrio de Fluxos em Rede propôs-se o uso de um modelo de transporte para quantificar o volume de carga captável pela ferrovia. Os resultados obtidos indicaram fluxos que somam aproximadamente 1,5 milhão de toneladas de cargas através da ferrovia, considerando o ano base de 2005 e a malha ferroviária correspondente ao trecho que se encontra atualmente em operação, que liga Estreito (MA) até São Luís (MA), através da Estrada de Ferro Carajás. Quando se analisou o impacto da expansão da Estrada de Ferro Norte-Sul até Senador Canedo (GO), a demanda de carga captável alcançou 3,1 milhões de toneladas. A análise dos resultados auxiliou na identificação dos principais centróides geradores de carga para a ferrovia, os pontos de transbordo mais representativos da malha e os principais produtos com potencial de movimentação no trecho ferroviário, revelando que o modelo proposto pode ser utilizado como uma importante ferramenta de suporte às atividades relacionadas ao planejamento estratégico de sistemas de transportes.

Palavras-chave: Transportes; Ferrovias; Programação linear; Logística

## ABSTRACT

### **Estimating freight demand for North South Railway**

The main goal of this thesis was to estimate the freight demand for Brazil's North-South Railway. The evaluation of the amount of cargo that could be attracted by the railway was done through the use of a linear optimization network flow model. During 2005, the results showed a total of 1.2 million tons of inter-regional flows that have potential to be moved through the rail branch line between Estreito (MA) and São Luís (MA). When the freight demand was measured for the total extension of the railway that is planned to connect Senador Canedo (GO) to São Luís (MA) the total load reached 3.0 million tons. This model has shown to be a practical tool for evaluating the potential flows through a transportation infrastructure and for identifying the origins and routes related to these flows. The present research also offers valuable inputs for transportation strategic planning.

Keywords: Transportation; Railway; Linear programming; Logistics

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Evolução do tráfego de mercadorias no Brasil (a partir de 1950) .....	23
Tabela 2 -	Classificação dos atributos de transporte dentre os diferentes modais....	35
Tabela 3 -	Rotas de exportação de soja com os menores custos de transporte com origem no Estado de Mato Grosso .....	48
Tabela 4 -	Rotas de exportação de soja com os menores custos de transporte com origem no Estado de Goiás .....	49
Tabela 5 -	Rotas de exportação de soja com os menores custos de transporte com origem nos Estados do Maranhão e Piauí.....	49
Tabela 6 -	Centróides representados por portos .....	76
Tabela 7 -	Coeficientes obtidos para os modelos de frete rodoviário e respectivos testes de ajustes estatísticos .....	80
Tabela 8 -	Fluxos ferroviários de soja indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS e participação de cada fluxo em relação ao total movimentado pela ferrovia (Cenário Atual) .....	85
Tabela 9 -	Fluxos ferroviários de álcool indicado pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Atual) .....	86
Tabela 10 -	Fluxo de arroz através da EFNS (Cenário Atual) .....	86
Tabela 11 -	Fluxo de fertilizantes através da EFNS (Cenário Atual) .....	86
Tabela 12 -	Fluxo de derivados de petróleo através da EFNS (Cenário Atual) .....	87
Tabela 13 -	Quantidade de carga captável pela EFNS originada a partir de cada centróide gerador de carga e participação deste na quantidade total indicada para movimentação através da ferrovia (Cenário Atual) .....	88

Tabela 14 - Fluxos ferroviários de soja indicados pelo modelo para a EFNS e participação de cada fluxo em relação ao total movimentado pela ferrovia (Cenário Senador Canedo) .....	90
Tabela 15 - Fluxos de açúcar indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo).....	91
Tabela 16 - Fluxos de álcool indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo).....	91
Tabela 17 - Fluxos de arroz indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo).....	92
Tabela 18 - Fluxos de farelo de soja indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo).....	92
Tabela 19 - Fluxos de óleo de soja indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo).....	93
Tabela 20 - Fluxos de fertilizantes indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo).....	93
Tabela 21 - Fluxos de derivados de petróleo indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo).....	94
Tabela 22 - Quantidade de carga indicada pelo modelo para embarque através dos pontos de transbordo da EFNS e participação de cada ponto de transbordo no volume total movimentado pela ferrovia (Cenário Senador Canedo).....	94
Tabela 23 - Quantidade de carga captável pela EFNS originada a partir de cada centróide gerador de carga e participação deste na quantidade total indicada para movimentação através da ferrovia (Cenário Senador Canedo) .....	95

Tabela 24 - Fluxos ferroviários de soja indicados pelo modelo para a EFNS e participação de cada fluxo em relação ao total movimentado pela ferrovia (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados).....	97
Tabela 25 - Fluxos de açúcar indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados) .....	98
Tabela 26 - Fluxos de álcool indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados) .....	98
Tabela 27 - Fluxos de arroz indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados) .....	99
Tabela 28 - Fluxos de farelo de soja indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados)...	99
Tabela 29 - Fluxos de óleo de soja indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados).	100
Tabela 30 - Fluxos de fertilizantes indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados).	100
Tabela 31 - Fluxos de derivados de petróleo indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados) .....	101
Tabela 32 – Quantidade de carga indicada pelo modelo para embarque através dos pontos de transbordo da EFNS e participação de cada ponto de transbordo no volume total movimentado pela ferrovia (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados) .....	99
Tabela 33 – Quantidade de carga captável pela EFNS originada a partir de cada centróide gerador de carga e participação deste na quantidade total indicada para movimentação através da ferrovia (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados) .....	100

## 1 INTRODUÇÃO

Os ganhos econômicos proporcionados por um sistema de transporte eficiente são bastante evidentes. Dentre os mecanismos para aumentar a competitividade dos produtos nacionais no mercado mundial e, conseqüentemente, estimular a conquista de novos mercados, a implantação de um sistema logístico eficaz é, incontestavelmente, uma das melhores estratégias.

No Brasil, a escassez de investimentos e planejamento destinados para o setor de transportes nas últimas décadas fez com que o sistema de transportes andasse em descompasso com o crescimento econômico. Como decorrência das dificuldades fiscais e políticas inadequadas, a rede de transportes brasileira passou por um processo de sucateamento, atingindo alarmante situação, já nomeada por alguns especialistas de “apagão” logístico.

A Pesquisa Rodoviária 2006, realizada pela Confederação Nacional dos Transportes – CNT (2006), avaliou a qualidade de aproximadamente 80.000 km de rodovias e classificou 72% das estradas visitadas em condição regular, ruim ou péssima. Além das péssimas condições de infra-estrutura, o modal rodoviário vem atravessando um cenário de concorrência predatória que derruba os valores de frete, atingindo níveis de preços muitas vezes sequer suficientes para cobrir os custos operacionais incorridos. Este cenário acaba inibindo a expansão de outros modais que poderiam contribuir para o desenvolvimento de um sistema de transporte mais eficiente.

Os gargalos não se limitam ao modal rodoviário. No caso das ferrovias, mesmo após as melhorias de desempenho verificadas com a privatização da Rede Ferroviária Nacional S.A. - RFFSA e da antiga Ferrovia Paulista S.A. - FEPASA, o transporte ferroviário brasileiro ainda apresenta gargalos que dificultam o bom desempenho operacional das ferrovias, como baixa velocidade de percurso, elevado número de acidentes, frota antiga, número de vagões insuficientes, problemas de tráfego decorrentes da ocupação das faixas de domínio, cruzamentos em nível inadequados, traçados com trechos sinuosos e declives acentuados. Além dos já citados, não podem ser omitidos mais dois obstáculos, que são as diferenças de bitola

ao longo das ferrovias e conflitos entre as concessionárias quanto ao direito de passagem.

A matriz de transporte de cargas brasileira, que revela uma participação muito alta do modal rodoviário, é outro fator que contribui para a ineficiência do transporte de cargas no país. Esta característica é herança das políticas de transporte com tendência “rodoviarista” que vieram à tona a partir da década de 30. Desde então, os recursos disponíveis para investimento em transporte foram alocados predominantemente para a construção e manutenção das estradas rodoviárias. Este comportamento causou um desequilíbrio na matriz de transportes nacional, que até hoje revela uma participação preponderante do modal rodoviário no transporte de cargas do país.

Considerando as grandes dimensões do país, o uso predominante do transporte rodoviário não se revela uma estratégia adequada para o escoamento da produção brasileira. Países de grande extensão, como E.U.A, Canadá, Rússia e China apresentam uma maior participação dos modais hidroviário e ferroviário nas suas matrizes. Estes modais revelam maior eficiência energética e menores custos operacionais em relação ao modal rodoviário, apresentando-se, portanto, como alternativas mais econômicas para o transporte de cargas a longa distância.

Com certa euforia, vêm sendo anunciadas mudanças de comportamento no transporte de cargas brasileiro. O fluxo de cargas pelas ferrovias mostrou taxas de crescimento relativamente altas nos últimos anos, principalmente entre 2002 e 2006. Os investimentos realizados pelas concessionárias ferroviárias vêm proporcionando uma retomada do transporte ferroviário e sua maior contribuição no transporte de cargas nacional, conduzindo a matriz de transportes brasileira a uma configuração mais racional.

Quanto à expansão da malha ferroviária, que há muito tempo não mostrava avanços significativos, dois projetos que constavam nas pautas do Plano Plurianual do atual governo tiveram suas obras iniciadas. Em 2006 começaram as intervenções para a construção da Novatransnordestina assim como foram retomadas as obras da Estrada de Ferro Norte-Sul.



A Estrada de Ferro Norte-Sul, atualmente sob a gestão da Valec Engenharia, uma empresa estatal, é uma ferrovia que, quando pronta, ligará as cidades de Senador Canedo (GO) a Belém (PA). Ela também terá acesso ao Porto de Itaqui (MA) através da Estrada de Ferro Carajás (EFC). Atualmente, o trecho da Estrada de Ferro Norte-Sul entre Estreito (TO) e Açailândia (MA), ponto de conexão com a EFC, já se encontra em operação (Figura 1).



Figura 1 – Traçado da malha da Estrada de Ferro Norte-Sul

Fonte: Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT (2006), modificada pelo autor.

Esta ferrovia é de particular importância para o desenvolvimento econômico do Brasil, já que ela propiciará a interligação das regiões Norte e Nordeste com as regiões Sul e Sudeste do país. Além disso, a Estrada de Ferro Norte-Sul constituirá uma importante alternativa para o escoamento da produção agrícola e agroindustrial da região central de Mato Grosso, do Estado de Tocantins, do Norte de Goiás, do Extremo-Oeste Baiano e do Sul do Maranhão. Estas regiões abrigam as principais áreas de produção da fronteira agrícola, que vêm enfrentando graves entraves logísticos para a expansão de suas economias em função, principalmente, da escassez de infraestrutura de transportes.

É importante destacar que o escoamento da produção das áreas de fronteiras agrícolas no Brasil percorre longas distâncias até chegar ao destino final, normalmente na carroceria dos caminhões. Sabendo que o custo de transporte a longas distâncias através do modal ferroviário chega a ser 30% mais baixo que o modal rodoviário, é bastante evidente que o uso do transporte ferroviário para a movimentação da produção local resultará na diminuição dos custos logísticos, sobretudo no caso da soja, principal *commodity* agrícola do país.

A área de influência da ferrovia envolve as principais regiões produtoras e exportadoras de soja, o que realça o importante papel que a ferrovia pode exercer para alavancar a competitividade deste produto e, conseqüentemente, a economia local. Cabe frisar que esta região também apresenta elevado potencial para a produção de biocombustíveis, sendo a ferrovia um importante aliado para a expansão desta promissora atividade econômica.

Ademais, as ferrovias sempre se mostraram um vetor pioneiro de desenvolvimento econômico de uma região. A construção de uma ferrovia está associada a elevados níveis de investimento, geração de empregos e crescimento econômico. Neste sentido, muitas indústrias tendem a ser atraídas para a região e os ganhos sociais se tornam visíveis.

Apesar de serem evidentes as vantagens associadas à implantação da Estrada de Ferro Norte-Sul, um projeto ferroviário deve ser sustentável a longo prazo. Grandes inversões de capitais são necessárias para a construção de uma estrada

férrea; no caso da Norte-Sul, os gastos esperados foram orçados em R\$ 2,5 bilhões. Se uma região não apresenta carga suficiente com aptidão para movimentação através do modal ferroviário, o projeto não será sustentável com o passar do tempo. O transporte ferroviário apresenta custos fixos muito elevados e, portanto, demanda grandes volumes de carga para garantir uma receita capaz de amparar sua viabilidade econômica.

É importante frisar que as Parcerias Público-Privadas - PPPs vêm se revelando uma importante forma de captação de recursos para os investimentos em infra-estrutura, frente às dificuldades fiscais que o governo brasileiro vem atravessando. Observa-se que grande parte dos investimentos destinados ao transporte ferroviário nos últimos anos veio da iniciativa privada. No entanto, os recursos privados, normalmente, não têm escopo social e para atraí-los é fundamental a comprovação da viabilidade de um projeto, assim como mostrar expectativas de ganhos compatíveis com as taxas de mercado.

Os estudos de demanda de carga captável por um trecho ferroviário, ou seja, a quantidade de carga com aptidão para embarque na ferrovia, dão suporte às estimativas de receitas, revelando-se assim como uma etapa primordial para a análise da viabilidade econômica de um projeto ferroviário.

## **1.1 Objetivos**

Frente à contribuição que um estudo de demanda pode trazer para o planejamento da Estrada de Ferro Norte-Sul, este trabalho tem como objetivo a avaliação de carga captável pela ferrovia em sua área de influência, de forma a gerar subsídios para o seu planejamento estratégico e para a análise de sua viabilidade econômica.

Neste sentido, um modelo linear de otimização, referenciado na literatura como Modelo de Fluxo de Custo Mínimo Multiproduto (Multicommodity Minimum Cost Flow Problem) será proposto para auxiliar a avaliação da demanda de carga ferroviária atual e futura captável pela Estrada de Ferro Norte-Sul.

Como objetivo secundário, este trabalho visa apresentar um método para a estimativa de demanda ferroviária que seja replicável para outros objetos de estudo, de forma a oferecer uma ferramenta de suporte para o planejamento estratégico de novos projetos que envolvam infra-estrutura de transportes.

## **1.2 Estrutura do trabalho**

O atual capítulo tem como objetivo contextualizar e realçar a importância do tema que está sendo proposto.

O segundo capítulo apresentará um breve histórico do transporte ferroviário de cargas no Brasil, descrevendo a evolução deste modal desde a primeira ferrovia implantada no país, destacando os principais gargalos que retardam o desenvolvimento desta alternativa de transporte assim como apresentando o panorama atual do transporte ferroviário de cargas. Além disso, documentará uma discussão teórica a respeito do cenário atual do transporte de cargas no Brasil. Por último, serão discutidas abordagens metodológicas distintas utilizadas em estudos de estimativa da demanda por transporte de cargas.

Dando continuidade, ao longo do terceiro capítulo, será feita, inicialmente, uma descrição detalhada do método que será considerado no desenvolvimento do estudo. A seguir, no quarto capítulo pretende-se apresentar uma análise crítica dos resultados alcançados que atendem aos objetivos deste estudo, incluindo considerações importantes sobre o tipo de informação contida nos mesmos e a respeito de possíveis limitações metodológicas.

No último capítulo, serão apresentadas as principais opiniões e conclusões decorrentes dos resultados obtidos. Também serão propostas recomendações a respeito do assunto e sobre novas linhas de pesquisa que venham a contribuir e a aperfeiçoar o escopo de estudos correlatos.

## **2.1 Um breve histórico do transporte ferroviário de cargas no Brasil**

A configuração atual da rede ferroviária nacional é decorrente do modelo de implantação e expansão do transporte ferroviário no país. Nesse sentido, a análise da evolução histórica do setor revela-se importante para a contextualização do papel das ferrovias no transporte de cargas do Brasil. Com tal intuito, esta seção apresentará um breve histórico do modal ferroviário no país, realçando os fatores que contribuíram para a configuração do atual cenário do transporte ferroviário de cargas.

De acordo com o histórico a respeito das ferrovias apresentado pelo Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes – DNIT (2006), o primeiro estímulo à implantação de ferrovias no Brasil remonta ao ano de 1835 quando o Governo Imperial, através da Lei nº 101, constituiu a concessão, pelo prazo de 40 anos, às empresas que declarassem interesse na construção de estradas de ferro interligando São Paulo, Rio de Janeiro, Bahia e Rio Grande do Sul. Em razão do insucesso da medida, o Governo promulgou a Lei nº 641, de 26 de junho de 1852, cujo texto oferecia subvenções e garantia de juros mínimos sobre o capital investido às empresas nacionais ou estrangeiras que se propusessem a construir e operar estradas de ferro em todo território nacional.

Segundo informações do DNIT (2006), a primeira estrada de ferro construída no país consistia do trecho ferroviário que ligava o Porto de Estrela, na Baía de Guanabara, à localidade de Raiz da Serra, em direção a Petrópolis. A implantação da linha férrea foi possibilitada pela concessão do Governo Imperial cedida ao empresário Irineu Evangelista de Souza, conhecido como Barão de Mauá, em 1852. A implantação da Estrada de Ferro Mauá propiciou a interligação dos modais hidroviário e ferroviário, inaugurando, portanto, a primeira operação intermodal do país. Após este marco, sucessivas estradas de ferro foram implantadas no país para atender ao aumento da demanda por transporte de produtos primários produzidos no interior do país com destino às regiões portuárias. As estradas de ferro ofereciam importante suporte ao transporte de cargas que, até então, era realizado no lombo de mulas e compartimentos de carroças.

As ferrovias brasileiras apresentaram um *boom* de crescimento ao longo das últimas décadas do século XIX e meados do século XX. Segundo Brasileiro et al. (2001), o período de maior expansão do transporte ferroviário aconteceu entre os anos de 1870 e 1900. Este crescimento foi financiado, principalmente, por capitais ingleses. Ao longo deste período, o acréscimo da malha ferroviária foi da ordem de 12 mil km.

No entanto, este crescimento não foi conduzido por uma política de transporte racional e coerente, admitindo o desenvolvimento de uma rede ferroviária pouco integrada, com traçados curvilíneos e declivosos, configurações que até hoje prejudicam o desempenho operacional de grande parte das ferrovias nacionais.

Brasileiro et al. (2001) argumentam que a falta de planejamento e regulamentação resultou em traçados extensos, curvas e rampas acentuadas, características peculiares à malha ferroviária nacional. Segundo os autores, habitualmente, a ampliação da rede ferroviária apenas seguia os caminhos do café e do açúcar, com pouca preocupação com a viabilidade do traçado, isolamento do trecho e integração com outros modais.

Na opinião de Barat (1978), o transporte ferroviário no Brasil passou a existir para atender à crescente produção de produtos primários destinados para exportação. Por conseguinte, as rotas e traçados da rede ferroviária foram projetados para propiciar o deslocamento de cargas originadas nos centros produtores do interior do país até os portos regionais, através dos corredores de exportação, em detrimento da integração regional. Silva-Júnior (2004) corrobora esta argumentação e afirma que o transporte ferroviário foi implantado no Brasil com o papel de escoamento de produtos agrícolas voltados à exportação, especialmente para o transporte da produção paulista de café, ao contrário de outros países mais desenvolvidos, cujas redes de ferrovias movimentavam predominantemente produtos industrializados, minerais e insumos para sua indústria.

As lacunas deixadas pelo traçado pouco integrado da rede ferroviária brasileira são agravadas pela heterogeneidade de bitolas adotadas ao longo das ferrovias. A falta de padronização de bitolas durante a expansão da rede ferroviária resultou em estradas férreas descontínuas, que dificultam o tráfego de composições

ferroviárias a longas distâncias. Esta impedância ao tráfego de locomotivas e vagões exige que sejam realizadas operações de transbordo, à medida que ocorrem variações de bitola ao longo do percurso. Tal condição encarece e pode até inviabilizar a movimentação de cargas através de longas distâncias ferroviárias.

Brasileiro et al. (2001) revelam que até 1870, as primeiras bitolas a serem adotadas foram as bitolas de 1,60 m, com exceção da ferrovia Mauá, que apresentava bitolas de 1,68 m, semelhante às ferrovias paraguaias e argentinas. Segundo Benévolo (2007 apud BRASILEIRO, 2001), alegam que o uso de diferentes bitolas no Brasil não era de natureza estratégica, mas sim, resultado de uma iniciativa brasileira de reaproveitamento dos equipamentos obsoletos descartados pelas ferrovias inglesas, após o governo daquele país adotar como padrão as bitolas de 1,44 m. Em meados da década de 70 houve uma tentativa de conversão das bitolas em bitola métrica, que era considerada mais econômica. Na contramão desta estratégia, notou-se um agravamento da heterogeneidade de bitolas ao longo malha ferroviária, pelo fato de algumas ferrovias resistirem ao movimento de unificação das bitolas. Foram observadas situações extremas em que algumas linhas férreas apresentaram cinco tipos distintos de bitolas, como foi constatado nas estradas de ferro do estado de Pernambuco. Continuando a explanação, Benévolo (1953 apud BRASILEIRO et al., 2001) lembra que apenas em 1882 foi lançada uma política mais rígida para a padronização das linhas férreas brasileiras. Através da decisão do Primeiro Congresso Brasileiro de Estradas de Ferro foi estabelecida como norma a adoção de bitola larga (1,60 m) nos prolongamentos das ferrovias Paulista e Central e a bitola métrica (1,00 m) para as demais ferrovias. Cabe ressaltar que até os dias atuais as diferenças de bitola são gargalos para a integração da rede ferroviária nacional.

O modal ferroviário exibiu taxas de crescimento de produção de transportes relativamente elevadas até 1930. Naquele momento, a expansão das ferrovias começava a caminhar a passos mais lentos, com parte da carga transportada pelos trens sendo transferida para o modal rodoviário, que passa a ocupar o papel principal nas políticas públicas de transportes.

De acordo com Barat (1978), o sistema de transporte ferroviário começa a andar em descompasso com o intenso processo de industrialização da economia nacional a partir de 1930, principalmente pelo fato de não atender à urgente empreitada de concretizar a integração regional, necessária para dar sustentação à configuração econômica vigente e ao deslocamento das fronteiras agrícolas. Os investimentos no setor ferroviário eram inibidos por envolverem grandes aportes financeiros e projetos de longo tempo de maturação. Conseqüentemente, a matriz de transporte nacional começa a sofrer alterações, e a ascensão da participação do modal rodoviário no transporte de cargas torna-se evidente. A Tabela 1 mostra a participação dos diferentes modais na matriz de transporte brasileira desde a década de 50.

Tabela 1 - Evolução do tráfego de mercadorias no Brasil (a partir de 1950)

Anos	Rodoviário	Ferrovário
1950	38%	29%
1955	53%	21%
1960	61%	19%
1965	68%	18%
1970	73%	16%
2000	66%	21%
2005	58%	25%

Fonte: adaptado de Barat (1978); Grupo Executivo de Integração das Políticas de Transportes – GEIPOT (2000); ANTT (2006)

Brasileiro et al. (2001) revelam que a rede ferroviária no período pós-guerra, (1945 a 1960) mostrava-se bastante ineficaz e sucateada, como conseqüência da escassez de investimentos, dificuldades para importação de equipamentos ou peças para manutenção e degradação sofrida pela infra-estrutura ao longo do período da 2ª Grande Guerra. Com o intuito de recuperar o transporte ferroviário nacional, o governo brasileiro realiza uma manobra polêmica e assume a propriedade e gestão das empresas ferroviárias britânicas que atuavam no Brasil, adquirindo-as como forma de pagamento de uma dívida acumulada pelos ingleses ao longo da guerra.



A partir de 1957, a maior parte das ferrovias passa a ser gerida pela RFFSA, empresa pública cujo capital era distribuído respeitando a seguinte composição acionária, conforme documentado por Brasileiro et al. (2001): 87% pertencentes ao Governo Federal, 10,2% pertencentes a Governos Estaduais e 2,6% pertencentes a Municípios. Posteriormente, em 1971, seria criada a FEPASA - empresa responsável pela gestão das cinco principais ferrovias de propriedade do Estado de São Paulo. De acordo com os autores, após a estatização das ferrovias, houve investimentos por parte da União na tentativa de recuperação da rede ferroviária, mas as dificuldades financeiras opuseram-se ao sucesso destas medidas. Até a década de 80 foram observados tímidos aumentos na extensão da malha, sendo os resultados mais visíveis os que tangem à modernização e recuperação de alguns trechos.

Ao término dos governos militares, principalmente no decorrer da década de 80, o país observou importantes turbulências econômicas, realçadas por períodos de retração econômica e por uma série de tentativas para conter o exorbitante processo inflacionário que o país vivenciava. Segundo Brasileiro et al. (2001), a rede ferroviária nacional foi bastante castigada neste período, como consequência de um cenário econômico pouco propício para investimentos e, também, em função da elevada inflação que recorrentemente defasava os valores das tarifas ferroviárias.

A estagnação econômica que marcou a década de 80 diminuiu os níveis de investimentos no setor resultando na degradação do sistema de transporte ferroviário nacional. Segundo Marques (1996), a taxa de crescimento da produção ferroviária passou de 7,5% ao ano, em Toneladas Quilômetros Úteis<sup>1</sup> - TKU, entre 1975 e 1980, para um incremento anual de 2,5%, entre 1980 e 1992. Além da desaceleração da demanda de carga ferroviária ao longo da década de 80 e em meados da década de 90, as ferrovias também tiveram que conviver com baixíssimos níveis de investimentos. Em 1989, os investimentos atingiram apenas 19% do total investido em 1980, sendo que 40% da verba foram alocadas para a construção da Estrada de Ferro do Aço, pouco restando para os demais projetos.

---

<sup>1</sup> Unidade de produção de transporte que corresponde à quantidade de carga embarcada (toneladas) multiplicada pela distância percorrida pela carga (km).

Marques (1996) destaca o fato de as ferrovias brasileiras chegarem à década de 90 apresentando ainda uma malha de pequena extensão (cerca de 29.000 km), bitolas heterogêneas e manutenção inadequada. Além disso, a rede de estradas de ferro mantinha os mesmos traçados estabelecidos até 1940, planejados para atender o cenário econômico vigente na época, com exceção das chamadas linhas de minério, que sofreram alterações nos seus traçados.

Ao longo da década de 90, as políticas fiscais eram direcionadas para o processo de reestruturação da economia brasileira com intuito de adequá-la à urgente necessidade de achatamento de gastos do endividado governo brasileiro. Os gastos com infra-estrutura atingem níveis baixíssimos de investimentos e o intenso processo de desestatização faz com que o Governo Federal passe para o setor privado a malha ferroviária nacional.

Baseado no relatório apresentado pela CNT (2006), verifica-se que o período pré-privatização foi caracterizado por uma acentuada diminuição de investimentos destinados ao modal ferroviário, o que resultou no sucateamento das locomotivas, vagões e toda infra-estrutura. A degradação das linhas férreas, combinada com os problemas de desintegração da rede e com a baixíssima velocidade de tráfego notada na malha ferroviária nacional, culminaram em graves problemas de desempenho operacional e perda de competitividade desse modal frente a outros modos de transporte, principalmente o rodoviário.

Com a crise ferroviária, grande parte das cargas com aptidão para movimentação através das ferrovias migrou para o modal rodoviário que, no período que antecede às concessões ferroviárias, chega a movimentar 63% do total de cargas geradas no país, desequilibrando a matriz de transporte brasileira. Ao deparar-se com as graves dificuldades do setor ferroviário, com a necessidade de aumentar a participação do transporte ferroviário no transporte de cargas para a configuração de uma matriz de transporte mais eficiente e com o intuito de suprir a escassez de investimentos públicos, o Governo Federal opta pela concessão dos serviços ferroviários para a iniciativa privada. Mediante leilão, as concessionárias arrendam os ativos públicos do modal ferroviário por um período de 30 anos (com direito de

prorrogação por igual período) e assumem a responsabilidade de investir, manter e gerenciar a rede ferroviária nacional (CNT, 2006).

Pires (2006) documenta que, antes da privatização, a malha ferroviária brasileira era dividida em 4 redes: RFFSA (detentora de 77% das linhas férreas) que era controlada pelo Governo Federal; a FEPASA, controlada pelo Governo do Estado de São Paulo; a Estrada de Ferro Vitória Minas - EFVM e a Estrada de Ferro Carajás que eram controladas e operadas pela estatal Companhia Vale do Rio Doce. A transferência da RFFSA e da FEPASA para o setor privado ocorreu através de um leilão com arrendamento dos ativos operacionais e contrato de concessão enquanto as outras duas ferrovias passaram para as mãos da iniciativa privada através do processo de privatização da Companhia Vale do Rio Doce. Segundo Castro (2006), o processo de desestatização da RFFSA se inicia em 1996, a partir da divisão da rede em seis malhas regionais, alocadas sob a ótica de unicidade de funções (Quadro 1).

Unidades de negócio	Composição Societárias das Concessionárias
<b>MALHA DA RFFSA</b>	
MRS - 1.674 km, bitola larga (1,6m). Malha Sudeste (MG,RJ e SP)	CSN, MBR, Usiminas, Gerdau, Ferteco, Ultrafértil, Cilato Multimodal e ABS Empr.Imobiliários.
FCA - 7.080 km, bitola métrica. Malha Leste (MG, GO, DF, ES, RJ, BA e SE)	CSN, Miner.Tacumã, Interférrea, Tupinambarana,Railtex, Gruçai, Ralph Partners e Judori Part.
ALL - 6.586 km, bitola métrica. Malha Sul (PR, SC, RS)	Interférrea, Gruçai, Judori, Ralph Partners e Railtex International
CFN - 4.535 km, bitola métrica. Malha Nordeste (AL, PE, PB, RN, CE, PI e MA)	CSN, CVRD e Taquari.
Novoeste - 1.621 km, bitola métrica. Malha Oeste (SP e MS)	Noel Brazil Inc., Brazil Rail, Western Rail.
Tereza Cristina - 164 km, bitola métrica. Trecho isolado (SC)	Gemon, Interfinance Participações e Santa Lúcia.
<b>MALHA DA FEPASA</b>	
Ferroban - 4.186 km, sendo 1.463 km bitola larga, 2.427 km de métrica e 296 km mista (SP, PR e MG)	Previ, Funcef, União Com.Part., Chase Latin, Capmelissa, Logística Bandeirante

Quadro 1 - Malhas regionais resultantes da divisão da RFFSA e FEPASA para o leilão de privatização

Fonte: Velasco, Lima e Souza (1999)

Observou-se que a transferência das ferrovias para o setor privado não surtiu o efeito desejado nos três primeiros anos que sucederam os leilões de privatização. Contudo, sinais de aquecimento das atividades do setor ferroviário e indicadores de

evolução da qualidade dos serviços prestados mostraram-se mais evidentes a partir de 2001, quando os investimentos realizados pelas concessionárias começam a gerar resultados. Esta tendência de crescimento do transporte ferroviário recebe um novo impulso quando o Governo Federal lança o Plano Nacional de Revitalização das Ferrovias, no ano de 2003, na tentativa de resgatar o transporte ferroviário no país.

Segundo informações da ANTT (2006), este projeto visava à implantação de quatro programas, com o auxílio de investimentos públicos e privados:

- Programa de Integração e Adequação Operacional das Ferrovias: tinha como principal objetivo a reorganização das concessões ferroviárias.

- Programa de Ampliação da Capacidade dos Corredores de Transporte: buscava o rápido aumento da participação do transporte ferroviário através da recuperação da estrutura viária, renovação e expansão da frota de veículos, aumento da segurança e eliminação de gargalos físicos, como o contorno dos centros urbanos e outros pontos críticos dos corredores.

- Programa de Expansão e Modernização da Malha Ferroviária: referia-se à implantação de novos trechos, sendo prioridades do programa a Estrada de Ferro Norte-Sul, a Ferrovia Nova Transnordestina e a Ferronorte.

- Programa de Resgate do Transporte Ferroviário de Passageiros: tentativa de resgate do transporte ferroviário de passageiros, para fins turísticos e de integração.

Resultados divulgados por Garrido (2006) revelam que após a transferência da malha ferroviária nacional para o setor privado observou-se uma recuperação do nível de investimentos nas ferrovias, que receberam um total de R\$ 9,5 bilhões entre 1997 e 2005. Apenas 6,3% dos investimentos saíram do setor público, com o restante tendo como origem a iniciativa privada (Figura 2).

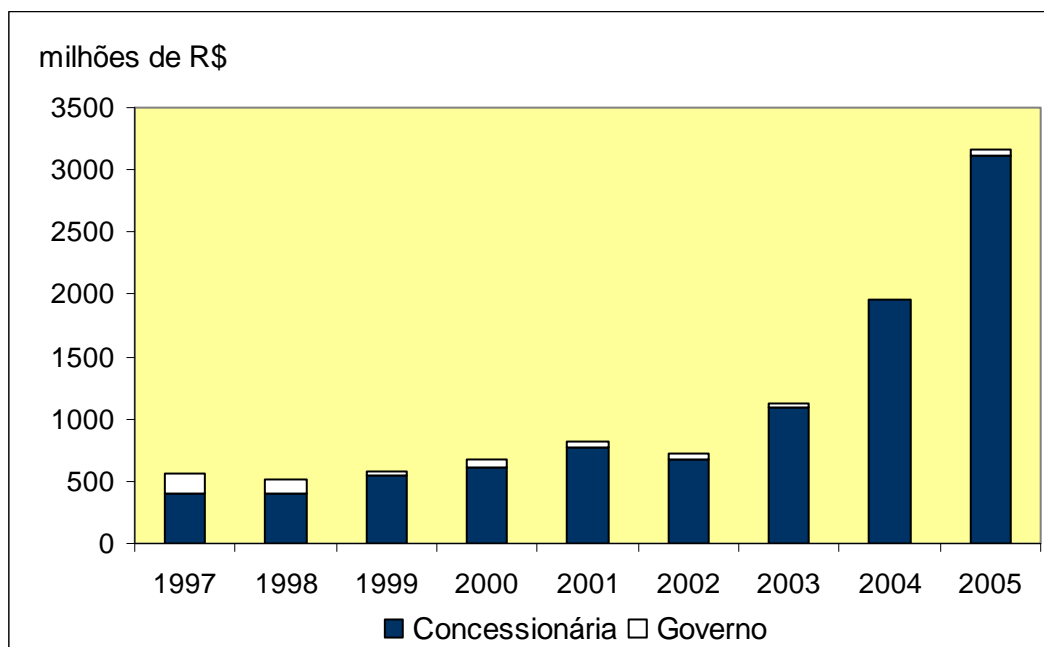


Figura 2 – Evolução dos investimentos no setor ferroviário (milhões de R\$)

Fonte: Associação Nacional dos Transportes Ferroviários - ANTF (2006)

As inversões de capital voltadas para o transporte ferroviário estimularam ganhos de produtividade ao setor e propiciaram uma maior participação deste modal na matriz de transporte brasileira. As privatizações vieram seguidas de melhorias dos indicadores de eficiência do transporte ferroviário.

Pires (2006) faz a análise de alguns indicadores de produtividade do transporte ferroviário sob a ótica de usuários de transporte, das empresas concessionárias e do governo e conclui que, quatro anos após o início das privatizações, o transporte ferroviário revelava indícios de ganhos de produtividade ainda bastante tímidos. Dentre os indicadores foram destacados: diminuição nos fretes praticados, melhorias do desempenho operacional das concessionárias, diminuição relativa do número de acidentes e aumento de produção ferroviária.

Segundo Garrido (2006), entre 1997 e 2005 a carga transportada pelas ferrovias aumentou 55%, saltando de 253 para 392 milhões de toneladas úteis; o número de acidentes diminuiu 56% e a quantidade de carga (em TKU) em relação ao número de funcionários mais do que dobrou neste período. A participação das ferrovias

na matriz de transporte nacional atingiu 26% em 2005, frente aos 17% no período pré-privatização. Outros indicadores do aquecimento do setor ferroviário são baseados na evolução da frota de veículos. Entre 2003 e 2005, a frota de vagões aumentou 43,2%, tendo sido adquiridas 653 locomotivas. A forte demanda por equipamentos ferroviários resultante dos altos investimentos destinados à renovação da frota ferroviária vem inclusive possibilitando a reativação da indústria de equipamentos ferroviários no Brasil.

Vilaça, 2006 apud Garrido (2006) argumenta que Governo Federal não participou de forma expressiva nos investimentos realizados para a melhoria do transporte ferroviário, contribuindo com apenas R\$ 500 milhões ao longo da primeira década de concessões ferroviárias. Entretanto, as receitas do governo geradas a partir da desestatização do setor ferroviário não são proporcionais ao baixo nível de investimento realizado. Desde o início das privatizações até 2006, as concessionárias recolheram aos cofres da União mais de R\$ 2,122 bilhões, referentes ao arrendamento dos bens de propriedade da RFFSA, além do R\$ 1,764 bilhão arrecadado nos leilões de privatização da malha. Desde 1996, por outro lado, o Governo deixou de gastar R\$ 300 milhões anuais, valor correspondente aos prejuízos gerados pelo desempenho negativo da RFFSA. Na argumentação do autor, a pequena contribuição do setor público se reflete na carência de trilhos que o Brasil ainda revela. Em dez anos de privatização, a malha ferroviária nacional, que totaliza hoje 29.487 km, não sofreu nenhuma expansão.

Cabe ressaltar que os investimentos realizados pelas concessionárias vêm sendo alocados principalmente para a renovação e reforma de equipamentos e veículos ferroviários, na manutenção e reforma de linhas férreas e modernização de terminais intermodais. Pequena parte do capital investido vem sendo destinada para a ampliação da malha ferroviária, uma vez que o contrato firmado entre concessionárias e o governo estabelece que os projetos de expansão sejam de responsabilidade da União. Alguns projetos de expansão da via ferroviária estão na pauta do Plano Plurianual do atual Governo Federal, com destaque para a construção da Estrada de Ferro Norte-Sul e da Nova Transnordestina, ambos projetos com obras já iniciadas.

São notáveis os sinais de recuperação do transporte ferroviário brasileiro. No entanto, são também perceptíveis as lacunas que ainda existem no cenário das

ferrovias. Estes gargalos retardam o desenvolvimento do modal ferroviário e exigem grandes esforços e recursos para a contenção de seus efeitos. O Governo Federal alocou escassos recursos financeiros para o setor nos últimos anos. O setor privado, pelo contrário, revelou-se como principal agente estimulador dos ganhos de eficiência observados pelas ferrovias. É desejável, portanto, uma maior participação dos governantes no planejamento do crescimento das ferrovias, atuando tanto no sentido de captação e alocação de recursos, como no papel de agente regulador, para evitar que a quantidade de recursos privados investidos no setor de transportes venha a desviar o caráter de desenvolvimento coletivo inerente à função dos transportes.

Foram verificadas importantes alterações na composição acionária das empresas concessionárias desde a privatização das ferrovias. Atualmente, a Companhia Vale do Rio Doce e a América Latina Logística S.A. detêm a maior parte das ações das ferrovias nacionais, sendo responsáveis pela operação de quase toda extensão da malha de ferrovias no país. Mais detalhes sobre as ferrovias atualmente em operação no país e sobre as principais cargas movimentadas são apresentados no Apêndice A desta dissertação.

## **2.2 Panorama atual do transporte de cargas no Brasil**

As lacunas do transporte de cargas no Brasil mostram-se cada vez mais evidentes. A imprescindível etapa referente à movimentação das mercadorias, na maior parte das vezes, não recebe o suporte de um sistema de transporte bem estruturado e racional. Seqüelas resultantes de uma infra-estrutura viária escassa e sucateada, do desequilíbrio da matriz de transportes, de políticas regulatórias deficientes, dentre outros fatores, oneram os produtos nacionais e diminuem a sua competitividade no mercado global, justificando a relevância do transporte no conjunto de fatores que compõem o chamado “Custo Brasil”. Portanto, faz-se importante uma contextualização dos problemas e lacunas que colaboram com a ineficiência do sistema de transporte de cargas no país e algumas conjecturas a respeito das contribuições que o avanço do modal ferroviário poderia trazer para o sistema de transporte de cargas no país.

No Brasil, a partir da década de 30, verifica-se uma alocação majoritária dos investimentos em transporte para o modal rodoviário. Na opinião de Barat (1978), a rede de ferrovias brasileira revelava traçados inadequados para promover a integração nacional e fornecer sustentação para o processo de industrialização da economia brasileira que se iniciou na década de 30. O autor argumenta que este foi um dos motivos para a priorização do modal rodoviário, em conjunto com outros fatores inerentes aos projetos ferroviários, como demanda por grandes aportes financeiros e longo período de maturação dos projetos, que também contribuíram para o afastamento de novos investimentos no modal ferroviário. Compartilhando desta mesma opinião, Rodrigues (2002) defende que o modal rodoviário teve uma rápida expansão no país pelo fato de a infra-estrutura necessária ser de rápida implantação e relativamente barata. Além disso, o processo de industrialização do país envolveu políticas de substituições de importações e consolidação do mercado interno, estratégias que não sobreviveriam sem uma rede viária que propiciasse a integração nacional, condição até então não atendida satisfatoriamente pelas ferrovias. Martins (1998) expõe que, ao longo do século XX, os países de forma geral mobilizaram grandes recursos para estimular o crescimento do transporte rodoviário e da indústria automobilística. A sustentação destas políticas era justificada sob vários enfoques, mas segundo o autor, o fator que mais contribuiu para este cenário foi a real perda de competitividade do modal ferroviário em relação à inovadora e promissora modalidade de transportes que surgia através das rodovias.

As políticas de estímulo ao transporte rodoviário, no caso brasileiro, vieram acompanhadas de uma drástica redução dos investimentos nas outras modalidades de transporte. Este comportamento acarretou um desequilíbrio na matriz de transporte de cargas brasileira, ocasionando uma participação preponderante do modal rodoviário no transporte da produção interna. ANTT (2006) revela que 58% da produção de transporte no país envolvem o transporte rodoviário de cargas (Figura 3).



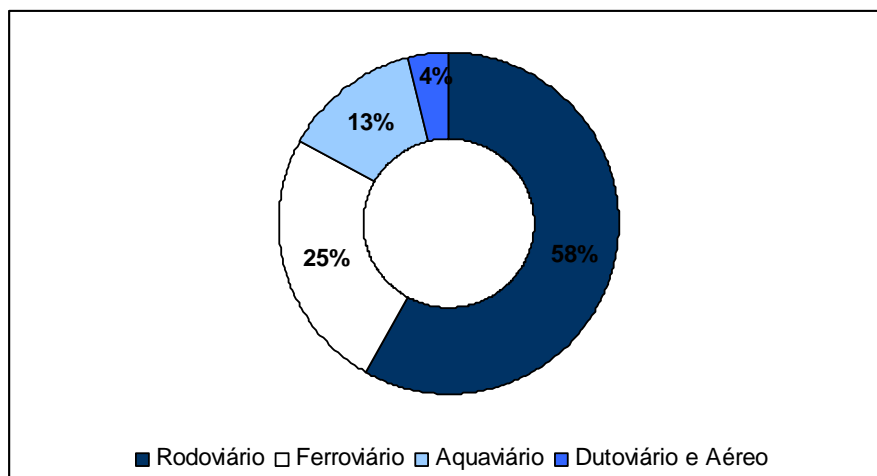


Figura 3 – Composição da matriz de transporte de cargas nacional (TKU)

Fonte: ANTT (2006)

Estudo realizado pela CNT em parceria com o Centro de Estudos em Logística da Coppead – CEL/Coppead (2006) compara a matriz de transporte de vários países e observa que a participação mais elevada do modal rodoviário em relação aos demais é uma característica comum a países com pequenas dimensões, como Alemanha, Dinamarca, França e Bélgica. Ao contrário, países de maior extensão territorial, como E.U.A, Canadá, Rússia e China, fazem um maior uso dos modais ferroviário e hidroviário. A estrutura da matriz de transporte no Brasil tem uma configuração bem próxima à configuração apresentada pelo primeiro grupo de países, revelando-se incoerente com as grandes dimensões territoriais do país. Segundo o estudo, o maior uso do modal rodoviário nesses países se justifica pelas menores distâncias a serem percorridas, condição em que o transporte rodoviário mostra-se mais competitivo. Todavia, o Brasil é um país de grandes dimensões, o que implica rotas de longas distâncias, devendo, portanto, apresentar configurações de sistema de transporte que se assemelhassem às dos países com vasto território, que fazem maior uso das ferrovias e hidrovias.

Na opinião de Bowersox e Closs (2001), Chopra e Meindl (2004), Nazário (2000), Novaes e Alvarenga (1994), Caixeta-Filho et al. (2001) e Oliveira (1996) os modais hidroviário e ferroviário são os mais indicados para a movimentação em percursos que envolvem longas distâncias, principalmente, no caso de cargas

volumosas e de baixo valor agregado. Isto se justifica, principalmente, pelo baixo custo operacional apresentado por esses modais. Bowersox e Closs (2001) destacam que estas modalidades de transporte detêm elevados custos fixos. Esta estrutura de custos onera por demais a ociosidade dos equipamentos, diminuindo a eficiência destas modalidades nas rotas de curtas distâncias. Neste caso, o modal rodoviário se mostra mais competitivo, pois assume menores custos fixos. A Figura 4 ilustra o comportamento dos custos de transporte à medida que as distâncias variam.

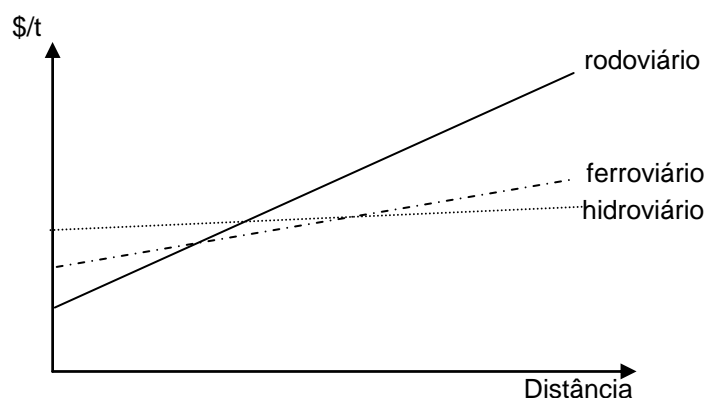


Figura 4 – Comportamento do custo de transporte em função da distância

Fonte: Estados Unidos (1995)

Segundo Estados Unidos (1995), o modal de transporte rodoviário apresenta uma estrutura de custos que revela uma participação de aproximadamente 90% de custos variáveis no custo total, pelo fato de o transportador rodoviário não ter de arcar com os gastos de implantação e manutenção da rodovia e pelo fato dos equipamentos e veículos de transporte serem relativamente baratos. Por esta razão, o modal rodoviário mostra-se mais competitivo em rotas de menores distâncias, já que o tempo gasto com carregamentos é menos oneroso do que para os outros modais, que precisam diluir a elevada fração dos custos fixos percorrendo longas distâncias, com elevada freqüência. No entanto, a elevada participação dos custos variáveis torna este modal menos competitivo em relação aos modais ferroviário e hidroviário em longas distâncias, já que o custo unitário de transporte se eleva acentuadamente à medida que a distância aumenta.

Corroborando estas idéias, Nazário (2000) mostra os resultados de um estudo sobre a competitividade entre os modais ferroviário e rodoviário realizado pela American Truck Association, que revela uma vantagem do modal rodoviário em relação ao modal ferroviário nas distâncias inferiores a 480 km e carregamentos de até 27 toneladas. Os resultados mostram que nas situações que envolvem maior quantidade de cargas e maiores distâncias o modal ferroviário mostra-se mais eficiente que o transporte rodoviário (Quadro 2).

	Abaixo de 0,5 toneladas	0,5-4,5 toneladas	4,5-13,5 toneladas	13,5-27 toneladas	27-40 toneladas	Acima de 40 toneladas
Abaixo de 160 km						
160-320 km	Rodoviário					Ferroviário
320-480 km						
480-800 km				Competição		
800-1600 km						
1600-2400 km						
Acima de 2400 km						

Quadro 2 – Características de volume e distância de maior competitividade dos modais de transporte

Fonte: Nazário (2000)

Evidentemente, o uso de um determinado modal de transporte não depende apenas do custo de transporte, mas envolve uma série de outros atributos. Bowersox e Closs (2001) apresentam alguns atributos que influenciam a decisão de um embarcador quanto à escolha de uma alternativa de transporte e ordena os modais pela capacidade daquela modalidade em proporcionar aquela propriedade, conforme pode ser visualizado na Tabela 2. O menor valor (1) significa que aquela modalidade de transporte é o modal que tem maior capacidade para oferecer aquele tipo de atributo.

Tabela 2 – Classificação dos atributos de transporte dentre os diferentes modais

Características Operacionais	Ferroviário	Rodoviário	Aquaviário	Dutoviário	Aéreo
Velocidade	3	2	4	5	1
Disponibilidade	2	1	4	5	3
Confiabilidade	3	2	4	1	5
Capacidade	2	3	1	5	6
Frequência	4	2	5	1	3

Fonte: Bowersox e Closs (2001)

É importante frisar que a escolha da modalidade mais adequada para o transporte de um determinado produto é baseada em um numeroso conjunto de fatores e nem sempre representa a opção de menor custo. Por exemplo, o maior período de viagem (*transit time*) normalmente associado aos modais hidroviário e ferroviário, pode se tornar impeditivo para uma dada carga perecível ou de elevado valor agregado. Não é escopo desta Dissertação a análise pormenorizada do comportamento de embarcadores em relação aos atributos de cada modalidade de transporte, mas cabe destacar que no caso do transporte de grãos agrícolas, cargas volumosas e de baixo valor agregado, o principal enfoque dos tomadores de decisão é a minimização dos custos de transporte, já que ganhos econômicos relacionados com o deslocamento de cargas agrícolas são bastante relevantes para a competitividade da produção agrícola.

Na contramão dos argumentos apresentados, é bastante freqüente no Brasil o transporte de cargas de baixo valor agregado percorrendo longas distâncias nas carrocerias de caminhões. Em decorrência da tímida oferta de transporte ferroviário e hidroviário no país e da expansão das fronteiras agrícolas, que desloca a produção agropecuária para localidades com carência ainda maior de infra-estrutura, grande parte da produção acaba sendo escoada através das rodovias, tendo que vencer grandes distâncias nas carrocerias dos caminhões.

Geipot (1997) realizou um estudo a respeito dos corredores de exportação de soja, sendo constatado que a produção de soja em regiões de fronteiras agrícolas, muitas vezes, percorre mais de 2.000 km de rodovias até chegar às regiões portuárias. Por exemplo, a soja produzida em Campo Novo dos Parecis, município localizado no oeste de Mato Grosso, percorre uma distância de 2.037 km antes de embarcar em

Santos e uma distância de 1.978 km para atingir Paranaguá. Resultados preocupantes decorrentes da ineficiência do sistema de transporte de cargas nas áreas de fronteira agrícola são também documentados pela Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2005), ao mostrar que no ano de 2004 os gastos com frete para escoamento da produção de grãos do oeste de Mato Grosso chegaram a atingir 42% do preço final do produto.

O sistema de movimentação de grãos dos E.U.A, apesar de ser estruturado para atender às peculiaridades daquele país, é um importante *benchmark* pelo fato de o país apresentar um sistema de transporte de grande eficiência. Um estudo a respeito do transporte de grãos nos E.U.A, realizado pelo United States Department of Agriculture – USDA (ESTADOS UNIDOS, 1998), revela que *commodities* e insumos agrícolas, como grãos, madeira, pesticida e fertilizantes dos E.U.A, realizam o deslocamento da sua produção predominantemente através do modal ferroviário. No caso dos grãos, o modal ferroviário responde por 44,1% do total da produção de transportes, seguido do modal hidroviário, que transporta 27,4 % da produção. Este relatório divulga um grande aumento da participação do modal rodoviário nos últimos anos no transporte de grãos. Tal mudança é atribuída à expansão da demanda interna por grãos e também como consequência do abandono de linhas férreas com baixos fluxos de carga, o que acabou configurando uma rede ferroviária menos capilarizada e com maiores distâncias entre os produtores e pontos de transbordo. Nota-se um comportamento bastante claro dos fluxos de grãos nos E.U.A., que indicam uma preferência pelo modal rodoviário para entrega de produtos no mercado interno, pelo uso do modal ferroviário para cargas destinadas à exportação e a preferência pelo modal hidroviário em rotas de longas distâncias, no caso das regiões produtoras que estão próximas às hidrovias.

O descontentamento de produtores, *tradings* e embarcadores quanto à predominância do modal rodoviário no transporte de cargas são perceptíveis no Brasil. Em 1997, durante um workshop realizado na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, foi aplicado um questionário a 50 representantes dos setores de transporte, *tradings* e agências governamentais, sendo os resultados da pesquisa divulgados por Caixeta-Filho et al. (1998). As questões aplicadas indagavam a respeito de expectativas relacionadas ao futuro do transporte de cargas no país, particularmente, a respeito de

transporte de granéis sólidos. Noventa e três por cento dos entrevistados pronunciaram-se contrários à utilização exclusiva do modal rodoviário como alternativa de transporte. Quando indagados a respeito do modal ferroviário, 93% dos respondentes afirmaram ser um sistema desejável e revelaram grande expectativa e otimismo em relação ao uso deste modal. Além disso, 86% dos entrevistados declararam acreditar na plena utilização das ferrovias no futuro. As hidrovias, assim como as ferrovias, foram consideradas desejáveis por 89% dos agentes presentes.

A expansão dos serviços de transporte hidroviário e ferroviário claramente seria uma alternativa adequada para diminuir a participação do modal rodoviário no transporte de cargas nacional, principalmente nas áreas de fronteira agrícola que revelam maior carência de infra-estrutura. Neste sentido, faz-se importante uma avaliação das potencialidades e restrições ao uso destas modalidades no país.

Dados divulgados pela Companhia Energética de São Paulo - CESP, 1996 apud Oliveira (1996) revelam que os custos do transporte hidroviário correspondem aproximadamente à metade dos custos associados ao transporte ferroviário e a um terço dos custos incorridos para o transporte através do modal rodoviário. Contudo, na opinião de Oliveira (1996), as vantagens de custos apresentadas pelo transporte hidroviário devem ser analisadas com critério. O modal hidroviário, assim como o transporte ferroviário, é uma alternativa de transporte que ocorre terminal a terminal e, portanto, exige a participação do modal rodoviário para propiciar a movimentação porta-a-porta, o que pode tornar o deslocamento de produtos inviável a curtas distâncias. Ao mesmo tempo, as vias navegáveis brasileiras apresentam algumas características geográficas que acabam por inibir o uso das hidrovias. Segundo Soares e Caixeta-Filho (1998) a maior parte das hidrovias no Brasil não desembocam no oceano, fazendo com que a carga sofra várias operações de transbordo antes de atingir o destino final, encarecendo o custo de transporte e inibindo o uso deste modal. Além disso, com exceção da hidrovia Tietê-Paraná, as hidrovias brasileiras não se localizam próximas aos importantes centros econômicos. Oliveira (1996) destaca que aproximadamente 66% das distâncias navegáveis com profundidade mínima de 2,5 m localizam-se na bacia do Rio Amazonas, região de baixa atividade econômica.

A resistência dos órgãos de proteção ambiental às intervenções necessárias para adequação das vias navegáveis é um outro fator importante que reprime o uso do modal hidroviário no país. Segundo Garrido (2006), atualmente estão proibidas a construção de portos e terminais na bacia Tocantins-Araguaia e na bacia Paraná-Paraguai, como conseqüência das ações judiciais deflagradas por ambientalistas. CONAB (2006) realça que as obras na Hidrovia do Araguaia estão embargadas desde 1996 devido aos protestos judiciais de organizações não-governamentais, contrárias às obras de intervenção no leito do rio.

Apesar das dificuldades associadas ao uso do modal hidroviário no país, Oliveira (1996) argumenta que o uso do modal hidroviário é ainda muito baixo em relação ao seu potencial para o escoamento da produção agrícola nacional. Ganhos importantes ainda podem ser obtidos com o uso deste modal. Os resultados encontrados pelo autor mostram que o uso da Hidrovia Tietê-Paraná oferece alternativas de rotas intermodais para o escoamento de *commodities* agrícolas até Santos que podem revelar custos de transporte até 30% mais baratos que a alternativa rodoviária. CONAB (2005) aponta as seguintes hidrovias com maior potencial para o transporte de grãos agrícolas: Hidrovia do Madeira, Hidrovia Paraguai-Paraná, Hidrovia Tocantins-Araguaia, Hidrovia do São Francisco e Hidrovia Tietê-Paraná.

Quanto às expectativas em relação ao modal ferroviário, este mostrou uma importante recuperação da sua produção nos dois últimos anos, vencendo a inércia do transporte ferroviário de cargas no país. Segundo Vilaça, 2006 apud Garrido (2006), os investimentos realizados pelas concessionárias ferroviárias na recuperação da malha nacional vêm gerando bons resultados. Entre 1997 e 2005, a carga total transportada pelas ferrovias em toneladas cresceu 55%, atingindo 26% da produção total de transporte. Estes resultados surpreendem quando comparados com a participação das ferrovias na matriz de transporte antes do processo de privatização, que girava em torno de 17%. Ainda na opinião de Vilaça (2006 apud GARRIDO, 2006), a aplicação de recursos que vem sendo realizada pelas concessionárias vai permitir que as ferrovias transportem 28% da carga total gerada no país até 2008, com perspectivas de atingir 35% deste volume num período de dez anos. Alguns indicadores do aumento da

atividade do transporte ferroviário de cargas no Brasil podem ser visualizados nas Figuras 4, 5 e 6.

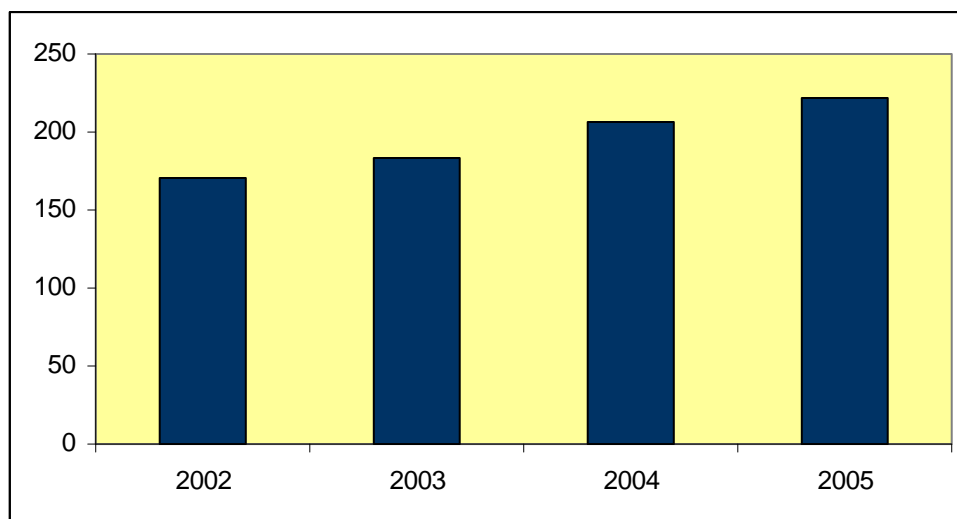


Figura 5 – Evolução da produção do transporte ferroviário (milhões de TKU)

Fonte: ANTT (2005)

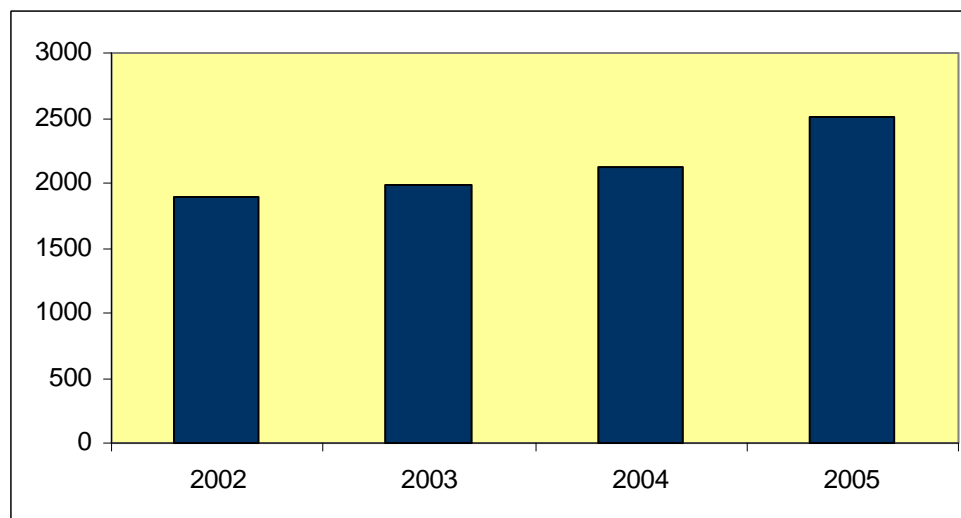


Figura 6 – Evolução da frota de locomotivas (unidades)

Fonte: ANTT (2005)



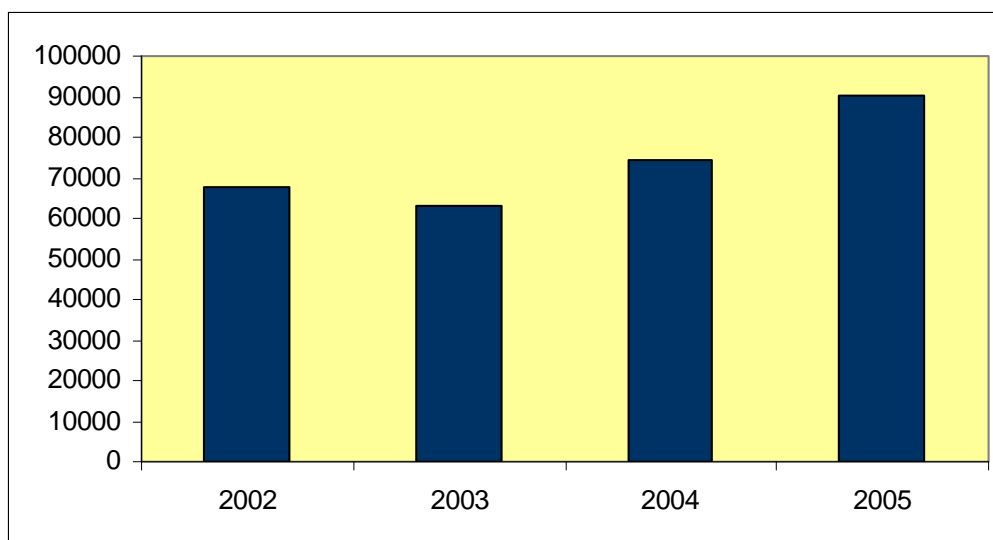


Figura 7 – Evolução da frota de vagões (unidades)

Fonte: ANTT (2005)

O Governo Federal, no dia 22 de janeiro de 2007, lançou o Plano de Aceleração do Crescimento, que prevê investimentos da ordem de R\$ 7,8 bilhões para as ferrovias até 2010. Segundo o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (BRASIL, 2007) os projetos estruturantes que serão atendidos pelo plano são:

- Construção da Ferrovia Norte-Sul: Trecho Araguaína (TO) a Palmas (TO);
- Construção da Ferrovia Transnordestina nos Estados do Ceará, Pernambuco e Piauí;
- Acesso ferroviário ao Porto de Juazeiro (BA);
- Adequação do ramal ferroviário no perímetro urbano de Barra Mansa (RJ);
- Construção de contorno e pátio ferroviário de Tutóia em Araraquara (SP);
- Construção do Ferroanel de São Paulo (SP) – Tramo Norte;
- Construção do contorno ferroviário de Joinville (SC);
- Construção da variante ferroviária de Guarapuava (PR);
- Construção da ferrovia Norte-Sul: Trecho Anápolis (GO) – Uruaçu (GO); e

- Construção da Ferronorte: Trecho Alto Araguaia (MT) – Rondonópolis (MT)

Outra opção que pode ser eficaz para a diminuição dos custos de transportes é a utilização da intermodalidade. Este sistema de transporte permite que os atributos inerentes a cada modal sejam aproveitados conjuntamente. Por exemplo, o uso concomitante dos modais rodoviário e ferroviário propicia que esta alternativa mista de transporte mantenha parte das economias geradas pelo modal ferroviário e ao mesmo tempo a flexibilidade oferecida pelo modal rodoviário, podendo oferecer um serviço porta-a-porta de menor custo. A intermodalidade é um instrumento com grande potencial para minimizar os efeitos negativos gerados pela distorção da matriz de transportes brasileira.

Vilaça, 2006 apud Garrido (2006) argumenta que as melhorias dos serviços ferroviários a partir de 1996/1997 vêm estimulando o uso das estratégias intermodais. O despertar pela intermodalidade resultou em maiores fluxos de mercadorias sendo deslocadas a preços mais baratos e de maneira mais segura. A construção de 40 terminais intermodais no último ano é um bom indicativo do crescimento desta estratégia de transporte no país, segundo o autor.

Apesar de as economias geradas pelo uso do modal ferroviário e hidroviário serem muitas vezes evidentes (principalmente no transporte de cargas volumosas de baixo valor), a competitividade entre estes modais e o modal rodoviário no Brasil mostra-se bem acirrada. Isso se deve ao amplo conjunto de gargalos físicos e operacionais que diminuem a competitividade das hidrovias e ferrovias, mas também, em função da grande concorrência que o modal rodoviário oferece, decorrente de valores de frete excessivamente baixos. Embora seja desejável o uso sinérgico dos modais, configurando um sistema racional, na prática, o cenário de transporte de cargas no país revela um status de concorrência entre estes modais, ao invés de funcionarem de maneira complementar.

Neste sentido, o mercado de fretes rodoviário no Brasil exhibe um ambiente bastante competitivo. A elevada oferta de serviços de transporte desencadeia uma

concorrência predatória, induzindo o mercado a entrar em um círculo vicioso que acarreta a diminuição recorrente dos valores de frete.

Segundo relatório do Centro de Estudos em Logística - CEL/COPPEAD, (2002), a baixa resistência à entrada de novos agentes é uma característica marcante do mercado de fretes rodoviários no Brasil. Atualmente, basta um caminhão e a carteira de habilitação para uma pessoa se tornar transportador autônomo, ao contrário de outros países que estabelecem uma gama de exigências legais. Entretanto, este transportador encontra resistência para deixar este mercado, em função das dificuldades para sua realocação profissional. Este cenário resulta num excesso de oferta de serviços de transporte, que achata os valores de fretes rodoviários. A partir deste primeiro estímulo, o mercado de fretes ingressa em um círculo vicioso. O aumento da oferta estimula a remuneração não adequada do serviço de transporte, que por sua vez, implica renovação de frota e manutenção de veículos aquém do desejado e induzem o transportador a trabalhar com sobrepeso de carga e longas jornadas de trabalho. Contudo, isto resulta num aumento da oferta do serviço de transporte rodoviário, fator estimulador de um novo processo de diminuição dos preços.

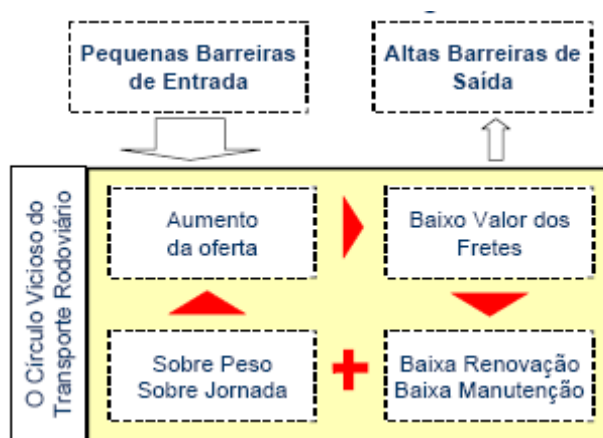


Figura 8 – Círculo vicioso do transporte rodoviário de cargas

Fonte: CEL/COPPEAD (2002)

### **2.3 Caracterização do Corredor Centro-Norte e sua área de influência**

O Corredor Centro-Norte consiste de um projeto de desenvolvimento e implantação de um sistema de transporte eficiente para o escoamento da produção das regiões de expansão da fronteira agrícola em direção ao norte do país, suprindo o déficit infra-estrutural destas localidades e estimulando a competitividade do agronegócio na região. O planejamento estratégico do Corredor Centro-Norte contempla o desenvolvimento de um sistema viário multimodal com potencialidade para atender o transporte de cargas dos estados diretamente servidos pelo corredor de transporte - Pará, Maranhão, Tocantins e Goiás - e dos estados vizinhos a estes - Bahia, Piauí e Mato Grosso - estabelecendo um novo eixo de exportação através dos portos do Norte e Nordeste brasileiro. A Estrada de Ferro Norte-Sul constituirá a principal alternativa de transporte do corredor, que também é servido por duas vias navegáveis importantes, a hidrovia do Rio Tocantins e a hidrovia do Rio Araguaia.

Segundo a Valec (2006), a implantação da Estrada de Ferro Norte-Sul está sendo realizada pela Valec Engenharia, Construções e Ferrovias S.A., supervisionada pelo Ministério dos Transportes, que detém a concessão para sua construção e operação. A ligação ferroviária entre Estreito (MA) e Açailândia (MA) já está concluída e em operação. No Estado do Tocantins já foi concluído o trecho de 147 km que liga Aguiarnópolis a Darcinópolis. O próximo trecho, ligando Darcinópolis (TO) a Araguaína (TO) tem extensão de 47 km e foi inaugurado em 18 de maio de 2007. Também se encontra em construção o trecho de 40 km entre Anápolis (GO) e Ouro Verde (GO).

Conforme documentado pela Valec (2007), o volume de capital necessário para a construção da ferrovia é bastante elevado (aproximadamente R\$ 2,5 bilhões) o que forçou a empresa a procurar mecanismos alternativos aos financiamentos disponibilizados pela União. Uma das alternativas apontadas pelo governo foi a adoção do modelo de subconcessão. A Valec já iniciou o processo de licitação, na modalidade leilão, para implantação e exploração comercial deste trecho e, segundo Valec (2007), a entrega de documentação para pré-qualificação, pertinente a primeira etapa da concessão, foi realizada em 14 de agosto de 2007, sendo comprovada a habilitação jurídica, qualificação técnica, econômico-financeira e regularidade fiscal das empresas

Alvorada Serviços de Engenharia Ltda., ARG Ltda. e Companhia Vale do Rio Doce para participarem do leilão. Ainda, os recursos provenientes desta outorga serão utilizados para financiar a construção dos demais trechos da ferrovia, dentre estes, o trecho entre Araguaína (TO) e Palmas (TO).

Mesquita (2006) afirma que após sua conclusão, a Estrada de Ferro Norte-Sul ligará Belém (PA) e o Porto de Itaqui (MA) a Senador Canedo (GO), compondo o corredor estratégico de transporte Araguaia-Tocantins-Centro-Oeste. Segundo o autor, a ferrovia servirá uma área de aproximadamente 1,8 milhão de km<sup>2</sup>, que abriga aproximadamente 15,5% da população brasileira. Ao sul da área de influência do trecho ferroviário, envolvendo parte do Estado de Goiás e Tocantins, as atividades econômicas de destaque são a agropecuária e agroindústria. Ao norte, nos Estados do Maranhão e Pará, as principais fontes geradoras de riqueza são: mineração, pecuária e extrativismo. O trecho ferroviário, além de gerar economias diretas no escoamento da produção local, induzirá novos investimentos na região, que guarda um enorme potencial para a expansão da produção agrícola, em termos de área disponível, solo, topografia e condições climáticas adequados. O principal enfoque dos investimentos atraídos para a região tende a focar a agroindústria, silvicultura e a bioenergia.

Na cidade de Balsas no Maranhão, os resultados do projeto já são visíveis. A dupla “energia e transporte” tem propiciado o crescimento da área plantada e, conseqüentemente, da produção de grãos. Outra cidade onde os resultados já podem ser vistos é Porto Franco, também no Maranhão, situado no quilômetro 190 da Ferrovia. Lá, as “trades” Bunge, Cargil e Multigrain investiram cerca de US\$ 6 milhões em instalações para as operações de carga, transbordo e armazenagem de grãos (MESQUITA, 2006, p. 3).

Uma nova proposta, que envolve a construção de três novos ramais da EFNS, vem sendo articulada pela ANTT. O diretor da ANTT, Gregório Rabêlo, elaborou o projeto Brasil Central, que envolve a implantação do ramal setentrional da ferrovia, ligando Miracema (TO) a Lucas do Rio Verde (MT), o ramal Meio-Norte que ligaria Estreito (MA) a Balsas (MA) e Eliseu Martins (PI) e o ramal Extremo Norte, ligando Açailândia (MA) a Belém (PA). A instauração do processo de licitação do projeto foi

aprovada pela Agência em 26 de setembro de 2006. Este projeto visa favorecer também a região norte de Mato Grosso, importante região de produção de grãos que enfrenta graves dificuldades para o escoamento da produção, que atualmente é feito quase que totalmente através das rodovias (ANTT, 2006).

Um estudo realizado pela CONAB (2005), intitulado “Corredores de Escoamento da Produção Agrícola”, teve como objeto de estudo o Corredor Centro-Norte. Segundo este documento, as regiões Nordeste do Mato Grosso, Sudeste do Pará, o Sul do Maranhão e Piauí, e o estado do Tocantins compreendem a área de influência do referido corredor de transportes. Ademais, o estudo revela que as produções de arroz, algodão, soja e milho tendem a ser as atividades mais demandantes de infra-estrutura num futuro próximo. Destaque também foi dado ao mercado de biocombustíveis, que começou a se aquecer após os desdobramentos do Protocolo de Kyoto, sendo esperada uma rápida expansão da produção de biodiesel e álcool nas proximidades do corredor.

O levantamento da Produção Agrícola Municipal 2005 - PAM realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006) revela que os estados da área de influência do Corredor Centro-Norte produziram juntos, na safra 2005, 20,4 milhões de toneladas de soja (o que corresponde a 40% da produção nacional deste produto) 4,8 milhões de toneladas de milho (14% da produção brasileira de milho), 4,3 milhões de toneladas de arroz (32% da produção desta cultura no Brasil) e 1,7 milhão de toneladas de algodão (quase 47% do total de algodão colhido em 2005 no país).

O avanço da fronteira agrícola nacional se deu na direção centro-norte do País, impulsionado pela elevação dos preços das commodities, das excelentes características dos cerrados, dos baixos preços das terras, e da agressiva reconversão da pecuária para grãos, utilizando-se de pastagens degradadas, que possibilitaram as lavouras a atingir o nordeste do Mato Grosso, sudeste do Pará e avançar pelo Tocantins, Maranhão e centro-sul do Piauí (CONAB, 2005, p. 7).

A oferta de infra-estrutura na região de influência do Corredor Centro-Norte não acompanhou com sincronismo a acelerada expansão da área plantada e da produção agrícola, que veio acompanhada de outras atividades, como as indústrias de insumos e as indústrias moageiras instaladas na região. Segundo CONAB (2005), é

bastante evidente que o desenvolvimento das alternativas de transporte no Corredor Centro-Norte resultará no ganho de competitividade da produção local e na ampliação da atividade econômica nestas regiões, oferecendo suporte ao contínuo avanço da fronteira agrícola.

Outra atividade econômica que apresenta uma demanda significativa por serviços de transporte na região do Corredor Centro-Norte está relacionada à extração mineral. A extração de minérios no Sul do Pará (principalmente minério de ferro) é bastante intensa. O deslocamento do grande volume de cargas gerado pela extração mineral na região é realizado quase que totalmente pela Estrada de Ferro Carajás, que também dá suporte para o deslocamento da produção da indústria de ferro gusa que se instalou ao longo desta ferrovia.

Quanto à infra-estrutura de transporte disponível na região do Corredor Centro-Norte, CONAB (2005) destaca a importância da rodovia BR-158 que atravessa a parte oriental do estado de Mato Grosso. Ademais, são realçados os papéis das BR-153 e BR-010, que cortam o Estado do Tocantins e as BR's-222, 324, 230 e a 135, freqüentemente usadas para o escoamento das safras do sul do Maranhão e Piauí. O estudo também destaca a presença de hidrovias potenciais para o escoamento da produção na área de influência do Corredor Centro-Norte, através das vias navegáveis do Rio Araguaia e do Rio Tocantins. Contudo, são reveladas poucas expectativas quanto ao pleno funcionamento das hidrovias em curto e médio prazo, principalmente, em decorrência da resistência de órgãos ambientais no que tange à construção da Hidrovia do Araguaia, cujo projeto se encontra embargado desde 1997. Quanto à Hidrovia do Rio Tocantins, o avanço de seu uso da hidrovia é dificultado pelo grande número de represas que foram instaladas ao longo do rio sem os mecanismos de eclusas, sendo por isso ainda necessárias grandes intervenções para a adequação desta via. A Figura 9 mostra a área de influência do Corredor Centro-Norte e a infra-estrutura do sistema de transporte disponível na região.

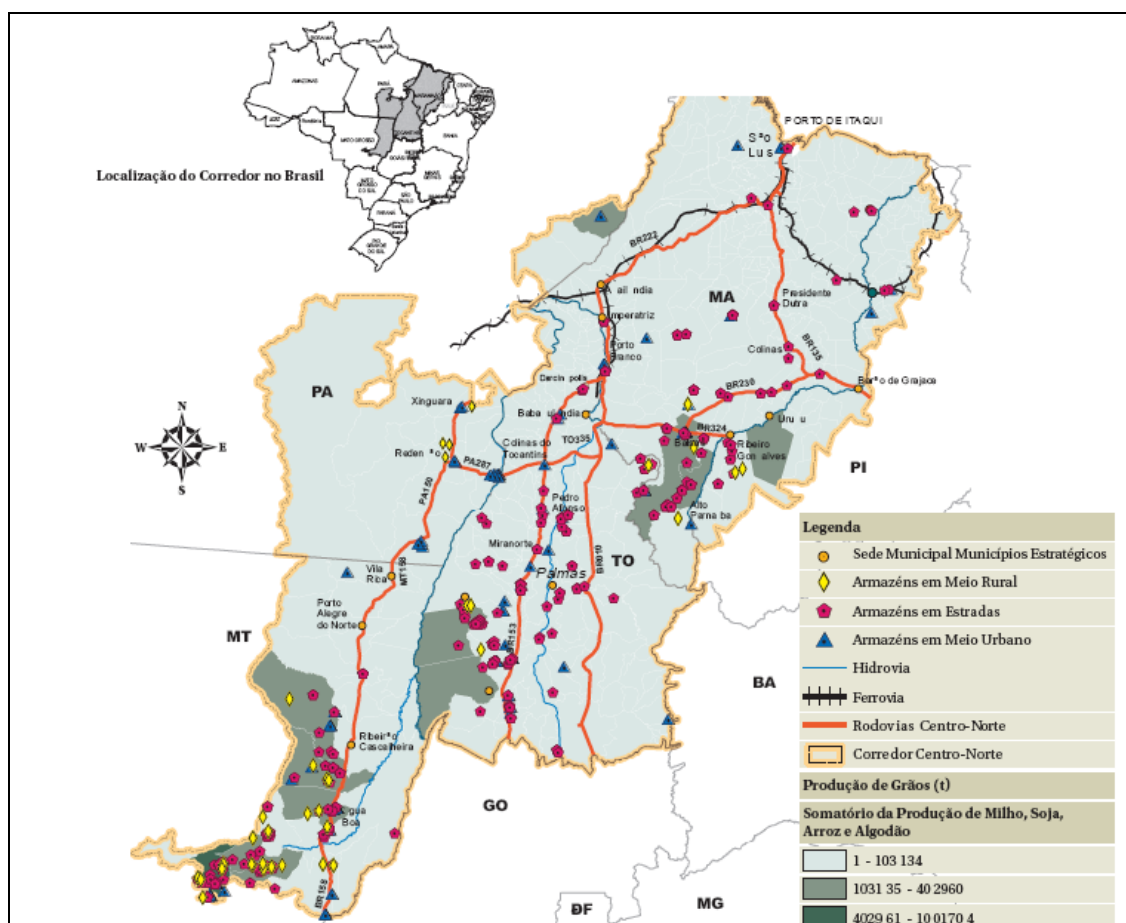


Figura 9 – Área de influência do Corredor Centro-Norte

Fonte: CONAB (2005)

A GEIPOT (1997) também realizou um importante trabalho para identificar as principais vias de transporte para o escoamento da produção de soja a partir das áreas da fronteira agrícola brasileira. As rotas de exportação de soja com menores custos foram identificadas pelo estudo e são apresentadas nas tabelas a seguir.



Tabela 3 – Rotas de exportação de soja com os menores custos de transporte com origem no Estado de Mato Grosso

MODO UTILIZADO ROTA	Rodovia	Ferrovias	Hidrovia	FRETE TOTAL (²) US\$/tonelada
	Frete US\$/tonelada	Frete US\$/tonelada	Frete US\$/tonelada	
Sorriso – Alto Taquari – Santos	23	20		43
Sorriso – Santos	48			48
Sorriso – Ponta Grossa – Paranaguá	45	5		50
Sorriso – Porto Velho – Itacoatiara	38		14	52
Campo Novo do Parecis – Porto Velho – Itacoatiara	25		14	39
Campo Novo do Parecis – Alto Taquari – Santos	20	20		40
Campo Novo do Parecis – Santos	55			55
Primavera do Leste – Alto Taquari – Santos	13	20		33
Primavera do Leste – Santos	40			40
Primavera do Leste – Ponta Grossa – Paranaguá	39	5		44
Rondonópolis – Alto Taquari – Santos	8	20		28
Rondonópolis – Santos	35			35
Rondonópolis – Ponta Grossa – Paranaguá	33	5		38
Nova Xavantina – Alto Taquari – Santos	12	20		32
Nova Xavantina – Xambioá – Estreito – Ponta da Madeira	4	12	15	31

Fonte: GEIPOT (1997), modificado pelo autor.

² Dados de frete fornecidos pelo Sistema de Informações de Fretes - SIFRECA<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE FRETES - SIFRECA. **Fretes.xls**. Piracicaba, 2006. (informação pessoal).

Tabela 4 – Rotas de exportação de soja com os menores custos de transporte com origem no Estado de Goiás

MODO UTILIZADO ROTA	Rodovia	Ferrovias	Hidrovia	FRETE TOTAL (²) US\$/tonelada
	Frete US\$/tonelada	Frete US\$/tonelada	Frete US\$/tonelada	
Goiânia – Santos		19		19
Goiânia – São Simão – Anhembi – Santos	11	6	8	25
Goiânia – Santos	26			26
Rio Verde – Uberlândia – Vitória	10	23		33
Rio Verde – Santos	29			29

Fonte: GEIPOT (1997), modificado pelo autor.

² Dados de frete fornecidos pelo Sifreca.

Tabela 5 – Rotas de exportação de soja com os menores custos de transporte com origem nos Estados do Maranhão e Piauí

MODO UTILIZADO ROTA	Rodovia	Ferrovias	Hidrovia	FRETE TOTAL (2) US\$/toneladas
	Frete US\$/toneladas	Frete US\$/toneladas	Frete US\$/toneladas	
Balsas / Uruçuí – Imperatriz – Ponta de Madeira	11	10		47

Fonte: GEIPOT (1997), modificado pelo autor.

² Dados de frete fornecidos pelo Sifreca.

Os dados apresentados pelo estudo do GEIPOT (1997) mostram a competitividade das rotas que fazem uso dos modais ferroviário e hidroviário para o escoamento da safra agrícola a partir de Mato Grosso, Goiás, Maranhão e Piauí. Merecem destaque as rotas que envolvem a Ferronorte (embarcando em Alto Taquari - MT), a Hidrovia do Madeira (embarcando em Porto Velho - RO) e da ALL (embarcando em Ponta Grossa - PR) como alternativas para exportação de soja a partir de Mato Grosso. No caso do estado de Goiás, revela-se bastante competitivo o uso da Hidrovia Tietê-Paraná (embarcando em São Simão – GO), da malha da Ferrovia Centro-Atlântica, embarcando em Goiânia-GO e chegando a Santos através da Ferroban. Os

resultados mostram também a importância da Estrada de Ferro Norte-Sul para o transporte da produção agrícola com origem em Balsas (MA) e Uruçuí (PI), para exportação através do Porto de Ponta da Madeira (Itaqui).

## **2.4 Modelos utilizados para estimativa de demanda de carga**

Até meados da década de 70 era notável a carência de modelos de previsão de fluxos de cargas inter-regiões. Até então, os modelos focalizavam as técnicas de simulação e estimativa de demanda de transporte de passageiros. O primeiro modelo de previsão de fluxos de transportes inter-regionais voltado ao transporte de cargas é referenciado na literatura como *Harvard Model*. Segundo Crainic et al. (1990), este modelo desenvolvido por Kresge e Roberts em 1971 baseava-se numa representação bastante simplificada da rede de transporte, contemplando apenas uma ligação direta entre um par origem-destino de cargas. Este modelo adotava como critério a minimização do custo total de transporte. Em decorrência da importância da análise e estimativa dos fluxos entre localidades para o planejamento estratégico dos sistemas de transporte, novos estudos deram suporte ao desenvolvimento de modelos para tais finalidades. Os novos trabalhos voltados para este fim focalizaram o desenvolvimento de modelos que permitissem uma simulação mais detalhada e precisa dos comportamentos dos agentes envolvidos num sistema de transportes. Uma série de modelos de transporte multimodal e multiproduto foi apresentada ao longo da década de 80 e 90 revelando representações mais aprimoradas do sistema de transporte. Alguns deles permitiam o uso de funções de custo de transporte não lineares e sensíveis às economias de escala, consideravam os efeitos de congestionamento nos trechos ferroviários da rede multimodal, simulavam atrasos decorrentes das operações em pátios ferroviários e estações ou até consideravam a movimentação de vagões vazios e vagões especializados para cada tipo de produto na malha ferroviária. Cabe destacar que estas ferramentas se revelam fundamentais para a elaboração de políticas de planejamento de infra-estrutura de transportes e de regulação dos sistemas de transportes.

De forma generalizada, os estudos de demanda de transporte de cargas baseiam-se na simulação do fluxo inter-regional de mercadorias. A concepção dos modelos focaliza o comportamento dos agentes econômicos envolvidos na etapa de movimentação de cargas - tais como embarcadores e transportadores - com o intuito de prever as quantidades, as rotas e os modais envolvidos no transporte entre as regiões de produção e de consumo. Esta seção discorrerá sobre a importância e sobre os principais aportes teóricos relacionados aos modelos de transporte de cargas.

Um estudo encomendado pela Commission of the European Communities, realizado pela Actions de Préparation, D'accompagnement et du Suivi – APAS (1996) realça que os modelos estratégicos de transporte são instrumentos de suma importância para identificar ineficiências econômicas decorrentes das variações nos preços de transporte, inadequação de redes de transporte, problemas de congestionamento de vias, aumento dos impactos ambientais e avaliação do consumo energético. Segundo Friesz et al. (1983), o desenvolvimento de uma ferramenta acurada de previsão de movimentação de cargas em uma rede viária é de grande valor para os tomadores de decisão relacionados à elaboração de políticas de transporte e, também, de grande relevância para companhias privadas de transporte, que estão interessadas em planejar a sua postura competitiva. Na visão de Garrido e Mahmasani (2000), o mercado de transporte de cargas é um componente-chave de um sistema econômico, e, conseqüentemente, está em constante mudança em função das variações da atividade econômica, o que realça o papel das ferramentas de previsão e simulação de fluxos de carga inter-regiões. Complementando esta argumentação, Martins (2004) assinala que os problemas de transporte se interagem nos estudos de demanda de transporte cuja identificação “é um primeiro passo para o planejamento e a intervenção nos sistemas de transporte para efeito de correção de estrangulamentos e hierarquização de investimentos, por exemplo” (MARTINS, 2004, p. 37).

Friezs e Harkers (1983) conceituam os agentes e interações comumente considerados na modelagem de sistemas de transporte de cargas. Segundo os autores, o primeiro passo para análise de um sistema de transportes trata da divisão geográfica do objeto de análise em um conjunto de sub-regiões. Para cada unidade geográfica é definido um centróide ao qual será associado um conjunto de produtores e

consumidores, sendo que as interações entre estes ocorrem via preços das diferentes *commodities*. Os movimentos de cargas entre as sub-regiões ocorrem por intermédio de dois agentes econômicos, os embarcadores e os transportadores. Baseados na abordagem microeconômica de Samuelson (1952), Takayama e Judge (1964) conceituam a função dos embarcadores, que têm como papel definir a quantidade de cada *commodity* e os meios através dos quais elas serão transportadas, em função de tarifas de frete e dos níveis de serviço oferecidos pelos transportadores. São os embarcadores que coordenam os movimentos entre as regiões e escolhem a melhor maneira para o transporte das cargas, que ocorre por intermédio da atuação de outros agentes, os transportadores. A concepção teórica apresentada pelos autores também considera as forças governamentais atuando nos sistemas de transporte que são representadas pelo conjunto de agências federais, estaduais e municipais relacionadas à regulação dos transportes e fornecimento de infra-estrutura. A Figura 10 ilustra os principais agentes e interações existentes entre eles num sistema de transportes.

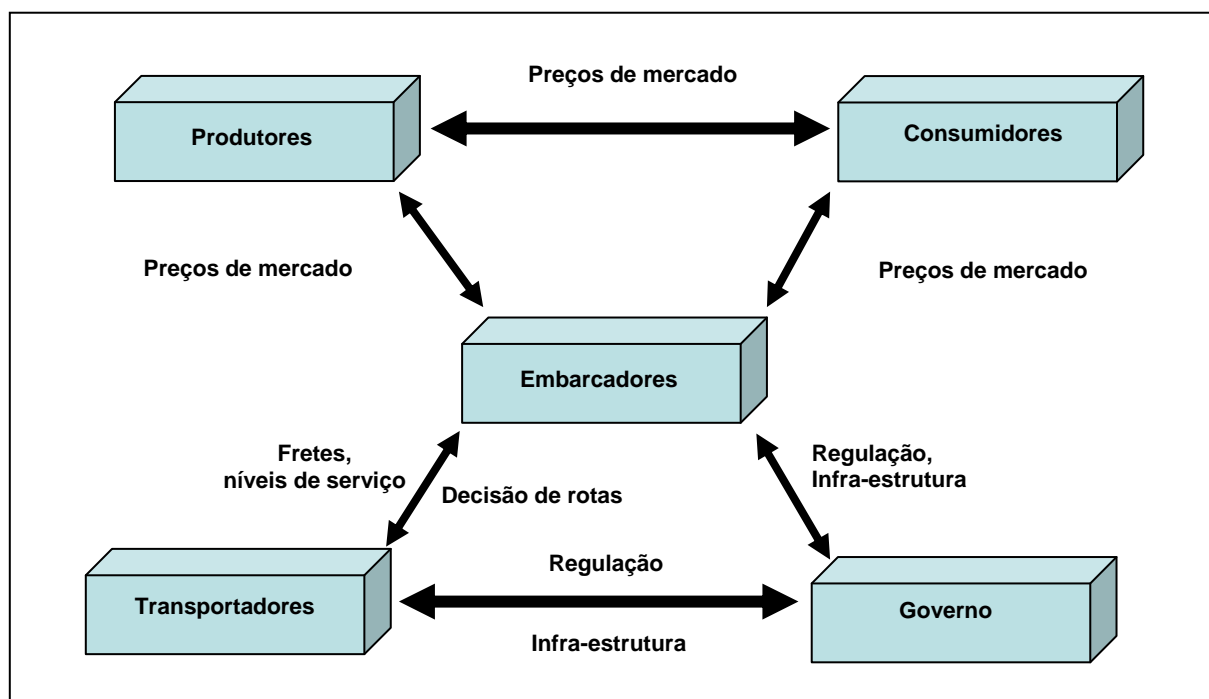


Figura 10 – Agentes e interações envolvidos em um sistema de transporte

Fonte: Friesz e Harkers (1983)

Os modelos usados mais freqüentemente para simulações e estimativas da demanda de carga podem ser divididos em três grandes classes: Modelos de Equilíbrio Espacial (Spatial Price Equilibrium Models), Modelos de Escolha Discreta (Discret Choice Models) e os Modelos de Equilíbrio de Redes (Network Equilibrium Models).

Segundo Friezs e Harkers (1983), os conceitos envolvidos nos Modelos de Equilíbrio Espacial foram desenvolvidos originalmente por Samuelson (1952) e posteriormente ampliados por Takayama e Judge (1964). Os autores relatam que estes modelos estão focados na interação entre produtores, consumidores e embarcadores. Os custos de transporte são estabelecidos exogenamente ao invés de serem determinados através da modelagem do comportamento dos transportadores. Os comportamentos dos consumidores e produtores são incorporados nestes modelos mediante a definição de funções de oferta e demanda. Sob a ótica dos modelos de equilíbrio espacial, as escolhas dos embarcadores determinam a movimentação de cargas entre os produtores e consumidores respeitando os seguintes princípios de equilíbrio:

- se existe um fluxo de uma *commodity* da região A para a região B, então o preço desta *commodity* em A mais o custo de transporte entre A e B será igual ao preço desta *commodity* em B.
- se o preço da *commodity* em A mais o custo de transporte entre A e B for maior que o preço desta *commodity* em B, então não haverá fluxo entre A e B.
- as quantidades ofertadas e consumidas nas subdivisões espaciais são tratadas como variáveis endógenas, determinadas por funções de oferta e demanda, que são dependentes dos valores dos preços das *commodities* em cada mercado.

Friezs e Harkers (1983) propõem um modelo multimodal baseado nos princípios dos problemas de Equilíbrio Espacial que simula o comportamento de duas classes de tomadores de decisão nos sistemas de transporte - os embarcadores e os transportadores - de maneira simultânea. Ressalta-se que a formulação matemática do modelo apresentado envolvia uma função objetivo não-convexa, o que dificulta a garantia de obtenção de uma solução única. A resolução do problema ocorria com o auxílio de algoritmos como *Path Enumeration*, e não havia garantias de convergência

da solução para o ótimo global. Ojima (2004) faz uma análise da distribuição logística da soja no Brasil a partir de um modelo de Equilíbrio Espacial e Martins (2004) desenvolve um trabalho com abordagem semelhante para análise da configuração geográfica do complexo soja brasileiro.

Quanto aos modelos de escolha discreta, esta técnica de modelagem simula o comportamento dos tomadores de decisão quanto à melhor alternativa de transporte de cargas entre os locais de oferta e demanda. A simulação das decisões baseia-se na maximização da função utilidade do embarcador, sendo realizada com o auxílio de modelos econométricos que têm como variáveis os atributos dos serviços de transporte disponíveis entre os locais de origem e destino de carga, como, por exemplo, valor do frete, tempo de percurso (*transit time*), cadência, confiabilidade, entre outros. Monteiro et al. (2001) assinalam que esta técnica de modelagem baseia-se nos fundamentos da teoria econômica do consumidor e em modelos “comportamentais”. Segundo os autores, os modelos de escolha discreta consideram que o embarcador busca maximizar sua função utilidade, que por sua vez é função dos atributos de transporte das alternativas de movimentação de cargas. O conjunto de atributos de cada alternativa de transporte caracteriza o nível de satisfação do embarcador, sendo que a função utilidade é fundamentada em modelos econométricos de escolha discreta do tipo Logit. Os autores destacam que o uso desta metodologia está sujeita a algumas dificuldades, como a existência de atributos não convencionais nas decisões de escolha, variações não captadas das preferências dos tomadores de decisão, avaliações errôneas e imperfeições de informação, o que dificulta a definição precisa de uma função utilidade, sendo mais adequado, portanto, atribuir um caráter aleatório para a função que expressa o nível de utilidade de cada modal. Desta forma, a escolha dos embarcadores é baseada na probabilidade de que uma alternativa represente a maior utilidade dos decisores. Ainda segundo Monteiro et al. (2001), normalmente, a função utilidade é determinada com base em informações quanto à importância relativa de cada atributo (*trade-off*). Estes parâmetros balizam a simulação das escolhas dos embarcadores quanto à melhor alternativa de transporte entre duas localidades. Estas informações podem ser levantadas através de pesquisas de preferência declarada (*stated preference*), que se caracterizam pela aplicação de questionários e entrevistas a

embarcadores para quantificação da importância relativa dos atributos do serviço de transporte. De maneira alternativa, o *trade-off* entre os atributos pode ser definido a partir da observação de fluxos de cargas praticados e dos níveis de serviço relacionados aos fluxos. Esta técnica é conhecida como preferência revelada (*revealed preference*). Aplicações de modelos de escolha discreta para estimativa da demanda de transporte são apresentadas por Oum (1979) e Garrido e Mahmassani (2000).

Friezs e Harkers (1983) abordam os conceitos teóricos que fundamentam os modelos de equilíbrio de redes de transporte de cargas. Segundo os autores, o enfoque desta classe de modelos está voltado para as interações entre agentes embarcadores e transportadores. Ao contrário dos modelos de equilíbrio espacial, que consideram funções de oferta e demanda determinando as quantidades ofertadas e demandadas em um dado centróide, os modelos de equilíbrio de redes tratam as quantidades de oferta e demanda como variáveis exógenas, determinadas externamente ao modelo. Os autores realçam que, muitas vezes, estes tipos de modelo caracterizam-se por uma abordagem seqüencial, constituída por dois estágios: a primeira etapa volta-se para a estimativa da demanda por transportes apresentada pelos embarcadores; posteriormente, simula-se o comportamento dos transportadores quanto à forma e ao nível de serviço de transporte que será oferecido para atender àquele fluxo. Estes modelos baseiam-se na alocação dos fluxos de cargas entre centróides geradores de carga e centróides de atração de carga, considerando valores fixos de oferta e demanda sobre uma rede viária, multimodal ou não, de forma que estes fluxos encontrem a menor impedância possível (exemplos de impedância incluem os custos de transporte, tempos de viagem - *transit time* – confiabilidade, dentre outras características do serviço de transporte).

Seguindo a abordagem dos modelos de equilíbrio de rede Friez et al. (1981) apresentam um modelo denominado Freight Network Equilibrium Model – FNEM, que considera explicitamente as decisões de embarcadores e transportadores, simuladas de maneira seqüencial. O FNEM também abordava os efeitos de congestionamento de vias ferroviárias através de funções de atraso inseridas na estrutura matemática do modelo. A função de custo de transporte era não-linear, o que propiciava sensibilidade



dos custos de transporte em relação às economias de escala e em relação aos efeitos de congestionamento de vias.

Crainic et al. (1990) apresentam um modelo multimodal multiproduto com função de custo de transporte não-linear, efeitos de congestionamento - tanto nos arcos da rede como nos pátios e terminais ferroviários – sendo que o modelo também permitia a simulação da movimentação de vagões vazios na rede ferroviária. Este modelo foi denominado Strategic Analysis - STAN e foi aplicado em vários países como ferramenta de planejamento estratégico da rede de transportes.

Fernandez et al. (2004) desenvolveram um modelo estratégico para estimativa de demanda de carga ferroviária que propiciava uma representação bem detalhada das operações de manobras e transbordos na rede ferroviária, da movimentação de diferentes tipos de vagões para atender o fluxo de diferentes produtos, das restrições de capacidade de trechos ferroviários e da movimentação de vagões vazios.

Em conjunto com o GEIPOT, o modelo STAN foi adequado e calibrado para simulações do fluxo de cargas através do sistema de transporte de cargas brasileiro. Crainic et al. (1990) revelam que para atender a realidade brasileira, o modelo STAN foi adaptado para simulações com até dez modalidades diferentes de transporte, frente à necessidade de ajustar o modelo às diferenças de bitola da rede ferroviária brasileira e os diferentes tipos de tração (diesel ou elétrica) utilizados na época. As informações a respeito da oferta e demanda de cargas foram fornecidas pelo GEIPOT, na forma de matrizes Origem-Destino. Mais informações a respeito do uso do modelo STAN para estimativa dos fluxos de cargas no país foram documentadas por Crainic e Florian (1989).

Ahuja (1993) sugerem um modelo linear de otimização de fluxos em redes, que também pode ser aplicado para a simulação de redes de transporte. O problema, denominado Problema de Fluxos Multiprodutos (Multicommodity Flow Problem), considera a minimização do custo total de transporte e é indicado para a resolução de problemas de fluxos em rede, cujos arcos são compartilhados por mais de um produto. A priori, este modelo não exige a calibração de parâmetros das funções de oferta e

demanda, já que são tratadas como variáveis exógenas. A formulação linear do modelo garante que a solução envolva um ponto de ótimo global. Além disso, os dados de oferta e demanda de carga em cada nó da rede de transportes e a impedância associada a cada arco da rede são os únicos requisitos para a aplicação do modelo na simulação de fluxos em rede.

O modelo proposto por esta dissertação foi formulado com base no conceito do Multicommodity Flow Problem, sendo aplicado a uma rede de transportes multimodal.

### 3 METODOLOGIA

De forma geral, as técnicas de modelagem de fluxos de transporte inter-regionais, intrínsecas aos estudos de demanda de carga, revelam alguns processos em comum durante a simulação do comportamento dos fluxos de cargas. Uma das etapas iniciais relacionadas à modelagem de problemas desta natureza consiste da divisão espacial da área que será analisada em zonas de carga e escolha dos centróides (localidades) que representarão os pontos de origem e destino das cargas em cada zona. Posteriormente, são atribuídos valores de oferta e demanda de cargas para cada zona, podendo estes parâmetros ser tratados como variáveis endógenas ou não, dependendo do tipo de modelo considerado para estimativa dos fluxos inter-regionais. Em seqüência, busca-se simular a movimentação dos fluxos de cargas entre os centróides com excedente de oferta e os centróides com déficit de consumo. Nesta etapa, pretende-se identificar os fluxos de cargas entre os centróides e, também, a modalidade de transporte mais adequada para a movimentação destes fluxos, através da simulação das decisões de embarcadores e transportadores.

Um estudo da APAS (1996) apresenta uma estrutura geral de modelagem que envolve grande parte das etapas vinculadas aos modelos de planejamento de transporte, conforme descrito a seguir:

- Fase 1: Estimativa do número de viagens ou quantidade de cargas que chegam ou que partem de cada zona;
- Fase 2: A partir de cada zona estima-se para quais zonas as viagens ou as cargas serão alocadas. Esta etapa gera como resultado uma Matriz Origem-Destino de fluxos de transporte;
- Fase 3: Neste momento, escolhe-se a modalidade de transporte ou os meios de transporte através dos quais os fluxos de transporte deveriam ser movimentados entre os centróides, da maneira mais adequada;
- Fase 4: Esta etapa consiste da conversão das quantidades de cargas em tráfego de veículos, sendo particularmente importante para estudos de transporte de

cargas, já que as fases antecessoras, no caso destes estudos, trabalham com quantidades em toneladas e não consideram o fluxo de veículos.

- Fase 5: Nesta fase as viagens (número de veículos, navios, etc.) são alocadas ou distribuídas através das redes viárias, da maneira mais adequada. Em alguns modelos são levados em consideração efeitos de congestionamento ao longo da rede viária. Os resultados desta etapa podem ser comparados com o tráfego de veículos observados na realidade com o intuito de calibrar e validar o modelo matemático.

Ainda segundo APAS (1996), normalmente, os modelos de transporte são aplicados considerando dados de uma situação atual, referentes a um ano base, entretanto, muitas vezes, são desejáveis previsões de fluxos de transporte para anos futuros. Com este propósito, podem ser criados cenários futuros, com base em previsões a respeito de fatores econômicos, demográficos e espaciais que interferem nos fluxos de transporte inter-regiões.

O método para estimativa da demanda de carga, proposto para atender ao escopo desta dissertação, compreende as fases 1, 2 e 3 da estrutura geral de modelagem apresentada, e não trata diretamente do tráfego de veículos ao longo da rede viária nem efeitos de congestionamento de vias. Ao longo desta seção serão apresentados os dados utilizados e métodos considerados na concepção do modelo de estimativa de demanda de carga que dará suporte para a avaliação da quantidade de carga captável pela Estrada de Ferro Norte-Sul.

### **3.1 Divisão espacial da área de análise e escolha dos centróides**

A análise da demanda de carga pela EFNS foi realizada com base em estimativas de fluxos inter-regionais no Brasil. Para tal, partiu-se da divisão espacial do território nacional em unidades geográficas que foram consideradas zonas de geração ou de atração de carga. Para fins de cálculo de distâncias e estimativa do custo de transporte entre as unidades geográficas definidas pelo zoneamento, estas subdivisões do território nacional foram representadas por centróides, que são localidades (municípios) escolhidas como sede de cada zona.

A divisão espacial adotada para atender ao escopo desta dissertação baseou-se na subdivisão dos estados brasileiros em áreas com similaridades econômicas e sociais, proposta pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, denominadas Mesorregiões e Microrregiões. No caso dos estados pertencentes à área de influência da EFNS – definida nesta dissertação como a área delimitada pelos estados cortados pela Estrada de Ferro Norte-Sul e os estados vizinhos a estes, envolvendo Goiás (GO), Tocantins (TO), Bahia (BA), Maranhão (MA), Piauí (PI), Pará (PA) e Mato Grosso (MT) - adotou-se como divisão espacial as microrregiões geográficas. Quanto aos demais estados brasileiros, estes foram divididos em mesorregiões.

Após a divisão espacial do território brasileiro foram definidos os centróides representantes das microrregiões ou mesorregiões, que seriam as sedes de cada unidade geográfica, utilizadas para fins de localização da origem ou destino dos fluxos de cargas. A determinação dos centróides das subunidades territoriais foi feita com base na similaridade entre os nomes dos municípios e os nomes das microrregiões ou mesorregiões. No caso em que não se observou esta coincidência, adotou-se como centróide o município com maior população dentro da microrregião ou mesorregião (os dados populacionais foram obtidos através do Censo Demográfico 2000 (IBGE, 2007). Os centróides escolhidos para as microrregiões da área de influência e para as mesorregiões dos demais estados, estão listados nas Tabelas 34 e 35, disponíveis no Anexo A. As sub-divisões regionais adotadas e os centróides de cada zona podem ser visualizadas na Figura 11.

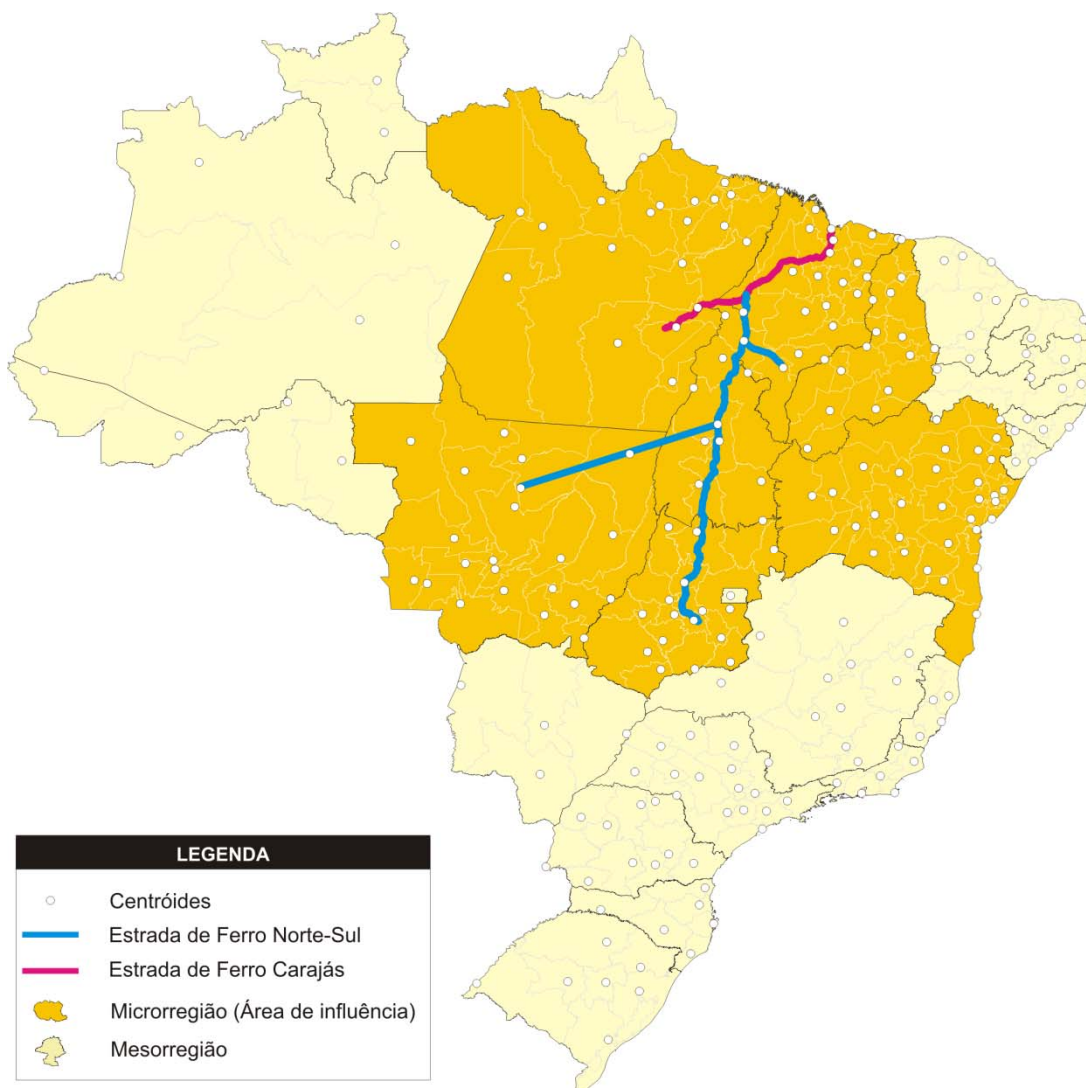


Figura 11 – Divisões do território nacional em Microrregiões na área de influência da EFNS, Mesorregiões nos demais estados e respectivos centróides (Estrada de Ferro Norte-Sul com ramais planejados)

É facilmente constatado que à medida que a divisão espacial envolva menores unidades geográficas, maior é a precisão dos resultados do modelo, já que é possível a escolha de um recorte territorial mais detalhado e uma representação mais precisa da infra-estrutura viária. Por exemplo, caso fossem considerados todos os municípios brasileiros como centróides de produção e de atração de carga, isto implicaria uma representação mais detalhada e mais real do fluxo de cargas inter-

regional. No entanto, a adoção de um grande número de centróides pode aumentar por demais o número de pares origem-destino (explosão combinatória), demandando capacidades de memória não disponíveis nos computadores pessoais convencionais durante o processamento do modelo de otimização. Neste sentido, o método de zoneamento envolveu cuidados para evitar limitações dos recursos computacionais disponíveis para a resolução do modelo. Em decorrência dos motivos expostos, adotou-se assim uma divisão territorial mais detalhada na área de influência da EFNS (microrregiões) e um menor detalhamento dos demais estados (mesorregiões).

Outra questão pertinente ao zoneamento é o motivo de ter sido considerado todo território nacional no estudo de demanda da Estrada de Ferro Norte-Sul ao invés de a divisão espacial contemplar apenas a área de influência do trecho ferroviário que estava sendo analisado. Isto se deve ao fato de as regiões da área de influência realizarem intercâmbio de mercadorias com diversas áreas do Brasil, sendo mais consistente, portanto, estimar os fluxos de cargas observados entre todas as centróides de oferta e demanda de cargas do país, ao invés de isolar os fluxos correlatos à área de influência.

### **3.2 Modelo matemático proposto**

A alocação dos fluxos de produtos entre as regiões geradoras de carga e as regiões de atração de carga, através da rede viária, ocorreu com o auxílio de um modelo linear de otimização, que teve como objetivo a minimização do custo total de transporte de cargas. A somatória dos fluxos indicados pela solução do modelo para movimentação através dos ramos da rede pertinentes à representação da malha da Estrada de Ferro Norte-Sul foi a informação usada para a estimativa da demanda de carga captável pela ferrovia.

Para a escolha das alternativas de transporte e rotas entre os centróides que resulte no menor custo global de transporte, desenvolveu-se um modelo com base no Modelo de Fluxo de Custo Mínimo Multiproduto - Multicommodity Minimum Cost Flow Problem (Figura 12), a partir de Ahuja (1993). Cabe ressaltar que o modelo proposto para esta dissertação não considera uma abordagem multiproduto, sendo os resultados

processados e analisados de maneira individual para cada produto. Esta peculiaridade dificulta a inserção de restrições de capacidade de movimentação nos trechos ferroviários, já que esta restrição está relacionada aos fluxos globais de carga na via de transporte. No entanto, pelo fato deste estudo focalizar o desenvolvimento de uma ferramenta de suporte a decisões de natureza estratégica, a capacidade das vias de transporte foi considerada ilimitada.

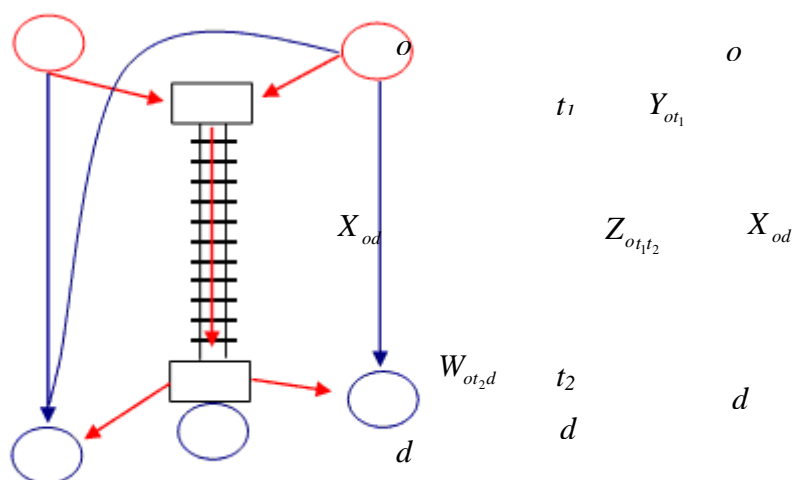


Figura 12 – Esquema representativo do Modelo de Fluxo de Custo Mínimo Multiproduto

Fonte: adaptado de Ahuja (1993)

O modelo citado pode ser adaptado para a otimização de fluxos de cargas através de uma rede de transporte multimodal, sendo:

$o$ : centróides geradores de carga;

$d$ : centróides de atração de carga;

$t_1$ : pontos de transbordo iniciais para modais alternativos ao rodoviário (ferroviário e/ou hidroviário);

$t_2$ : pontos de transbordo finais para modais alternativos ao rodoviário (ferroviário e/ou hidroviário);



$X_{od}$ : fluxo do produto  $p$  originado a partir do centro gerador de carga  $o$  com destino ao centro de atração de carga  $d$ ;

$Y_{ot_1}$ : fluxo do produto  $p$  originado a partir do centro gerador de carga  $o$  deslocado até o ponto de transbordo inicial  $t_1$ ;

$Z_{ot_1t_2}$ : fluxo do produto  $p$  originado a partir do centro gerador de carga  $o$  que passa entre o ponto de transbordo inicial  $t_1$  e o ponto de transbordo final  $t_2$ ;

$W_{ot_2d}$ : fluxo do produto  $p$  originado a partir do centro gerador de cargas  $o$  e passando pelo ponto de transbordo final  $t_2$  com destino ao centro de atração de carga  $d$ ;

O objetivo do modelo é minimizar o custo total de transporte para o deslocamento das cargas ofertadas pelos centróides  $o$  e demandadas pelos centróides  $d$ . A somatória dos fluxos  $Z_{ot_1t_2}$  correspondentes aos trechos da Estrada de Ferro Norte-Sul indicará a quantidade de carga com aptidão para movimentação através desta ferrovia.

Para atendimento do contexto deste trabalho, foram feitas algumas adaptações do Modelo de Fluxo de Custo Mínimo Multiproduto, sendo proposta a estrutura matemática apresentada a seguir:

Minimizar o custo logístico total expresso por:

$$\sum_{o=1}^n \sum_{d=1}^m X_{od} \times FX_{od} + \sum_{o=1}^n \sum_{t_1=1}^r Y_{ot_1} \times FY_{ot_1} + \sum_{o=1}^n \sum_{t_1=1}^r \sum_{t_2=1}^q Z_{ot_1t_2} \times FZ_{t_1t_2} + \sum_{o=1}^n \sum_{t_2=1}^q \sum_{d=1}^m W_{ot_2d} \times FW_{t_2d} \quad (1)$$

sujeito às seguintes restrições:

$$\sum_{d=1}^m X_{od} + \sum_{t_1=1}^r Y_{ot_1} \geq OFERTA_o, \quad \text{para todo } o \quad (2)$$

ou seja, a somatória dos fluxos do produto  $p$  originados a partir do centro gerador de carga  $o$  através de rota rodoviária com destino aos centros de atração de carga mais a somatória dos fluxos de produto  $p$  originados a partir do centro gerador de carga  $o$  e deslocados até os pontos de transbordo iniciais  $t_1$  com destino para os centros de atração de carga, deve ser igual à oferta do produto  $p$  pelo centro gerador de carga  $o$ . Esta restrição garante que a oferta de um centróide seja respeitada.

$$\sum_{o=1}^n X_{od} + \sum_{o=1}^n \sum_{t_2=1}^q W_{ot_2d} = DEMANDA_d, \text{ para todo } d \quad (3)$$

ou seja, a somatória dos fluxos do produto  $p$  originados a partir dos centros geradores de carga através de rotas rodoviárias com destino ao centro de atração de carga  $d$  mais a somatória dos fluxos do produto  $p$  originados a partir dos centros geradores de carga através das rotas que envolvam um modal alternativo ao rodoviário (ferroviário e/ou hidroviário) para o centro de atração de carga  $d$  deve ser igual à demanda do produto  $p$  pelo centro de atração de carga  $d$ . Esta restrição garante que a demanda do centro de atração de carga  $d$  pelo produto  $p$  seja atendida.

$$Y_{ot_1} = \sum_{t_2=1}^q Z_{ot_1t_2}, \text{ para todo } o \text{ e } t_1 \quad (4)$$

ou seja, o fluxo do produto  $p$  originado a partir do centro gerador de carga  $o$  e deslocado até o ponto de transbordo inicial  $t_1$  deve ser igual à somatória dos fluxos entre o ponto de transbordo inicial  $t_1$  até os pontos de transbordo finais  $t_2$ , com origens em  $o$ . Esta restrição visa garantir a continuidade e o balanço dos fluxos de produto  $p$  com origem em  $o$  que passam pelo ponto de transbordo  $t_1$ .

$$\sum_{o=1}^n \sum_{t_1=1}^r Z_{ot_1t_2} = \sum_{o=1}^n \sum_{d=1}^m W_{ot_2d}, \text{ para todo } o \text{ e } t_2 \quad (5)$$

ou seja, a somatória dos fluxos do produto  $p$  originados a partir do centro gerador de carga  $o$  que passam pelos pontos de transbordo iniciais e que se dirigem a um determinado ponto de transbordo final  $t_2$  deve ser igual à somatória dos fluxos do produto  $p$  originados no centro gerador de carga  $o$  que passam pelo ponto de transbordo final  $t_2$  com destino aos centros de atração de carga. Esta restrição visa garantir a continuidade e o balanço dos fluxos de produto  $p$  com origem em  $o$  que passam pelo ponto de transbordo  $t_2$ .

$$\sum_{d=porto\ 1}^{porto\ s} X_{od} + \sum_{t_2=1}^q \sum_{d=porto\ 1}^{porto\ s} W_{ot_2d} \geq EXPORTAÇÃO_o, \text{ para todo } o \quad (6)$$

ou seja, a somatória dos fluxos do produto  $p$  originados a partir do centro gerador de carga  $o$  que se dirigem diretamente aos centros de atração de carga (considerando apenas os portos) mais a somatória dos fluxos de produto  $p$  originados a partir do centro gerador de carga  $o$  e que passam pelos pontos de transbordo finais  $t_2$  com destino para os centros de atração de carga (também considerando apenas os portos) deve ser maior ou igual à exportação do produto  $p$  a partir do centro gerador de carga  $o$ . Esta restrição garante que a fração da oferta do produto  $p$  no centro gerador de carga  $o$  destinada para exportação seja alocada para centróides que sejam portos.

$$\sum_{o=porto\ 1}^{porto\ s} X_{od} + \sum_{o=porto\ 1}^{porto\ s} \sum_{t_2=1}^q W_{ot_2d} \geq IMPORTAÇÃO_d, \text{ para todo } d \quad (7)$$

ou seja, a somatória dos fluxos do produto  $p$  originados a partir do centro gerador de carga  $o$  (considerando apenas os portos) que se dirigem diretamente a um determinado centro de atração de carga  $d$  mais a somatória dos fluxos do produto  $p$  originados a partir do centro gerador de carga  $o$  (considerando apenas os portos) e que passam pelos pontos de transbordo finais  $t_2$  com destino para o mesmo centro de atração de carga  $d$  deve ser maior ou igual à importação do produto  $p$  por este centro de atração de carga  $d$ . Esta restrição garante que a fração da demanda por um produto  $p$  pelo centro de atração de carga  $d$  que foi atendida através de importação tenha como origem centróides que sejam portos.

Os significados mais específicos dos parâmetros e variáveis consideradas nesse modelo matemático são apresentados a seguir:

$X_{od}$  : fluxo em toneladas do produto  $p$  originado a partir do centro gerador de carga  $o$  com destino ao centro de atração de carga  $d$ ;

$FX_{od}$  : valor do frete (R\$/tonelada) para o transporte do produto  $p$  originado a partir do centro gerador de carga  $o$  até centro de atração de carga  $d$ ;

$Y_{ot_1}$  : fluxo em toneladas do produto  $p$  originado a partir do centro gerador de carga  $o$  deslocado até o ponto de transbordo inicial  $t_1$ ;

$FY_{ot_1}$  : valor do frete (R\$/tonelada) para o transporte do produto  $p$  originado a partir do centro gerador de carga  $o$  até o ponto de transbordo inicial  $t_1$ ;

$Z_{ot_1t_2}$  : fluxo em toneladas do produto  $p$  originado a partir do centro gerador de carga  $o$  que passa entre o ponto de transbordo inicial  $t_1$  e o ponto de transbordo final  $t_2$ ;

$FZ_{t_1t_2}$  : valor do frete (R\$/tonelada) para o transporte do produto  $p$  entre o ponto de transbordo inicial  $t_1$  e o ponto de transbordo final  $t_2$ ;

$W_{ot_2d}$  : fluxo em toneladas do produto  $p$  originado a partir do centro gerador de cargas  $o$  e passando pelo ponto de transbordo final  $t_2$  com destino ao centro de atração de carga  $d$ ;

$FW_{t_2d}$ : valor de frete (R\$/tonelada) para o transporte do produto  $p$  entre o transbordo final  $t_2$  e o centro de atração de carga  $d$ ;

$OFERTA_o$ : nível de oferta em toneladas do produto  $p$  observado no centro gerador de carga  $o$ ;

$DEMANDA_d$ : nível de demanda em toneladas do produto  $p$  observado no centro de atração de carga  $d$ ;

$EXPORTAÇÃO_o$ : nível de exportação em toneladas do produto  $p$  observado no centro gerador de carga  $o$ ;

$IMPORTAÇÃO_d$ : nível de importação em toneladas do produto  $p$  observado no centro de atração de carga  $d$ .

sendo:

$n$ : índice referente ao número total de centros geradores de carga;

$m$ : índice referente ao número total de centros de atração de carga;

$r$ : índice referente ao número total de pontos de transbordo iniciais para modais alternativos ao rodoviário (ferroviário e/ou hidroviário);

$q$ : índice referente ao número total de pontos de transbordo finais para modais alternativos ao rodoviário (ferroviário e/ou hidroviário).

Portanto, para fins de identificação dos fluxos ferroviários – objeto principal deste estudo – a análise dos resultados do modelo focalizou os valores assumidos pela variável  $Z_{oi,t_2}$  (fluxo do produto  $p$  originado a partir do centro gerador de carga  $o$  e se movimentando entre os pontos de transbordo ferroviários inicial  $t_1$  e o ponto de transbordo ferroviário final  $t_2$ , correspondentes a Estrada de Ferro Norte-Sul. Esta variável também representa o fluxo através de alternativas concorrentes desta ferrovia, quando os os pontos de transbordo  $t_1$  e  $t_2$  são pertencentes a outra via de transporte.

Os fluxos indicados pelo modelo permitem também a identificação dos centróides geradores de carga captável pela ferrovia e a quantidade de carga gerada por aquele centróide. Além disso, foi possível a identificação dos fluxos que passam

através dos pontos de transbordo considerados para o trecho ferroviário, e a origem daqueles fluxos. Em outras palavras, os fluxos de carga indicados pelo modelo, particularmente aqueles representados pela variável  $Z_{ot_{12}}$ , também trazem a identificação das principais localidades que apresentam carga captável pelo trecho ferroviário e os principais pontos de transbordo para embarque na ferrovia.

O modelo matemático de otimização foi processado com o uso do *solver* de programação linear Cplex, através do software General Algebraic Modeling System - GAMS. O arquivo de entrada utilizado para a programação do GAMS está disponível no Apêndice B.

### **3.3 Determinação da quantidade de carga gerada e atraída pelas unidades geográficas definidas pelo zoneamento**

A determinação da oferta ou demanda de carga em uma determinada unidade geográfica (zona) baseou-se nos níveis de produção e consumo de produtos relevantes para a ferrovia, gerados na área de influência da EFNS.

A região considerada neste estudo como área de influência da Estrada de Ferro Norte-Sul envolve os territórios dos estados cortados pela ferrovia (Pará, Maranhão, Tocantins e Goiás) e de estados vizinhos a estes (Mato Grosso, Bahia e Piauí). Baseando-se nas principais atividades econômicas desenvolvidas na área de influência da Estrada de Ferro Norte-Sul e nas cargas cativas das ferrovias brasileiras foram escolhidos os produtos ou classe de produtos relevantes que seriam considerados no estudo de demanda, sendo eles: soja, milho, arroz, açúcar, álcool, óleo de soja, farelo de soja, fertilizantes (fertilizantes prontos e matéria-prima para fertilizantes) e derivados de petróleo (gasolina, óleo diesel e óleo combustível).

Segundo dados da Agência Nacional de Transporte Terrestre – ANTT (2006), as principais cargas movimentadas pelas ferrovias em 2005 podem ser agrupadas nas seguintes classes de produtos: minério de ferro (67%), produtos da indústria siderúrgica (8%), soja e farelo de soja (7%), produção agrícola (3%), carvão e coque (3%), outros granéis minerais (2%), adubos e fertilizantes (1%) e produtos diversos (9%).

A oferta e demanda correspondentes a um determinado produto e a uma dada unidade geográfica podem ser determinados de forma endógena aos modelos de estimativa de fluxo inter-regionais, como acontece nos casos dos modelos de equilíbrio espacial, ou de maneira exógena, como ocorre no uso de modelos de otimização de fluxos em redes. Particularmente, o método proposto para esta dissertação abrange a segunda classe de modelos, sendo, portanto, os valores de oferta e demanda tratados como variáveis exógenas. Neste sentido, pressupõe-se que a quantidade produzida de um dado produto em um dado centróide corresponde à oferta da unidade geográfica associada àquele centróide enquanto a quantidade de um dado produto consumida por um dado centróide equivale à demanda da unidade geográfica correspondente.

Cabe ressaltar que grande parte das informações de produção e consumo dos produtos relevantes para o estudo de demanda de carga ferroviária não estava disponível em um nível de desagregação compatível com o zoneamento pretendido. Conseqüentemente, para desagregar os dados de maneira a atender a divisão espacial adotada foi imprescindível o uso de *proxys*. As informações de oferta e demanda de carga, quando não disponíveis ao nível adequado de desagregação, foram fracionadas em dados correspondentes ao nível municipal, sendo estas informações posteriormente agregadas para determinação da oferta e demanda de cargas nas microrregiões ou mesorregiões. A seguir são apresentadas as fontes de dados utilizadas para a determinação da oferta e demanda de cada produto e métodos empregados para desagregação destas informações:

- Produção de soja: utilizou-se os dados de produção municipal de soja declarados pelo levantamento de safras agrícolas realizado pelo IBGE, denominado Produção Agrícola Municipal 2005.

- Consumo de soja: a partir da quantidade total de soja processada no Brasil em 2005, informada pela Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais (ABIOVE, 2007), o consumo de cada município foi estimado através do fracionamento do consumo de soja nacional em consumo municipal, de forma proporcional à

capacidade instalada de processamento de soja de cada município, informada por estudo da Safras & Mercados (2003)<sup>3</sup>.

- Produção de farelo de soja: a produção nacional de farelo de soja em 2005, informada pela ABIOVE (2007), foi fracionada em produções municipais, respeitando a proporção da capacidade instalada de processamento de soja em cada município em relação à capacidade nacional, declaradas em estudo da Safras & Mercados (2003).

- Consumo de farelo de soja: o consumo de farelo em nível municipal foi estimado a partir da desagregação do consumo nacional correspondente ao ano de 2005 (ABIOVE, 2007), adotando-se como critério para desagregação dos dados a proporção do tamanho do rebanho de bovinos, suínos e aves de corte de cada município em relação ao tamanho total do rebanho destes animais. O tamanho do rebanho foi determinado pelo número de animais (bovinos, suínos e aves de corte) declarado na Pesquisa Pecuária Municipal 2005 (IBGE, 2006).

- Produção de óleo de soja: a partir da produção nacional de óleo de soja em 2005 publicada pela ABIOVE (2007) esta informação foi desagregada em produção municipal de maneira proporcional à capacidade instalada de processamento municipal de soja, declaradas em estudo da Safras & Mercados (2003).

- Consumo de óleo de soja: o consumo nacional de óleo de soja em 2005 (ABIOVE, 2007) foi fracionado em consumo municipal de óleo, respeitando a proporção da população de cada município em relação à população brasileira, declarada pelo Censo Demográfico 2000, do IBGE.

- Produção de açúcar: a produção de açúcar municipal foi obtida através do Anuário da Cana 2003/2004 (PROCANA, 2006). Estas informações foram atualizadas para 2005, considerando a taxa de crescimento da produção de açúcar nacional observada ao longo das safras 2003/2004 e 2004/2005, determinada com base nos dados de produção de açúcar declarados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2006a).

---

<sup>3</sup> SAFRAS & MERCADOS. **Capacidades.xls**. São Paulo, 2003. (informação pessoal).



- Consumo de açúcar: o Consumo Nacional de açúcar em 2005, declarado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2006b), foi segregado em consumo municipal, de acordo com a participação da população de cada município em relação à população brasileira, declarada pelo Censo Demográfico 2000, do IBGE.

- Produção de álcool: a produção de álcool municipal foi obtida através do Anuário da Cana 2003/2004 (PROCANA, 2006). Estas informações foram atualizadas para 2005, considerando a taxa de crescimento da produção de álcool nacional observada no período das safras 2003/2004 e 2004/2005, obtida com base nos dados de produção declarados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2006b).

- Consumo de álcool: os dados de consumo municipal de álcool hidratado em 2005 foram fornecidos pela Agência Nacional do Petróleo – ANP (2005)<sup>4</sup>. O consumo de álcool anidro foi obtido a partir do consumo municipal de gasolina tipo C (ANP, 2005) multiplicado pelo percentual de álcool na gasolina adotado em 2005 (25%).

- Produção de milho: foram utilizados os dados de produção municipal de milho disponibilizados pelo levantamento de safras agrícolas realizado pelo IBGE, denominado Produção Agrícola Municipal 2005.

- Consumo de milho: os dados finais nacionais de consumo de milho (2005), extraídos de CONAB (2007), primeiramente, foram repartidos em segmentos de consumo (avicultura, suinocultura, bovinocultura, consumo humano e consumo industrial) com base em informações de consumo por segmento declarados pela FNP Consultoria & Comércio (AGRIANUAL, 2005). A fração do consumo alocada para o segmento avicultura foi desagregada para consumo municipal proporcionalmente ao plantel de aves de corte de cada município, declarado pela Produção Pecuária Municipal 2005 (IBGE, 2006). A parte do consumo referente ao segmento de consumo suinocultura foi alocada proporcionalmente ao rebanho de suínos e o consumo de milho encontrado para o segmento bovinocultura foi alocado de maneira proporcional ao

---

<sup>4</sup> AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. **Consumo de combustíveis.xls**. Rio de Janeiro, 2005. (informação pessoal).

tamanho do rebanho bovino, por município. O consumo obtido para os segmentos consumo humano e industrial foi desagregado para consumo municipal, sendo ponderado pela proporção do Produto Interno Bruto - PIB gerado por município em relação ao PIB brasileiro.

- Produção de arroz: a produção municipal de arroz foi obtida através do levantamento de safras realizado pelo IBGE, denominado Produção Agrícola Municipal 2005.

- Consumo de arroz: a partir do consumo nacional de arroz, declarado pela CONAB (2007), a informação foi desagregada para consumo municipal proporcionalmente à população de cada município, apresentada pelo Censo Demográfico 2000, do IBGE.

- Produção de fertilizantes: os dados referentes à produção de fertilizantes foram subdivididos em dois grupos distintos: produtos intermediários para fertilizantes e fertilizantes finais. Referente ao primeiro grupo, a produção nacional em 2005 foi desagregada em produção municipal, de forma proporcional à capacidade instalada das indústrias de matérias-primas em relação à capacidade total do Brasil, segundo dados extraídos do anuário da ANDA, referente ao ano de 2005. Quanto ao segundo grupo, o consumo total estimado (produção mais importação menos exportação) foi fracionado proporcionalmente à capacidade instalada das indústrias misturadoras de fertilizantes, ambos extraídos do anuário (ANDA, 2005).

- Consumo de fertilizantes: os dados de consumo também foram divididos em dois grupos de produtos: produtos intermediários para fertilizantes e fertilizantes finais. Quanto aos produtos intermediários, o consumo total estimado (produção mais importação menos exportação) para Brasil (2005) foi fracionado em consumo municipal de maneira proporcional à capacidade instalada das indústrias misturadoras de fertilizantes em cada município em relação à capacidade nacional, baseado nos dados de ANDA (2005). No caso dos Fertilizantes Finais, o consumo nacional declarado por ANDA (2005) foi segregado de maneira proporcional à área cultivada de cada zona declarada pelo levantamento Produção Agrícola Municipal 2005 (IBGE, 2006).

- Produção de derivados de petróleo: no caso desta classe de produtos,

foi considerada apenas a produção da área de influência, sendo que os centróides geradores de carga adotados referem-se às localidades que abrigam bases primárias e secundárias do sistema de distribuição nacional de combustíveis. Foram estabelecidos níveis irrestritos de oferta nestas localidades, com o intuito de que o modelo escolhesse livremente quais seriam as melhores localidades para o fornecimento de combustíveis aos centróides da área de influência. Quanto às bases de distribuição que alimentam a ferrovia atualmente, foi considerada apenas a base de São Luis do Maranhão, por existir um importante fluxo de cabotagem através desta base atualmente.

- Consumo de derivados de petróleo: o consumo municipal destes produtos na área de influência foi determinado com base nos dados de consumo municipal de gasolina, óleo diesel e óleo combustível, referentes ao ano base de 2005, disponibilizados pela ANP (2005).

### **3.4 Dados de exportação e importação de produtos**

Conforme pôde ser visto através da restrição de exportação, representada pela equação (6) da estrutura matemática do modelo de otimização, a estrutura matemática proposta considera que parte da oferta de produtos de um dado centróide é alocada para atender ao mercado interno e parte é destinada ao mercado de exportação. A restrição de exportação visa garantir que a fração de carga destinada ao mercado de exportação seja, exclusivamente, alocada para os centróides representados por portos.

A informação sobre a quantidade de carga que foi exportada pelas unidades geográficas não se encontrava disponível em nível de mesorregião ou microrregião.

Para estimativa destes dados, partiu-se das informações de exportação estadual declaradas pela Secretaria de Comércio Exterior - SECEX, referentes ao ano de 2005 e, posteriormente, desagregou-se esta informação em exportação municipal, sendo fragmentada de maneira proporcional à produção municipal estimada em relação à produção estadual estimada daquele produto. Sob este pressuposto, quanto maior a produção de uma unidade geográfica em relação à produção estadual, maior seria a participação daquela unidade na exportação estadual total do produto.

Posteriormente, as informações obtidas por município foram agregadas de forma adequada ao zoneamento adotado, em nível de mesorregião ou microrregião.

No caso das importações, a restrição de importação representada pela equação (7), garante que a fração do consumo que deveria ser atendida através de fluxos de importação seja originada a partir dos centróides associados aos portos. A estimativa da quantidade importada por cada unidade geográfica foi feita de maneira análoga às estimativas de exportação, através da alocação da quantidade total de um produto importada por um estado, declarada pela SECEX, de forma proporcional ao consumo estimado para cada município em relação ao consumo estadual.

A lista de centróides representados portos pode ser visualizada na Tabela 6.

Tabela 6 – Centróides representados por portos

UF	Porto
PA	Santarém
PA	Belém
MA	São Luís
PI	Teresina
BA	Salvador
BA	Ilhéus
CE	Fortaleza
RN	Natal
PB	João Pessoa
PE	Recife
AL	Maceió
SE	Aracaju
ES	Vitória
RJ	Rio de Janeiro
PR	Paranaguá
SP	Santos
SC	São Francisco do Sul
RS	Rio Grande
AM	Itacoatiara
AM	Manaus

### 3.5 Representação da malha viária de transporte

As etapas envolvidas no desenvolvimento do modelo proposto para estimativa de demanda de carga ferroviária envolve a representação de uma rede de transporte multimodal conectando os centróides escolhidos. A rede de transporte considerada é uma representação simplificada da atual rede viária brasileira, estabelecida com base nas distâncias físicas reais que conectam os centróides das microrregiões e mesorregiões consideradas.

As distâncias rodoviárias entre os centróides e entre centróides e pontos de transbordo foram obtidas a partir de um banco de dados de distâncias rodoviárias fornecidas por LOGIT ENGENHARIA CONSULTIVA LTDA – LOGIT (2006)<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> LOGIT ENGENHARIA CONSULTIVA LTDA. **Distâncias.xls**. São Paulo, 2006. (informação pessoal).

A representação da rede ferroviária brasileira se deu através da seleção dos municípios na vizinhança da malha ferroviária brasileira, correspondentes aos pontos de transbordo, e determinação das distâncias ferroviárias entre estas localidades. Os pontos de transbordo foram determinados a partir da escolha das principais localidades que têm acesso à malha ferroviária brasileira. A seleção destas localidades foi feita buscando obter uma boa representação da rede ferroviária nacional, mas evitando que um grande número de pontos de transbordo fossem escolhidos, pois, apesar de um maior detalhamento da rede viária gerar resultados mais precisos, o elevado número de pontos de transbordo aumenta exponencialmente o número de elementos não-nulos na matriz do modelo matemático, podendo se deparar em limitações de hardware durante o processamento do modelo. A Tabela 39, apresentada no Anexo C, traz a relação dos pontos de transbordo considerados.

As distâncias ferroviárias entre os pontos de transbordo foram fornecidas por LOGIT (2006) e foram calculadas com base nas distâncias físicas reais da malha ferroviária.

### **3.6 Estimativa do custo de transporte**

Visto que o custo de transporte é a impedância considerada no modelo quando da escolha das melhores alternativas para os fluxos de cargas, é importante apresentar o método utilizado para a estimativa dos valores de frete rodoviários e ferroviários entre os centróides, entre os pontos de transbordo e entre os centróides e os pontos de transbordo.

Para as estimativas dos valores de frete rodoviário, foram utilizados valores de frete praticados nas rotas com origem na área de influência da EFNS, referentes ao ano de 2005, fornecidos pelo SIFRECA (2007). Pelo fato de não existirem informações de frete para todas as rotas possíveis a serem consideradas pelo modelo, o custo de transporte rodoviário entre dois centróides ou entre um centróide e um ponto de transbordo foi estimado com o auxílio de um modelo de regressão linear, a partir do Método dos Mínimos Quadrados Ordinários - MQO. A forma funcional (8) do modelo econométrico utilizado é apresentada a seguir:

$$\ln Y_i = \alpha_i + \beta_i \ln X_i + \varepsilon \quad (8)$$

onde:

$\ln Y_i$  corresponde ao logaritmo neperiano dos valores de frete rodoviário, realizados no ano de 2005, em Reais por tonelada (R\$/t), para o produto  $i$ ;

$i$  corresponde ao produto, sendo  $i = 1, 2, \dots, n$ ;

$\alpha_i$  é o coeficiente linear ou constante do modelo, para o produto  $i$ ;

$\beta_i$  é o coeficiente angular que pondera o logaritmo neperiano das distâncias, relacionadas ao logaritmo neperiano dos fretes rodoviários (R\$/t), para o produto  $i$ ;

$\ln X_i$  corresponde ao logaritmo neperiano das distâncias rodoviárias, expressas em quilômetros, para o produto  $i$ ;

$\varepsilon$  é o vetor de erro aleatório.

A partir de regressões lineares entre os logaritmos neperianos dos valores do frete (R\$/t) e os logaritmos neperianos dos valores de distância (km), para cada tipo de produto, foram determinadas as funções exponenciais para estimar o custo de transporte rodoviário (R\$/t) entre os centróides geradores de carga e os centróides de atração de carga, conforme ilustrado na equação 9.

$$\bar{Y}_i = e^{\alpha_i} \times X_i^{\beta_i} \quad (9)$$

onde:

$\bar{Y}_i$  corresponde a estimativa dos valores de frete rodoviário, em Reais por tonelada (R\$/t), para o produto  $i$ ;

$i$  corresponde ao produto, sendo  $i = 1, 2, \dots, n$ ;

$e$  Número de *Euler*;

$\alpha_i$  é o coeficiente linear obtido a partir da regressão entre o logaritmo neperiano das distâncias relacionadas ao logaritmo neperiano dos fretes rodoviários (R\$/t), para o produto  $i$ ;

$\beta_i$  é o coeficiente angular obtido a partir da regressão entre o logaritmo neperiano das distâncias, relacionadas ao logaritmo neperiano dos fretes rodoviários (R\$/t), para o produto  $i$ ;

$X_i$  corresponde às distâncias rodoviárias, expressas em quilômetros, para o produto  $i$ ;

Estas equações também foram utilizadas para calcular o custo de transporte entre os centróides e os pontos de transbordo. Quanto às distâncias rodoviárias consideradas para a estimativa do custo de transporte, foram utilizados dados de distâncias físicas reais que representavam o percurso mais curto ligando duas localidades.

Não foram encontradas informações de valores de frete disponíveis para estimativa dos custos de transporte relativos a álcool e derivados de petróleo. Como alternativa, foram utilizados os resultados da regressão obtidos para o produto óleo de soja, que é transportado em veículos de transporte semelhantes aos veículos que transportam álcool e gasolina (caminhões tanque). Para a obtenção dos parâmetros dos modelos e testes estatísticos pertinentes, foi utilizado o Excel 2003 (versão Windows XP). Os resultados das regressões podem ser visualizados na Tabela 7.



Tabela 7 - Coeficientes obtidos para os modelos de frete rodoviário e respectivos testes de ajustes estatísticos

Produtos	Coeficientes	Valores dos coeficientes	Teste t	R-Quadrado
Açúcar	$\alpha_i$	1,10	16,37*	0,70
	$\beta_i$	0,45	41,39*	
Álcool	$\alpha_i$	0,54	9,44*	0,90
	$\beta_i$	0,59	73,04*	
Arroz	$\alpha_i$	1,66	7,38*	0,6
	$\beta_i$	0,45	14,98*	
Derivados de Petróleo	$\alpha_i$	0,54	9,44*	0,90
	$\beta_i$	0,59	73,04*	
Farelo de Soja	$\alpha_i$	-2,25	-8,56*	0,91
	$\beta_i$	0,98	25,51*	
Fertilizantes	$\alpha_i$	-0,66	-6,74*	0,89
	$\beta_i$	0,75	52,91*	
Milho	$\alpha_i$	-1,45	-10,88*	0,98
	$\beta_i$	0,83	43,66*	
Óleo de Soja	$\alpha_i$	0,54	9,44*	0,90
	$\beta_i$	0,59	73,04*	
Soja	$\alpha_i$	-0,66	-6,74*	0,89
	$\beta_i$	0,75	52,91*	

Nota: nível de significância de 5%.

Os valores correspondentes ao Teste  $t$ , encontrados nas regressões realizadas, suportam a hipótese de que todas as variáveis (no caso, distância percorrida) se mostraram explicativas do modelo proposto para estimativa do valor do frete rodoviário. As variáveis foram consideradas explicativas, pois revelaram-se estatisticamente diferentes de zero a um nível de significância inferior ao limite estipulado (5% de significância).

Os custos de transporte nos trechos ferroviários foram estimados a partir dos custos de transporte rodoviário, obtidos, aplicando-se um desconto de 30% ao valor estimado através das equações correspondentes ao frete rodoviário. Cabe frisar que a aplicação de descontos em relação às alternativas de transporte concorrentes são estratégias ainda bastante comuns adotadas pelas concessionárias ferroviárias brasileiras no processo de formação de preços. Normalmente, os descontos praticados pelas concessionárias se situam na faixa entre 10% e 30%, segundo informações do SIFRECA (2007).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A estimativa de demanda de carga captável pela Estrada de Ferro Norte-Sul foi realizada considerando o ano base de 2005. Os resultados foram obtidos para três cenários envolvendo configurações distintas da rede ferroviária pertencente à Estrada de Ferro Norte-Sul. Desta forma pretendeu-se analisar o nível de captação de cargas estimado para o trecho atualmente em operação e os efeitos decorrentes dos projetos de expansão da ferrovia, considerando a ligação entre Senador Canedo (GO) e Açailândia (MA), além da implantação dos ramais Setentrional e Meio-Norte.

O primeiro cenário, denominado “Cenário Atual”, contempla apenas o trecho ferroviário atualmente em operação da EFNS, ligando Estreito (MA) ao Porto de Itaqui, localizado em São Luís (MA), através da conexão com a Estrada de Ferro Carajás. O “Cenário Senador Canedo” contempla a ligação ferroviária ligando Senador Canedo (GO) até o Porto de Itaqui. O terceiro cenário, denominado “Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados”, além da Estrada de Ferro Norte-Sul chegando a Senador Canedo, também inclui o Ramal Setentrional, ligando Lucas do Rio Verde (MT) a Miracema do Tocantins (TO), e o Ramal Meio-Norte ligando Balsas (MA) a Açailândia (MA), com o intuito de analisar o impacto dos novos trechos que vêm sendo propostos pelo plano de expansão da Estrada de Ferro Norte-Sul, no projeto Brasil Central. A rede ferroviária da EFNS, com os ramais Setentrional e Meio-Norte, é ilustrada na Figura 13.

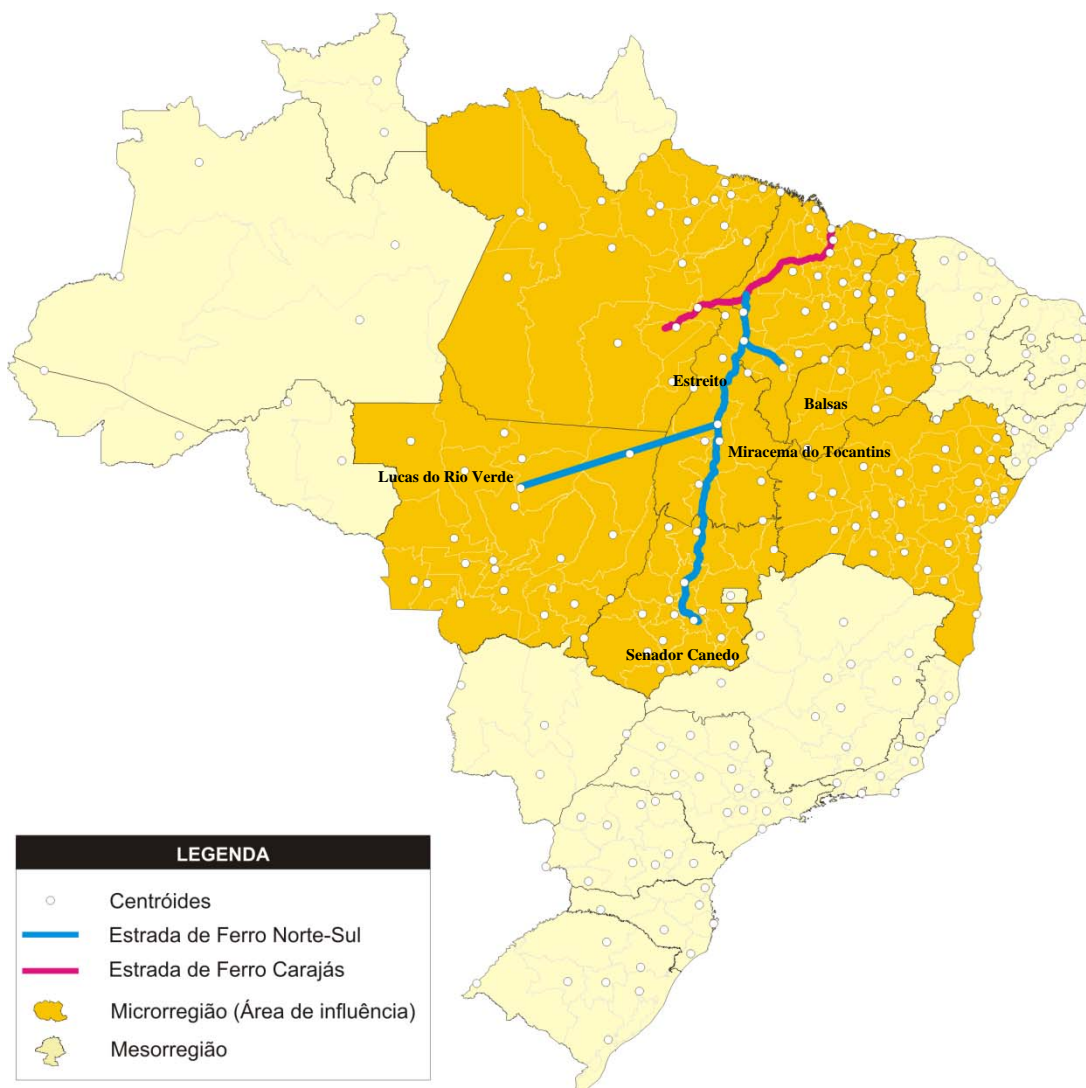


Figura 13 – Estrada de Ferro Norte-Sul com o Ramal Setentrional e Ramal Meio-Norte

A análise dos resultados baseou-se na identificação e quantificação das cargas que revelaram potencial para movimentação na rede ferroviária da EFNS, sob as condições e pressupostos considerados na construção do modelo. Também, foram analisados os principais centróides geradores de carga para a ferrovia em estudo e os principais pontos de transbordos ao longo da rede viária da EFNS, informações consideradas relevantes para o planejamento estratégico de uma ferrovia.

#### 4.1 “Cenário Atual”

Os resultados obtidos destacam o produto soja como principal carga com potencial para embarque no trecho ferroviário considerado neste cenário. Os fluxos totais referentes a este produto através da EFNS somaram aproximadamente 1,0 milhão de toneladas. Analisando todos os fluxos de soja com origem na região definida como área de influência da EFNS, verificou-se uma importante participação da Ferronorte como alternativa de escoamento da safra de soja do estado de Mato Grosso, sendo apontada pelo modelo uma movimentação total de quase 3,7 milhões de toneladas para esta ferrovia. Outra rota de transporte importante nesta mesma área de influência é a Hidrovia do Rio Madeira, tendo os resultados revelando fluxos que somam 1,4 milhão de toneladas, captáveis por esta alternativa de transporte. No caso dos centróides geradores de carga localizados nas regiões Centro, Sul e Sudeste de Goiás o modelo indicou importantes fluxos de soja originados nestas regiões para movimentação através da Ferrovia Centro Atlântica, principalmente nos trechos correspondentes à ligação ferroviária entre Goiânia a Santos e, também, no trecho que liga Uberlândia a Vitória. Uma visualização mais detalhada dos fluxos ferroviários e hidroviários de soja indicados pelo modelo é apresentada nas Tabelas 36, 37 e 38 do Anexo B.

A partir de uma análise mais detalhada dos fluxos de soja captáveis pela EFNS, observou-se que a sua maior parte tem origem na microrregião Gerais de Balsas (MA), que respondeu por quase 59% de toda a soja indicada para embarque na EFNS. Também se mostraram importantes geradores de carga captável pela EFNS as microrregiões Porto Nacional (TO) e Miracema do Tocantins (TO), cujos resultados revelaram participações de, respectivamente, 15% e 7% no fluxo total de soja com aptidão para movimentação através desta ferrovia, conforme pode ser observado nos resultados apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Fluxos ferroviários de soja indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS e participação de cada fluxo em relação ao total movimentado pela ferrovia (Cenário Atual)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)	Participação (%)
Balsas_MA	Estreito_MA	São Luís_MA	577,65	58,50%
Palmas_TO	Estreito_MA	São Luís_MA	151,23	15,32%
Miracema do Tocantins_TO	Estreito_MA	São Luís_MA	75,65	7,66%
Gurupi_TO	Estreito_MA	São Luís_MA	57,15	5,79%
Paraíso do Tocantins_TO	Estreito_MA	São Luís_MA	56,03	5,67%
Araguaína_TO	Estreito_MA	São Luís_MA	27,14	2,75%
Estreito_MA	Estreito_MA	São Luís_MA	26,94	2,73%
Conceição do Araguaia_PA	Estreito_MA	São Luís_MA	14,87	1,51%
Redenção_PA	Estreito_MA	São Luís_MA	0,77	0,08%
Total			987,43	100%

Ao analisar os resultados referentes ao produto açúcar, notou-se que o modelo não indicou nenhum fluxo com aptidão para movimentação através da EFNS. Este resultado pode ser atribuído ao fato de a produção de açúcar na região ainda ser incipiente. Verificou-se que as rotas de açúcar com origem na área de influência, observadas a partir dos resultados, dizem respeito às alternativas rodoviárias de transporte, cujos fluxos estão direcionados, principalmente, ao atendimento do mercado interno. É importante frisar que, apesar da rápida expansão que o setor sucroalcooleiro vem mostrando nas áreas de fronteira agrícola, em anos mais recentes, as regiões pertencentes à área de influência ainda não apresentam grandes volumes de exportação de açúcar ou álcool. Foram observados fluxos ferroviários de álcool na ferrovia analisada, mas que não revelaram volumes significativos. A Tabela 9 ilustra os fluxos ferroviários correspondentes ao produto álcool, indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS. O total de álcool indicado para o trecho é de 30 mil toneladas.

Tabela 9 – Fluxos ferroviários de álcool indicado pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Atual)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
Estreito_MA	Estreito_MA	Imperatriz_MA	14,72
Estreito_MA	Estreito_MA	São Luís_MA	10,66
Confresa_MT	Imperatriz_MA	Estreito_MA	4,86
Total			30,24

Quanto aos produtos farelo de soja e óleo de soja, o modelo não apontou nenhum fluxo captável pela EFNS, no Cenário Atual.

No caso do produto arroz, verificou-se um pequeno volume de carga captável pela ferrovia, conforme pode ser observado pela Tabela 10.

Tabela 10 – Fluxo de arroz através da EFNS (Cenário Atual)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
Estreito_MA	Estreito_MA	São Luís_MA	9,17
Imperatriz_MA	Estreito_MA	São Luís_MA	0,13
Total			9,30

Os resultados referentes ao produto fertilizantes indicaram uma quantidade de carga de aproximadamente 43 mil toneladas com preferência de movimentação através da ferrovia, referente a um fluxo com origem em São Luís (MA) direcionado a Estreito (MA), conforme ilustrado na Tabela 11.

Tabela 11 – Fluxo de fertilizantes através da EFNS (Cenário Atual)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
São Luís_MA	São Luís_MA	Estreito_MA	43,07
Total			43,07

No caso do “Cenário Atual”, a segunda carga mais relevante que o modelo indicou para movimentação através desta ferrovia disse respeito aos derivados de petróleo. Os resultados apontaram fluxos que somam aproximadamente 500 mil toneladas, entre o Porto de Itaqui (MA) e Açailândia (MA). A quantidade de carga de derivados de petróleo captável pela EFNS pode ser visualizada na Tabela 12.

Tabela 12 – Fluxo de derivados de petróleo através da EFNS (Cenário Atual)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
São Luís_MA	São Luís_MA	Açailândia_MA	583,27
Total			583,27

Partindo para a análise dos principais centróides geradores de carga, as microrregiões Balsas, Aglomeração Urbana de São Luís e Porto Nacional foram as principais zonas geradoras de carga captável pela EFNS. A primeira microrregião foi responsável por quase 38% da somatória total dos fluxos com potencial para movimentação através desta ferrovia; a segunda microrregião originou 31% do volume destes fluxos e a última revelou 10% da carga total captável pela ferrovia (Tabela 13).



Tabela 13 – Quantidade de carga captável pela EFNS originada a partir de cada centróide gerador de carga e participação deste na quantidade total indicada para movimentação através da ferrovia (Cenário Atual)

Centróide de origem	Microrregião	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)	Participação (%)
Balsas_MA	Gerais de Balsas	577,65	38,61%
São Luís_MA	Aglomeración Urbana de São Luís	469,04	31,35%
Palmas_TO	Porto Nacional	151,23	10,11%
Miracema do Tocantins_TO	Miracema do Tocantins	75,65	5,06%
Estreito_MA	Porto Franco	61,49	4,11%
Gurupi_TO	Gurupi	57,15	3,82%
Paraíso do Tocantins_TO	Rio Formoso	56,03	3,75%
Araguaína_TO	Araguaína	27,14	1,81%
Conceição do Araguaia_PA	Conceição do Araguaia	14,87	0,99%
Confresa_MT	Norte Araguaia	4,86	0,32%
Redenção_PA	Redenção	0,77	0,05%
Imperatriz_MA	Imperatriz	0,13	0,01%
Total geral		1496,01	100%

Quanto aos produtos indicados para movimentação através da EFNS destacaram-se soja, derivados de petróleo, álcool e fertilizantes, na proporção indicada pela Figura 14.

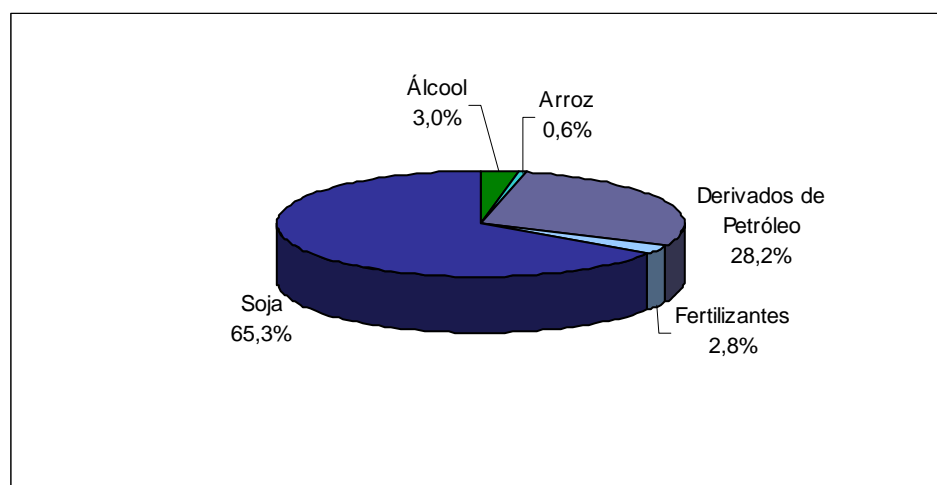


Figura 14 – Participação dos fluxos de cada produto na carga captável total pela EFNS (Cenário Atual)

Os resultados obtidos para o Cenário Atual, indicaram um total de 1,5 milhão de toneladas de carga, com aptidão para ser transportado através do trecho da Estrada de Ferro Norte-Sul que se encontra atualmente em operação, entre Estreito (MA) e São Luís (MA). É importante frisar que esta ferrovia transportou em 2005 exclusivamente soja, atingindo um montante de 1,2 milhão de toneladas, segundo dados da Agência Nacional de Transporte Terrestre. Ao comparar-se os fluxos de soja indicados pelo modelo para embarque na EFNS, que somaram aproximadamente 1,0 milhão de toneladas, considerando o Cenário Atual, observou-se que a quantidade de carga captável estimada para a EFNS revelou-se ligeiramente inferior em relação à quantidade de soja realmente embarcada na ferrovia. Cabe destacar que método e o modelo proposto envolvem uma série de estimativas dos níveis de oferta e demanda de carga em cada zona, além de uma série de pressupostos a respeito do comportamento do embarcador, mas a quantidade de carga captável de soja indicada pelos resultados mostrou-se próxima da quantidade real transportada pela ferrovia.

#### **4.2 “Cenário Senador Canedo”**

No caso do produto soja, os resultados observados para este novo cenário, que considera a expansão da EFNS chegando até Senador Canedo (GO), não revelaram variação significativa da quantidade de soja captável pela EFNS em relação ao observado para o “Cenário Atual”. O volume de soja com preferência de transporte através da EFNS, nas condições deste cenário, totalizou 1,2 milhão de toneladas. No entanto, verifica-se a alocação de alguns fluxos em direção a novos pontos de transbordo que seriam atendidos pela expansão da ferrovia. Ao contrário do “Cenário Atual”, que revelou movimentação de cargas concentrada no ponto de transbordo localizado em Estreito (MA), destacaram-se novas localidades como pontos de transbordo da EFNS, tais como os municípios de Palmas (TO), Gurupi (TO) e Imperatriz (MA). Os fluxos de soja observados são apresentados na Tabela 14.

Assim como no cenário anterior, a Ferronorte e a Hidrovia do Rio Madeira se mostraram importantes alternativas para o escoamento da produção de soja oriunda do Estado de Mato Grosso, captando grande parte da produção local. No caso das regiões produtoras goianas, principalmente as regiões centrais, sul e sudeste do estado, os resultados apontaram como principal alternativa de transporte ferroviário a FCA, com fluxos direcionados a Santos (SP) e Vitória (ES).

Tabela 14 - Fluxos ferroviários de soja indicados pelo modelo para a EFNS e participação de cada fluxo em relação ao total movimentado pela ferrovia (Cenário Senador Canedo)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)	Participação (%)
Balsas_MA	Estreito_MA	São Luís_MA	577,65	47%
Confresa_MT	Palmas_TO	São Luís_MA	154,27	12%
Palmas_TO	Palmas_TO	São Luís_MA	151,23	12%
Miracema do Tocantins_TO	Palmas_TO	São Luís_MA	75,65	6%
Gurupi_TO	Gurupi_TO	São Luís_MA	57,15	5%
Paraíso do Tocantins_TO	Palmas_TO	São Luís_MA	56,03	5%
Gurupi_TO	Gurupi_TO	Palmas_TO	30,55	2%
Araguaína_TO	Estreito_MA	São Luís_MA	27,14	2%
Estreito_MA	Estreito_MA	São Luís_MA	26,94	2%
Conceição do Araguaia_PA	Estreito_MA	São Luís_MA	14,87	1%
Araguatins_TO	Imperatriz_MA	São Luís_MA	12,8	1%
Redenção_PA	Estreito_MA	São Luís_MA	0,77	0%
Total			1185,05	100%

Note-se que os centróides geradores de carga mais relevantes para a EFNS, no caso do produto soja, são as microrregiões Gerais de Balsas (MA), Norte Araguaia (MT), Porto Nacional (TO) e Miracema do Tocantins (TO). Ao se analisar os resultados, a microrregião Norte Araguaia (MT), cujo centróide é o município de Confresa (MT), destaca-se como nova zona de geração de carga, em comparação com os fluxos observados para o “Cenário Atual”.

Analisando os resultados relativos a açúcar, foram verificados fluxos deste produto com destino a Palmas (TO), São Luís (MA) e Imperatriz (MA), totalizando 78 mil toneladas, alocados principalmente para o atendimento do mercado interno (Tabela 4.8). No caso do álcool, a maior parte dos fluxos que passam pela EFNS origina-se nas regiões produtoras do estado de Goiás e seguem, principalmente, para Açailândia (MA), São Luís (MA) e Palmas (TO). Os fluxos totais de álcool totalizaram 160 mil toneladas e podem ser visualizados na Tabela 16.

Tabela 15 - Fluxos de açúcar indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
Ceres_GO	Ceres_GO	Palmas_TO	12,64
Ceres_GO	Ceres_GO	São Luís_MA	41,75
Ceres_GO	Ceres_GO	Imperatriz_MA	23,62
Total			78,03

Tabela 16 - Fluxos de álcool indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
Ceres_GO	Ceres_GO	Açailândia_MA	50,69
Ceres_GO	Ceres_GO	São Luís_MA	32,60
Ceres_GO	Ceres_GO	Palmas_TO	28,63
Acreúna_GO	Senador Canedo_GO	Porangatu_GO	12,72
Ceres_GO	Ceres_GO	Imperatriz_MA	11,21
Estreito_MA	Estreito_MA	Porto Franco_MA	9,26
Ceres_GO	Ceres_GO	Estreito_MA	2,52
Acreúna_GO	Senador Canedo_GO	Ceres_GO	1,79
Acreúna_GO	Senador Canedo_GO	São Luís_MA	0,30
Anápolis_GO	Senador Canedo_GO	São Luís_MA	0,10
Rio Verde_GO	Senador Canedo_GO	São Luís_MA	0,06
Anicuns_GO	Senador Canedo_GO	São Luís_MA	0,05
Total			160,00

Quanto ao produto arroz, foram indicados fluxos com origens em Palmas (TO), Imperatriz (MA), Estreito (MA) e Porangatu (GO), destinados a São Luís (MA) e Senador Canedo (GO), conforme descritos na Tabela 17.

Tabela 17 - Fluxos de arroz indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
Palmas_TO	Palmas_TO	São Luís_MA	16,64
Imperatriz_MA	Imperatriz_MA	São Luís_MA	8,34
Estreito_MA	Estreito_MA	São Luís_MA	4,59
Porangatu_GO	Porangatu_GO	Senador Canedo_GO	11,13
Total			40,70

O modelo também indicou fluxos dos produtos soja e óleo de soja com potencial para movimentação através da EFNS, sendo tais resultados ilustrados nas Tabelas 18 e 19.

Tabela 18 - Fluxos de farelo de soja indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
Palmas_TO	Palmas_TO	Açailândia_MA	76,13
Palmas_TO	Palmas_TO	Imperatriz_MA	27,68
Palmas_TO	Palmas_TO	Estreito_MA	25,39
Palmas_TO	Palmas_TO	Porangatu_GO	16,67
Palmas_TO	Palmas_TO	Ceres_GO	11,71
Palmas_TO	Palmas_TO	Gurupi_TO	10,25
Total			167,83

Tabela 19 - Fluxos de óleo de soja indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
Palmas_TO	Palmas_TO	Porangatu_GO	5,68
Palmas_TO	Palmas_TO	Imperatriz_MA	4,96
Palmas_TO	Palmas_TO	Gurupi_TO	3,49
Palmas_TO	Palmas_TO	Estreito_MA	1,51
Total			15,63

No caso do produto fertilizante, foram verificadas importantes alterações dos fluxos embarcados na EFNS, em comparação com o “Cenário Atual”. O total de carga de fertilizantes indicada para movimentação através da EFNS soma 249 mil toneladas, tendo como origem o Porto de Itaqui e seguindo para vários pontos de transbordo ao longo da EFNS (Tabela 20).

Tabela 20 - Fluxos de fertilizantes indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
São Luís_MA	São Luís_MA	Palmas_TO	103,59
São Luís_MA	São Luís_MA	Senador Canedo_GO	77,69
São Luís_MA	São Luís_MA	Imperatriz_MA	42,97
São Luís_MA	São Luís_MA	Estreito_MA	20,54
São Luís_MA	São Luís_MA	Açailândia_MA	4,63
Total			249,42

Os fluxos de derivados de petróleo mostraram importantes volumes de carga com aptidão para movimentação através da EFNS. Assim como no “Cenário Atual”, o fluxo de derivados de petróleo com origem em São Luís (MA) direcionado a Estreito (MA) destacou-se, mas foram observados dois novos fluxos relevantes através da EFNS: São Luís (MA) a Imperatriz (MA) e Senador Canedo (GO) a Palmas (TO). A soma dos fluxos de derivados de petróleo com aptidão para movimentação na EFNS totaliza 1,2 milhão de toneladas, conforme apresentado na Tabela 21.

Tabela 21 - Fluxos de derivados de petróleo indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
São Luís_MA	São Luís_MA	Imperatriz_MA	428,24
Goiânia_GO	Senador Canedo_GO	Palmas_TO	318,03
São Luís_MA	São Luís_MA	Estreito_MA	294,27
São Luís_MA	São Luís_MA	Açailândia_MA	155,02
Total			1251,00

Além da descrição dos fluxos de carga captáveis pela EFNS, a identificação das localidades com elevado potencial para instalação da infra-estrutura de transbordo também é uma informação importante para o planejamento estratégico da rede ferroviária. A partir dos resultados observados, as localidades que revelaram maior potencial para instalação de mecanismos de transbordo ao longo da Estrada de Ferro Norte-Sul foram os centróides São Luís (MA), Palmas (TO), Estreito (MA), Senador Canedo (GO) e Ceres (GO). Os respectivos volumes de carga através dos pontos de transbordo da EFNS são apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 – Quantidade de carga indicada pelo modelo para embarque através dos pontos de transbordo da EFNS e participação de cada ponto de transbordo no volume total movimentado pela ferrovia (Cenário Senador Canedo)

Transbordo $t_1$	Carga captável (10 <sup>6</sup> toneladas)	Participação (%)
São Luís_MA	1126,95	36%
Estreito_MA	661,21	21%
Palmas_TO	637,30	20%
Senador Canedo_GO	333,05	11%
Ceres_GO	203,66	7%
Gurupi_TO	87,70	3%
Açailândia_MA	50,95	2%
Imperatriz_MA	21,14	1%
Porangatu_GO	11,13	0%
Total	3133,09	100%

Considerando o fluxo total de cargas indicado para movimentação através da EFNS, os principais centróides geradores de carga captável pela ferrovia foram as microrregiões Aglomeração Urbana de São Luís (MA), Balsas (MA), Porto Nacional (TO), Goiânia (GO), Ceres (GO), Norte Araguaia (MT) e Gurupi (TO). A Tabela 23 mostra os principais centróides geradores de carga captável pela EFNS e a participação destes no fluxo total de carga indicado para a ferrovia.

Tabela 23 – Quantidade de carga captável pela EFNS originada a partir de cada centróide gerador de carga e participação deste na quantidade total indicada para movimentação através da ferrovia (Cenário Senador Canedo)

Centróide de origem	Microrregião	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)	Participação (%)
São Luís_MA	Aglomeração Urbana de São Luís	1126,95	36%
Balsas_MA	Geral de Balsas	577,65	18%
Palmas_TO	Porto Nacional	351,34	11%
Goiânia_GO	Goiânia	318,03	10%
Ceres_GO	Ceres	203,66	7%
Confresa_MT	Norte Araguaia	154,27	5%
Gurupi_TO	Gurupi	87,70	3%
Miracema do Tocantins_TO	Miracema do Tocantins	75,65	2%
Paraíso do Tocantins_TO	Rio Formoso	56,03	2%
Estreito_MA	Porto Franco	40,79	1%
Araguaína_TO	Araguaína	27,14	1%
Conceição do Araguaia_PA	Conceição do Araguaia	14,87	0%
Acreúna_GO	Vale dos Rios dos Bois	14,81	0%
Araguatins_TO	Araguatins	12,80	0%
Porangatu_GO	Porangatu	11,13	0%
Imperatriz_MA	Imperatriz	8,34	0%
Redenção_PA	Redenção	0,77	0%
Anápolis_GO	Anápolis	0,10	0%
Rio Verde_GO	Iporá	0,06	0%
Anicuns_GO	Anicuns	0,05	0%
Total		3083,09	100%



Quanto aos produtos com maior potencial para embarque na EFNS, destacaram-se: soja, derivados de petróleo, fertilizantes e farelo de soja como cargas captáveis pela EFNS (Figura 15).

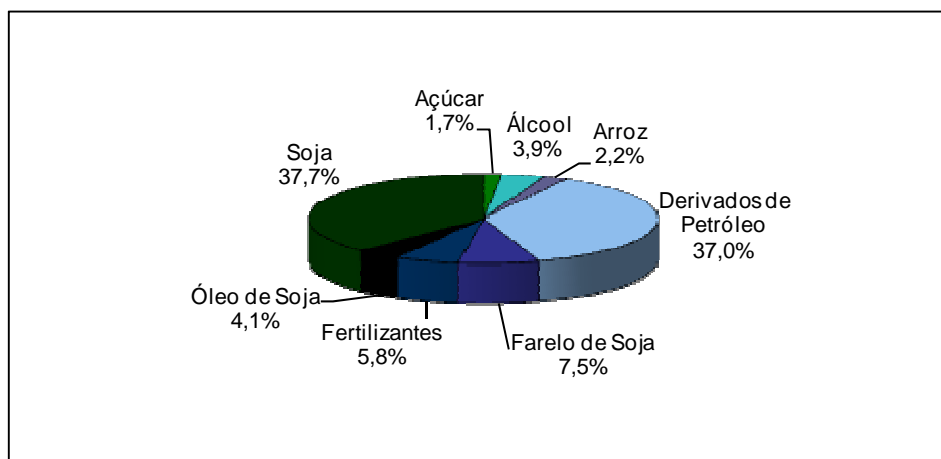


Figura 15 – Participação dos fluxos de cada produto na carga captável total pela EFNS (Cenário Senador Canedo)

Ao se comparar o “Cenário Senador Canedo” com o “Cenário Atual”, notou-se que a captação de carga pela ferrovia aumentou com a expansão da ferrovia, visto que no caso do “Cenário Senador Canedo” observou-se uma demanda de carga total de 3,1 milhões de toneladas, valor superior à demanda de carga no “Cenário Atual”, que revelou um total de 1,5 milhão de carga captável pela EFNS.

#### 4.3 “Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados”

O “Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados” considera o funcionamento dos ramais Setentrional (ligando Lucas do Rio Verde – MT a Miracema do Tocantins – TO) e Meio-Norte (ligando Balsas - MA a Estreito – MA), propostos no Projeto Brasil Central.

Os resultados referentes a este cenário revelam novos fluxos de soja com origens no estado de Mato Grosso, principalmente a partir da microrregião de Sorriso (MT), passando pelo ponto de transbordo de Lucas do Rio Verde (MT) com destino ao Porto de Itaquí, em São Luís (MA). Também, notou-se uma importante movimentação de soja oriunda da microrregião de Confresa (MT) com destino ao Porto de Itaquí. Observou-se que o ramal Meio-Norte não estimulou aumento da quantidade de soja captada pela EFNS com origem em Balsas, em relação aos demais cenários; no entanto, o modelo indicou embarque destes fluxos no ponto de transbordo localizado em Balsas (MA), ao invés do ponto de transbordo Estreito (MA), conforme vinha sendo apontado pelos resultados anteriores (Tabela 24). O total de carga captável pela EFNS, considerando o produto soja, foi de 1,7 milhão de toneladas, revelando-se superior à movimentação deste produto observada nos demais cenários. Os resultados apontaram como principais centróides geradores de carga as microrregiões Alto Teles (MT), Gerais de Balsas (MA) e Norte Araguaia (MT), no caso do produto soja.

Tabela 24 – Fluxos ferroviários de soja indicados pelo modelo para a EFNS e participação de cada fluxo em relação ao total movimentado pela ferrovia (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)	Participação (%)
Sorriso_MT	Lucas do Rio Verde_MT	São Luís_MA	645,42	38%
Balsas_MA	Balsas_MA	São Luís_MA	577,65	34%
Confresa_MT	Confresa_MT	São Luís_MA	154,27	9%
Palmas_TO	Palmas_TO	São Luís_MA	151,23	9%
Paraíso do Tocantins_TO	Palmas_TO	São Luís_MA	56,03	3%
Paragominas_PA	Açailândia_MA	São Luís_MA	50,95	3%
Gurupi_TO	Gurupi_TO	Palmas_TO	30,55	2%
Estreito_MA	Estreito_MA	São Luís_MA	24,24	1%
Araguatins_TO	Imperatriz_MA	São Luís_MA	8,34	0%
Miracema do Tocantins_TO	Palmas_TO	São Luís_MA	6,60	0%
Estreito_MA	Estreito_MA	Palmas_TO	2,70	0%
<b>Total</b>			<b>1708,00</b>	<b>100%</b>

Os resultados referentes ao produto açúcar apontaram fluxos semelhantes às movimentações observadas no “Cenário Senador Canedo” (Tabela 25).

No caso do produto álcool, os resultados do “Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados” revelaram uma maior captação deste produto pela ferrovia, surgindo novos fluxos, conforme pode ser visualizado pelos resultados contidos na Tabela 26.

Tabela 25 – Fluxos de açúcar indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
Ceres_GO	Ceres_GO	São Luís_MA	41,75
Ceres_GO	Ceres_GO	Imperatriz_MA	23,62
Ceres_GO	Ceres_GO	Palmas_TO	12,64
Total			78,03

Tabela 26 – Fluxos de álcool indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
Ceres_GO	Ceres_GO	Açailândia_MA	42,54
Ceres_GO	Ceres_GO	São Luís_MA	32,66
Ceres_GO	Ceres_GO	Palmas_TO	29,36
Estreito_MA	Estreito_MA	Porto Franco_MA	22,29
Acreúna_GO	Senador Canedo_GO	Porangatu_GO	12,72
Ceres_GO	Ceres_GO	Senador Canedo_GO	11,93
Ceres_GO	Ceres_GO	Imperatriz_MA	9,17
Estreito_MA	Estreito_MA	Araguaína_TO	6,22
Acreúna_GO	Senador Canedo_GO	Gurupi_TO	5,77
Confresa_MT	Porto Franco_MA	Estreito_MA	2,28
Acreúna_GO	Senador Canedo_GO	Ceres_GO	1,79
Acreúna_GO	Senador Canedo_GO	São Luís_MA	0,30
Anápolis_GO	Senador Canedo_GO	São Luís_MA	0,10
Anicuns_GO	Senador Canedo_GO	São Luís_MA	0,05
Total			177,18

Quanto ao produto arroz, o fluxo mais relevante tem origem em Lucas do Rio Verde (MT) e destino em São Luís (MA), conforme ilustrado na Tabela 27.

Tabela 27 - Fluxos de arroz indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
Sorriso_MT	Lucas do Rio Verde_MT	São Luís_MA	85,98
Porangatu_GO	Porangatu_GO	Senador Canedo_GO	11,13
Estreito_MA	Estreito_MA	Araguaína_TO	4,57
Total			101,69

Foram verificados novos fluxos de farelo de soja com origem na microrregião Alto Teles (MT), cujo centróide é o município de Sorriso (MT). Estes fluxos originados em Sorriso (MT) passam por Lucas do Rio Verde (MT) e se dirigem para Imperatriz (MA) e Porto Franco (MA), conforme ilustrado na Tabela 28.

Tabela 28 – Fluxos de farelo de soja indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
Sorriso_MT	Lucas do Rio Verde_MT	Imperatriz_MA	136,73
Sorriso_MT	Lucas do Rio Verde_MT	Porto Franco_MA	74,78
Palmas_TO	Palmas_TO	Ceres_GO	56,77
Palmas_TO	Palmas_TO	Gurupi_TO	25,31
Palmas_TO	Palmas_TO	Açailândia_MA	19,99
Palmas_TO	Palmas_TO	Porangatu_GO	16,67
Palmas_TO	Palmas_TO	Senador Canedo_GO	7,18
Total			337,44

No caso do produto óleo de soja, destacou-se um importante fluxo desta carga com origem em Sorriso (MT) e destino em São Luís (MA). Os fluxos deste produto são apresentados na Tabela 29.

Tabela 29 - Fluxos de óleo de soja indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
Sorriso_MT	Lucas do Rio Verde_MT	São Luís_MA	170,42
Palmas_TO	Palmas_TO	Porangatu_GO	5,68
Palmas_TO	Palmas_TO	Imperatriz_MA	4,96
Palmas_TO	Palmas_TO	Gurupi_TO	3,49
Palmas_TO	Palmas_TO	Estreito_MA	1,51
Total			186,05

Comparando os resultados do “Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados” com os resultados do “Cenário Senador Canedo”, correspondentes ao produto fertilizantes, observou-se que o modelo indicou três novos fluxos, originados em São Luís (MA), direcionados aos pontos de transbordo de Confresa (MT), Balsas (MT) e Lucas do Rio Verde (MT), conforme ilustrado na Tabela 30.

Tabela 30 - Fluxos de fertilizantes indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
São Luís_MA	São Luís_MA	Palmas_TO	100,32
São Luís_MA	São Luís_MA	Senador Canedo_GO	77,69
São Luís_MA	São Luís_MA	Imperatriz_MA	42,97
São Luís_MA	São Luís_MA	Estreito_MA	20,54
São Luís_MA	São Luís_MA	Balsas_MA	7,80
São Luís_MA	São Luís_MA	Confresa_MT	5,24
São Luís_MA	São Luís_MA	Açailândia_MA	4,63
São Luís_MA	São Luís_MA	Lucas do Rio Verde_MT	3,93
Total			263,11

Quanto à movimentação de derivados de petróleo, observou-se um fluxo adicional com origem em São Luís (MA) e destino em Confresa (MT), conforme resultados apresentados na Tabela 31.

Tabela 31 - Fluxos de derivados de petróleo indicados pelo modelo para movimentação através da EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados)

Centróide de Origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
São Luís_MA	São Luís_MA	Imperatriz_MA	456,20
São Luís_MA	São Luís_MA	Açailândia_MA	301,12
São Luís_MA	São Luís_MA	Palmas_TO	293,38
São Luís_MA	São Luís_MA	Confresa_MT	268,93
São Luís_MA	São Luís_MA	Estreito_MA	216,45
São Luís_MA	São Luís_MA	Balsas_MA	137,86
Total			1673,94

A análise do volume de carga nos pontos de transbordo revelou como pontos de transbordo com maior potencial de captação de cargas as seguintes localidades: São Luís do Maranhão (MA), Lucas do Rio Verde (MT), Balsas (MA), Palmas (TO), Ceres (GO) e Confresa (MT) e em ordem de importância. Mais informações a respeito da quantidade de carga nos locais considerados como terminais de transbordo podem ser visualizadas na Tabela 32.

Tabela 32 – Quantidade de carga indicada pelo modelo para embarque através dos pontos de transbordo da EFNS e participação de cada ponto de transbordo no volume total movimentado pela ferrovia (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados)

Transbordo $t_1$	Carga captável (10 <sup>6</sup> toneladas)	Participação (%)
São Luís_MA	1937,06	43%
Lucas do Rio Verde_MT	1113,33	25%
Balsas_MA	577,65	13%
Palmas_TO	355,42	8%
Ceres_GO	203,67	5%
Confresa_MT	154,27	3%
Estreito_MA	60,02	1%
Açailândia_MA	50,95	1%
Gurupi_TO	30,55	1%
Senador Canedo_GO	20,73	0%
Porangatu_GO	11,13	0%
Imperatriz_MA	8,34	0%
Porto Franco_MA	2,28	0%
Total	4525,4	100%

No caso do “Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados”, o total de carga estimado para movimentação através da EFNS foi de, aproximadamente, 4,5 milhões de toneladas, 1,4 milhão de toneladas de cargas adicionais em relação ao “Cenário Senador Canedo”. Os principais centróides geradores de carga captável pela ferrovia podem ser visualizados na Tabela 33.

Tabela 33 – Quantidade de carga captável pela EFNS originada a partir de cada centróide gerador de carga e participação deste na quantidade total indicada para movimentação através da ferrovia (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados)

Centróide de origem	Microrregião	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)	Participação (%)
São Luís_MA	Aglomeración Urbana de São Luís	1937,06	43%
Sorriso_MT	Alto Teles	1113,33	25%
Balsas_MA	Geral de Balsas	577,65	13%
Palmas_TO	Porto Nacional	292,79	6%
Ceres_GO	Ceres	203,67	5%
Confresa_MT	Norte Araguaia	156,55	3%
Estreito_MA	Porto Franco	60,02	1%
Paraíso do Tocantins_TO	Rio Formoso	56,03	1%
Paragominas_PA	Paragominas	50,95	1%
Gurupi_TO	Gurupi	30,55	1%
Acreúna_GO	Vale do Rio dos Bois	20,58	0%
Porangatu_GO	Porangatu	11,13	0%
Araguatins_TO	Bico do Papagaio	8,34	0%
Miracema do Tocantins_TO	Miracema do Tocantins	6,60	0%
Anápolis_GO	Anápolis	0,10	0%
Anicuns_GO	Anicuns	0,05	0%
Total		4525,40	100%

Os resultados observados neste cenário também mostraram que os principais produtos que revelaram fluxos de carga captáveis pela ferrovia foram soja, derivados de petróleo, fertilizantes e farelo de soja, semelhantemente aos resultados observados no “Cenário Senador Canedo”. A proporção de cada carga captável pela ferrovia no volume total com potencial de movimentação através dos trechos ferroviários considerados pode ser visualizada na Figura 16.



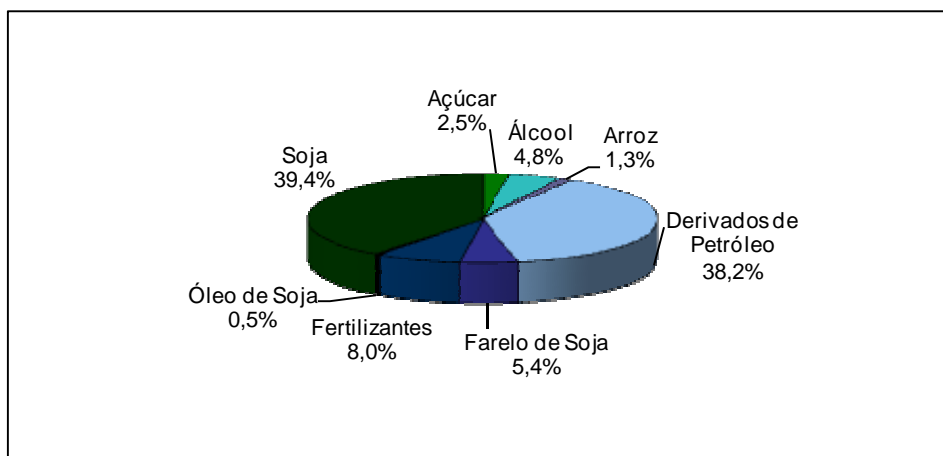


Figura 16 – Participação dos fluxos de cada produto na carga captável total pela EFNS (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados)

#### 4.4 Análise dos resultados

Após a descrição e apresentação dos resultados obtidos é importante uma recapitulação sobre os principais pressupostos do modelo de maneira a propiciar um melhor entendimento das informações geradas pelos resultados. Primeiramente, mostra-se pertinente uma discussão a respeito dos critérios considerados pelo modelo para alocação dos fluxos de carga através da rede de transportes. O modelo proposto para estimativa da demanda de carga ferroviária simula o comportamento de embarcadores de carga assumindo o pressuposto de que o embarcador escolhe os centróides para deslocamento de seus produtos e as alternativas de transporte para tal com o intuito de minimizar o custo de transporte.

É bastante evidente que existem vários fatores interferindo na decisão de embarcadores a respeito da localidade para a qual será destinado sua carga e sobre a melhor alternativa de transporte para dar suporte ao escoamento dos fluxos de transporte. Por exemplo, os agentes envolvidos num sistema de transporte podem tomar a decisão de escoar a produção para uma localidade referenciando-se pelos preços oferecidos em cada mercado e não apenas baseados no custo de transporte. A escolha da modalidade de transporte também é um processo bastante complexo e pode ser influenciada por uma série de atributos de transporte, como flexibilidade, tempo de

percurso (*transit time*), cadência, confiabilidade, custo, disponibilidade da modalidade de transporte, intensidade do tráfego, segurança, dentre outros fatores. Conforme discutido anteriormente, a literatura apresenta uma série de modelos para estimativa da demanda de carga que buscam capturar a influência de mais fatores, que não apenas o custo de transporte, na simulação do comportamento e decisão dos agentes envolvidos em um sistema de transportes (embarcadores e transportadores). De maneira geral, estes modelos buscam uma representação e simulação o mais fidedigna possível dos processos envolvidos na tomada de decisão de embarcadores e transportadores; entretanto, à medida que se desenvolvem modelos mais complexos tornam-se necessários novos parâmetros, cujas estimativas e calibrações envolvem amplas pesquisas de campo. Além disso, muitos destes modelos compreendem sistemas de equações não-lineares, o que dificulta a garantia da obtenção de soluções únicas e que representem um ponto de ótimo global.

Cabe ressaltar que, em decorrência de a maior parte das cargas relevantes consideradas neste estudo serem *commodities* de baixo valor agregado que revelam importante participação do custo de transporte no seu preço final, parece consistente considerarmos o custo de transporte como principal atributo que interfere na decisão dos embarcadores de cargas desta natureza.

A respeito deste argumento, destacamos um estudo semelhante para estimativa de demanda de carga captável pela EFNS realizado por LOGIT (2005)<sup>6</sup>, como parte da análise de viabilidade econômica do projeto de expansão da EFNS entre Araguaína (TO) e Palmas (TO), encomendado pela VALEC e realizado através da CAF. A quantificação da carga captável pela ferrovia foi alcançada de forma similar à metodologia proposta nesta dissertação, ou seja, com base no critério de minimização do custo de transporte.

A partir da análise dos resultados obtidos, verifica-se que dentre os estados considerados como área de influência da ferrovia, Bahia e Piauí não revelaram carga captável pela EFNS, sendo o escoamento da produção destas regiões realizado pelas demais alternativas de transportes.

---

<sup>6</sup> LOGIT. **Previsão de demanda para a Ferrovia Norte-Sul**. São Paulo, 2005. 146 p. Relatório Final para a CAF – Cooperação Andina de Fomento.

A soja foi apontada como principal carga com aptidão para movimentação através do trecho ferroviário, seguido dos derivados de petróleo, farelo de soja e fertilizantes. Este resultado é consistente pelo fato de a produção de soja ser uma das atividades mais importantes da área de influência da EFNS. Ademais, trata-se de uma *commodity* com grande volume de exportação.

Observou-se também uma maior participação dos fluxos de longas distâncias e fluxos oriundos ou direcionados ao Porto de Itaqui. Estes resultados podem ser suportados pelas características do transporte ferroviário, que se mostra mais competitivo em longas distâncias, e condizem com o desenho da rede ferroviária brasileira, que prioriza o transporte de cargas para exportação, em direção aos portos.

Os resultados foram obtidos considerando apenas os níveis de oferta e demanda relativos ao ano base 2005. No entanto, os projetos ferroviários são projetos que envolvem longos prazos de maturação. Neste sentido, é de fundamental importância a estimativa da demanda de carga ferroviária considerando quantidades de produção e consumo em períodos futuros, de forma a propiciar planejamentos com longos horizontes temporais. A previsão da demanda de carga futura pode ser feita fazendo uso do mesmo método apresentado, após a aplicação de taxas de crescimento esperadas aos níveis de oferta e demanda em cada centróide.

O “Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados” apresentou um incremento de carga captável significativo, em comparação aos resultados do “Cenário Senador Canedo”, principalmente, resultante de importantes fluxos de soja com origem na região de Sorriso (MT). Esta constatação suporta a hipótese de que o ramal setentrional será uma importante alternativa de transporte para o escoamento da produção do Norte do Mato Grosso. Já no caso do Ramal Meio-Norte, este não propiciou um aumento relevante da carga captável pela ferrovia, mas absorveu o fluxo da perna rodoviária que ligava Balsas (MA) a Estreito (MA), observado no “Cenário Atual”.

O Porto de Itaqui, localizado em São Luís do Maranhão (MA), revelou-se um importante centróide gerador de carga captável pela EFNS, no sentido porto interior. Os produtos fertilizantes e derivados de petróleo são as principais cargas com potencial de embarque nesta localidade, cujos fluxos abasteceriam com fertilizantes as principais regiões agrícolas e abasteceriam com combustíveis os grandes centros urbanos próximos à malha da ferrovia. Esta constatação confirma a importância da capacitação adequada desta região portuária para atender satisfatoriamente o fluxo de cargas com potencial de movimentação através deste porto. Analisando-se os fluxos no sentido interior porto, destacaram-se os centróides Sorriso, Balsas, Confresa e Palmas como as principais localidades com potencial de oferta de carga captável pela ferrovia, sendo que os principais fluxos com origens no interior e destino ao porto de Itaqui referem-se aos produtos soja e farelo de soja.

## 5 CONCLUSÕES

O modelo proposto para estimativa da demanda de carga pela EFNS mostrou-se uma ferramenta factível para atender o escopo desta dissertação, podendo ser aplicada em cenários que envolvam outras ferrovias, hidrovias ou rodovias de interesse, para a análise de demanda de carga captável por uma rede de transportes de interesse.

Através dos resultados apresentados pôde-se verificar que o volume total de soja indicado pelo modelo para movimentação através da EFNS, considerando o trecho da ferrovia que se encontra atualmente em operação (Cenário Atual) mostrou-se ligeiramente inferior ao volume de soja realmente embarcado na ferrovia em 2005. A diferença entre volume estimado e volume realmente embarcado foi de aproximadamente 20%. Uma alternativa para diminuir esta diferença seria diminuir os valores de frete ferroviário considerados; no entanto, na elaboração do método proposto para esta dissertação, julgou-se mais apropriado analisar os resultados utilizando valores de frete ferroviário 30% inferiores aos valores de frete rodoviário, condições próximas às do mercado em 2005. Estes apontamentos realçam que as análises dos resultados de modelos de transportes devem ser vistas com ressalvas, já que as etapas da modelagem para a estimativa da oferta e demanda de carga envolvem uma série de pressupostos, simplificações, ajustes e adaptações dos parâmetros usados o que dificulta uma representação totalmente fiel dos fluxos de cargas. Esta relativa "imprecisão" do modelo não diminui a importância dos resultados encontrados nem inviabiliza o uso deste método como ferramenta de suporte para o planejamento estratégico de redes de transporte.

A análise dos resultados realça como pode ser importante o uso desta ferramenta para uso em atividades relacionadas ao planejamento estratégico de um sistema de transportes. A partir dos resultados obtidos é possível extrair informações importantes para estudos de viabilidade econômica de projetos de implantação de vias de transporte, dimensionamento de vias, análise do impacto da concorrência entre os modais de transporte e avaliação de outras questões que podem auxiliar a condução de políticas de planejamento e regulação dos sistemas de transporte de cargas.

Os resultados apresentados pelo modelo de transporte considerado neste estudo propiciaram a identificação das principais unidades geográficas que ofertam cargas captáveis pelo trecho ferroviário da EFNS. Este tipo de informação é bastante relevante, pois indica as zonas que apresentam fluxos de carga captável pela ferrovia, ou seja, possibilita a identificação das regiões que revelam potencial de uso daquela infra-estrutura de transporte.

Outro tipo de informação de grande utilidade fornecida pelo modelo proposto é a indicação da quantidade de carga que passa nas localidades definidas como pontos de transbordo. A análise destes resultados gera importantes subsídios para a seleção dos locais com potencial para instalação de mecanismos e equipamentos de transferência de cargas, além de auxiliar no dimensionamento dessas infra-estruturas.

Os resultados também apontaram as principais cargas que revelam aptidão para movimentação através da via ferroviária analisada, sendo esta informação relevante para o planejamento estratégico da ferrovia e identificação do mercado potencial. Ademais, a análise das cargas que seriam possivelmente transportadas no trecho ferroviário influenciará a escolha dos tipos de equipamentos de transporte que devem ser utilizados.

Outro subsídio para a decisão dos agentes envolvidos no planejamento estratégico da ferrovia refere-se à avaliação dos impactos decorrentes dos projetos de expansão da malha ferroviária na captação de carga pela ferrovia. Este tipo de análise é importante para mensuração dos benefícios ou receitas que seriam gerados por aquela obra.

Cabe ressaltar que os resultados e informações fornecidas nesta dissertação não são suficientes para inferências a respeito da viabilidade econômica da ferrovia. As informações decorrentes da aplicação do modelo refletem de forma unilateral o comportamento dos agentes embarcadores, não sendo considerada pelo modelo as decisões dos transportadores, que estaria relacionada à viabilidade econômica de se promover a alternativa de transporte desejada pelos embarcadores.

A estimativa da demanda de carga captável fornece subsídios para o dimensionamento da infra-estrutura viária, da frota de veículos e outros equipamentos necessários para a movimentação dos fluxos e, também, para a estimativa da receita que seria gerada pela produção de transporte naquela ferrovia. Estas são informações necessárias para análise de viabilidade econômica da rede ferroviária.

Os parâmetros utilizados no modelo referem-se basicamente aos níveis de produção, consumo, exportação e importação relativos às unidades geográficas definidas no zoneamento, além do custo de transporte para movimentação das cargas através da rede de transporte considerada. A priori, estas são informações que podem ser coletadas com relativa facilidade. Cabe ressaltar que o uso de modelos mais complexos de estimativa de fluxos inter-regionais e de escolha modal, como por exemplo, os modelos de Equilíbrio Espacial e os modelos de Escolha Discreta, como o modelo Logit Multinomial, exigem parâmetros adicionais, necessários para a calibração das funções de oferta e de demanda ou para calibração da função utilidade correspondente aos agentes embarcadores. Estas informações não se encontram facilmente disponíveis e podem demandar extensas pesquisas de campo. A dificuldade para calibração destes tipos de modelos é ainda maior no caso de estudos de demanda de carga que recorrem à análise dos fluxos de vários produtos.

Uma abordagem sugerida para novos estudos seria analisar as variações da quantidade de carga captável pela ferrovia em função de diferentes valores de frete ferroviário. Esta análise revelaria a competitividade da ferrovia para cada valor de frete considerado, dando assim o devido suporte para políticas de tarifação.

Pelo fato de os resultados corresponderem apenas ao ano-base de 2005, sugere-se que o modelo proposto seja aplicado com dados de projeções futuras dos valores de oferta e demanda de carga em cada unidade geográfica considerada na área de influência da EFNS. Sabe-se que os projetos ferroviários envolvem longos períodos para a amortização do capital investido, sendo portanto de fundamental importância a previsão de fluxos de cargas através da ferrovia em períodos futuros. Ademais, cabe-se ressaltar que a análise unitemporal apresentada nesta dissertação não permite observar ou considerar os efeitos de indução de crescimento econômico que as ferrovias exercem na sua área de influência.

No Brasil ainda não existem pesquisas sistemáticas dos níveis de oferta e demanda num nível de desagregação adequado para este tipo de modelagem, sendo que o desenvolvimento e disponibilização destes tipos de informação são de fundamentais importância para os estudos de fluxos inter-regionais e para o planejamento e análise do sistema de transporte.



## REFERÊNCIAS

ACTIONS DE PRÉPARATION, D'ACCOMPAGNEMENT ET DU SUIVI – APAS. **Transport strategic modelling**. Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities, 1996. 171 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT. **Balanco 2003-2005 do setor ferroviário brasileiro**. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/ferrovias/historico>>. Acesso em: 1 set. 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE TERRESTRES - ANTT. **Plano de revitalização das ferrovias 2003**. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br>>. Acesso em: 24 out. 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES - ANTT. **ANTT aprova licitação do projeto para construção de ramal ligando Tocantins a Mato Grosso**. Disponível em: <[http://www.antt.gov.br/noticias/mostra\\_noticia.asp?id=1862](http://www.antt.gov.br/noticias/mostra_noticia.asp?id=1862)>. Acesso em: 22 mar. 2007.

AGRIANUAL anuário da agricultura brasileira 2005. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativos, 2005. 500 p.

AHUJA, R.K. **Network flows: theory, algorithms, and applications**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1993. 846 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS – ABIOV. **Balanco oferta/demanda**. Disponível em: <<http://www.abiove.com.br>>. Acesso em: 7 abr. 2007.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS - ANTF. **Informações do setor: números**. Disponível em: <<http://www.antf.org.br>>. Acesso em: 15 out. 2006.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS - ANDA. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes 2005**. São Paulo, 2005. 162 p.

BARAT, J.A. **A evolução dos transportes no Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Instituto de Planejamento Econômico e Social, 1978. 385 p.

BOWERSOX, D.J.; CLOSS, D.J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas, 2001. 549 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Produção de açúcar: Brasil**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 22 ago. 2006a.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Produção de Álcool**: Brasil. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 22 ago. 2006b.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Pacote de aceleração do crescimento**. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/inicial/index.php>>. Acesso em: 2 mar. 2007.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Secretaria de Comércio Exterior. **ALICE-Web**. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/default.asp>>. Acesso em: 13 maio 2006.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Mapas e informações**: ferrovias. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br>>. Acesso em: 4 jun. 2006.

BRASILEIRO, A.; SANTOS, E.M.; ARAGÃO, J.J.G.; SENNA, J.M.; LIMA NETO, O.; ORRICO FILHO, R.D. **Transporte no Brasil**: história e reflexões. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 525 p.

CAIXETA FILHO, J.V.; GAMEIRO, A.H.; GALVANI, P.R.C.; LOPES, R.L.; MARQUES, R.W.C.; MARTINGNOW, L.M.; SILVA, N.D.V. **Competitividade no agribusiness**: a questão do transporte em um contexto logístico. Piracicaba: FEALQ, 1998. 41 p. (Relatório Técnico).

CAIXETA FILHO, J.V.; GAMEIRO, A.H. (Org.). **Transporte e logística em sistemas agroindustriais**. São Paulo: Atlas, 2001. 218 p.

CASTRO, N. **Estrutura, desempenho e perspectivas do transporte ferroviário de carga**. Disponível em: <<http://www.nemesis.org.br/docs/castro9.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2006.

CENTRO DE ESTUDOS EM LOGÍSTICA - CEL/COPPEAD. **Transporte de cargas no Brasil**: ameaças e oportunidades para o desenvolvimento do país. 2002. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br>>. Acesso em: 21 set. 2006.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: estratégia, planejamento e operação. São Paulo: Pearson Education do Brasil/Prentice Hall, 2004. 465 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CNA. **Corredores de escoamento da produção agrícola**: corredor Rio Madeira. 2006. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 17 jun. 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CNA. **Corredores de escoamento da produção agrícola**. 2005. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 20 jun. 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CNA. **Oferta e demanda brasileira**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 17 jan. 2007.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES - CNT. **Pesquisa ferroviária CNT 2002**: relatório analítico. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br>>. Acesso em: 12 nov. 2006.

CRAINIC, T.G.; FLORIAN, M. **Strategic planning of freight transportation in Brazil**: methodology and applications. Quebec: Universidade de Montreal, Centre de Recherché sur les Transports, 1989. p. 638-642.

CRAINIC, T.G.; FLORIAN, M.; LEAL, J.E. A model for the strategic planning national freight transportation by rail. **Transportation Science**, Hanover, v. 24, n. 1, p. 1-24, 1990.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Ferrovias**: histórico. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/menu>>. Acesso em: 15 out 2007.

ESTADOS UNIDOS. United States Department of Agriculture. **Transportation of U.S. grains**: a modal share analysis, 1978 - 1995. Disponível em: <[http://www.ams.usda.gov/TMD/TSB/Modal\\_Share.pdf](http://www.ams.usda.gov/TMD/TSB/Modal_Share.pdf)>. Acesso em: 13 ago. 2006.

ESTADOS UNIDOS. United States Department of Agriculture. **Transportation, trade and U.S. agriculture**. Disponível em: <<http://www.usda.gov.br>>. Acesso em: 13 jun. 2006.

FERNANDEZ, L.J.E.; DE CEA, J.C.; SOTO, O.A. A multi-modal supply-demand equilibrium model for predicting intercity freight flows. **Transportation Research Part B**, London, v. 37, n. 37, p. 615-640, 2004.

FRIESZ, T.L.; HARKER, P.T. Multicriteria spatial price equilibrium network design: theory and computational results. **Transportation Research Part B**, London, v. 17B, n. 5, p. 411-426, Oct. 1983.

FRIESZ, T.L.; TOBIN, R.L.; HARKER, P.T. Predictive intercity freight network models: the state of the art. **Transportation Research Part A**, London, v. 17, n. 6, p. 409-417, Nov. 1983.

FRIEZ, T.L.; GOTTFRIED, J.; MORLOK, E.K. A freight network equilibrium model. Philadelphia, University of Pennsylvania, 1981. 89 p. Relatório Técnico CUE-FNEM-1981-8-1.

GARRIDO, J. Mais cargas sobre os mesmos trilhos. **Valor Setorial Ferrovias**, p. 7-12, set. 2006. Disponível em: <<http://www.antf.org.br>>. Acesso em: 12 nov. 2006.

GARRIDO, R.A.; MAHMASSANI, H.S. Forecasting freight transportation demand with the space time multinomial probit model. **Transportation Research Part B**, London, v. 34, n. 5, p. 403-418, June 2000.

GRUPO EXECUTIVO DE INTEGRAÇÃO DAS POLÍTICAS DE TRANSPORTES - GEIPOT. **Corredores estratégicos de desenvolvimento**: relatório final. Brasília: GEIPOT, 1999. Disponível em: <http://www.geipot.gov.br/IndexG.htm>. Acesso em: 24 maio 2006.

GRUPO EXECUTIVO DE INTEGRAÇÃO DAS POLÍTICAS DE TRANSPORTES – GEIPOT. **Anuário Estatístico dos Transportes**. Disponível em: <http://www.geipot.gov.br/NovaWeb/IndexAnuario.htm>. Acesso em: 23 nov. 2007.

HARKER, P.T; FRIESZ, T.L. Prediction of intercity freight flows, I: theory. **Transportation Research Part B**, London, v. 20B, n. 2, p. 139-153, Apr. 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2000**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 18 maio 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa da Pecuária Municipal 2005**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 maio 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Agrícola Municipal 2005**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 18 abr. 2006.

MARQUES, S.A. **Privatização do sistema ferroviário brasileiro**. Brasília: IPEA, 1996. 67 p.

MARTINS, R. S. **Racionalização da infra-estrutura de transporte no Estado do Paraná**: o desenvolvimento e a contribuição das ferrovias para a movimentação de grãos e farelo de soja. 1998. 216 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

MARTINS, R.S. **Estudo da nova configuração geográfica do complexo soja num cenário de provisão adequada da infra-estrutura de transporte do Cerrado brasileiro através de um modelo de equilíbrio espacial**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2006. 216 p. Relatório Final de Pesquisa – CNPq Proc. 150.827/2004-0.

MESQUITA, W. **Norte/Sul**: ferrovia deve mudar perfil econômico do Tocantins. 2006. Disponível em: <<http://www.ogirassol.com.br/especial/index.htm>>. Acesso em: 21 out. 2006.

MONTEIRO, A.B.; MARTINS, W.C.; RODRIGUES, F.H. O processo de decisão do modal no transporte de cargas. In: CAIXETA FILHO, J.V.; MARTINS, R.S. (Org). **Gestão logística do transporte de cargas**. São Paulo: Atlas, 2001. 296 p.

NAZÁRIO, P. Papel do transporte na estratégia logística. In: FLEURY, P.F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K.F. (Org.). **Logística agroindustrial**. São Paulo: Atlas, 2000. p. 126-133.

NOVAES, A.G.; ALVARENGA, A.C. **Logística aplicada**: suprimento e distribuição física. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1994. 268 p.

OJIMA, A.L.R.O. **Análise da movimentação logística e competitividade da soja brasileira**: uma aplicação de um modelo de equilíbrio espacial de programação quadrática. 2004. 79 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

OLIVEIRA, J.C. **Análise do transporte de soja, milho e farelo de soja na hidrovia tiete-parana**. 1996. 136 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

OUM, T.T. A cross sectional study of freight transport demand and rail-truck competition in Canada. **The Bell Journal of Economics**, Santa Mônica, v. 10, n. 2, p. 463-482, 1979.

PIRES, F. **Os avanços do transporte ferroviário de carga no Brasil após as privatizações**: uma análise segundo a perspectiva de usuários, prestadores de serviço e governo. 2002. Disponível em: <<http://www.centrodelogistica.com.br>>. Acesso em: 14 jun. 2006.

PROCANA. **Anuário da Cana 2003/2004**. Disponível em: <<http://www.jornalcana.com>>. Acesso em: 15 ago. 2006.

RODRIGUES, P.R.A. **Introdução aos sistemas de transporte no Brasil e à logística internacional**. São Paulo: Aduaneiras, 2002. 174 p.

SAMUELSON, P.A. Spatial price equilibrium and linear programming. **American Economic Review**, Stanford, v. 42, n.3, p. 283-303, 1952.

SILVA-JÚNIOR, R.F. **Geografia de redes e da logística no transporte rodoviário de cargas**: fluxos e mobilidade geográfica do capital. 2004. 270 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de São Paulo, Presidente Prudente, 2004.

SOARES, M.G.; CAIXETA FILHO, J.V. **Caracterização e custos do transporte rodoviário de cargas agrícola**. Piracicaba: ESALQ, DESR, 1996. 41 p.

TAKAYAMA, T.; JUDGE, G.G. Equilibrium among spatially separated markets: a reformulation. **Econometrica**, New York, v. 32, n. 4, p. 510-524, 1964.

VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A. **Situação atual**. Disponível em: <<http://www.valec.gov.br>>. Acesso em: 15 maio 2006.

VELASCO, O.M.; LIMA, E.T.; SOUZA, M.A.T. Ferrovias: privatização e regulação. **Informe Infra-Estrutura**, Rio de Janeiro, n. 34, maio 1999. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/infra/aig7234.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2006.

## APÊNDICES

## **APÊNDICE A - As concessionárias ferroviárias e os projetos de expansão da malha**

Várias empresas receberam a concessão para operar os serviços públicos de transporte ferroviário de carga no país. Neste sentido, é apresentada na sequência a caracterização dos trechos ferroviários que são administrados por estas empresas, assim como os principais projetos de expansão previstos para a rede ferroviária nacional.

- América Latina Logística do Brasil S.A. (ALL):

De acordo com a Agência Nacional de Transportadores Ferroviários – ANTF (2006), a malha sul da Rede Ferroviária Nacional foi concedida para a Ferrovia Sul Atlântico, que a partir do dia 1º de março de 1977 começa a operar a rede ferroviária dos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina. Em 1998 a empresa expande suas operações para o trecho sul da malha paulista pertencente à antiga FEPASA e a partir de 1999 a empresa se torna proprietária das duas maiores ferrovias da Argentina, a MESO (Ferrocarril Mesopotámico General Urquiza) e a BAP (Buenos Aires al Pacífico General San Martín), passando a se chamar ALL (América Latina Logística). Os principais acionistas da ALL - GP Investimentos, Crédit Suisse, Judori, Unicorp, GEF e UTIL - passam a ser detentores da maior ferrovia fora da América do Norte, totalizando 15.628 km de linhas férreas (vide Figura 17).



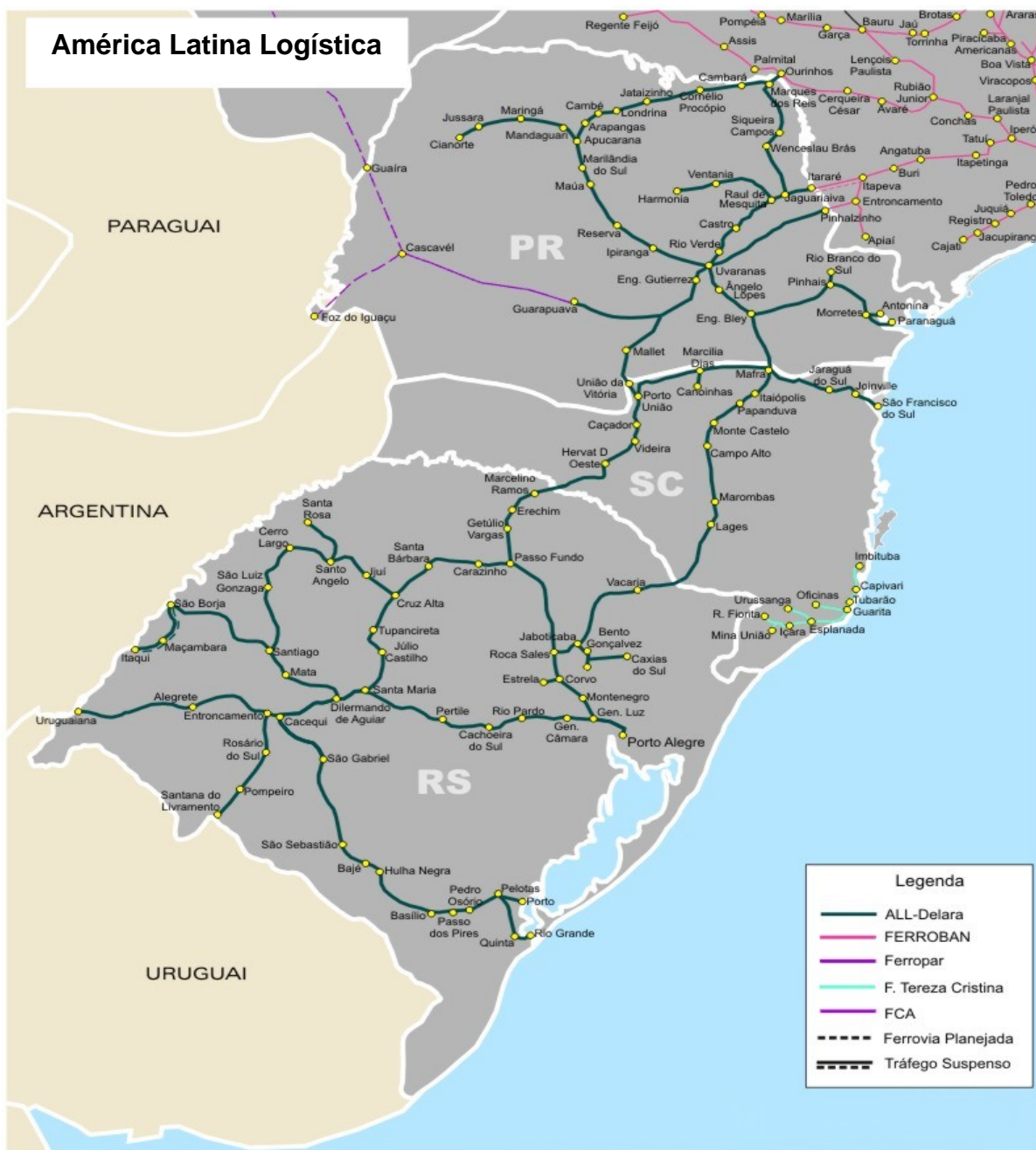


Figura 17 – Traçado da malha ferroviária da América Latina Logística do Brasil S.A.

Fonte: ANTT (2006), modificado pelo autor.

Em 2006, a ALL observa uma expansão surpreendente de sua malha e área de influência quando adquire a malha ferroviária pertencente a Brasil

Ferrovias. Esta operação garantiu à empresa o acesso ao principal porto e à maior economia do país, se tornando à principal alternativa ferroviária para o escoamento da safra de grãos dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul através das operações das ferrovias Ferronorte e Novoeste. A partir de então, a ALL se torna responsável pelas operações da maior malha ferroviária brasileira e da América Latina. As principais cargas movimentadas pela ALL podem ser visualizadas na Figura 18.

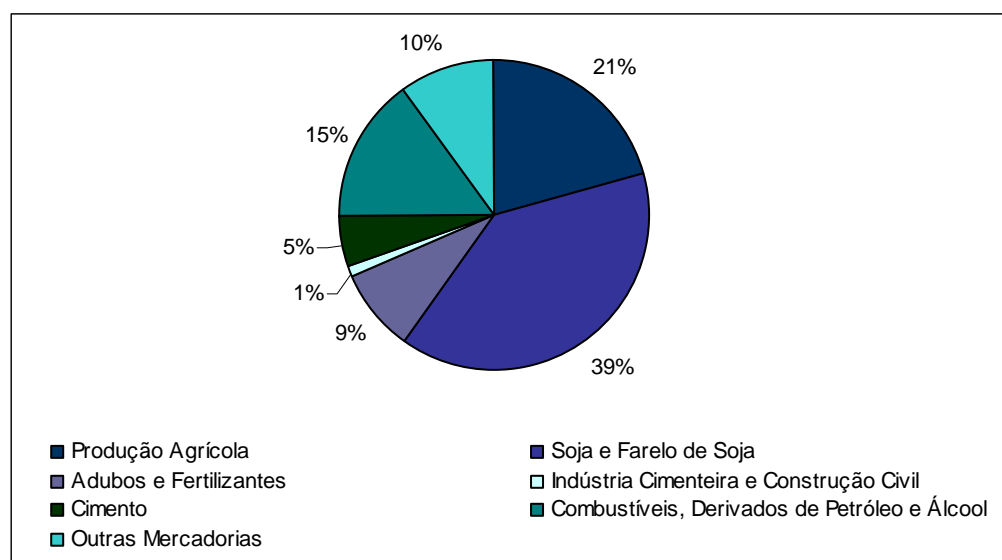


Figura 18 – Principais cargas movimentadas pela ALL, em 2004 (TU)

Fonte: Brasil (2004)

#### - Companhia Ferroviária do Nordeste S.A. (CFN):

Segundo ANTF (2006), ao longo do ano de 1997 a malha Nordeste pertencente à RFFSA foi concedida à Companhia Ferroviária do Nordeste (CFN). Esta empresa de capital fechado, que tem como acionistas a Companhia Siderúrgica Nacional e a Taquari Participações, opera 4.238 km de ferrovias em quase todos estados do Nordeste. Atualmente, existe um projeto de expansão da rede ferroviária da CFN em andamento que permitirá uma maior integração regional e a ligação dos portos de Suape e Pecém ao interior do Piauí (Figura 19).

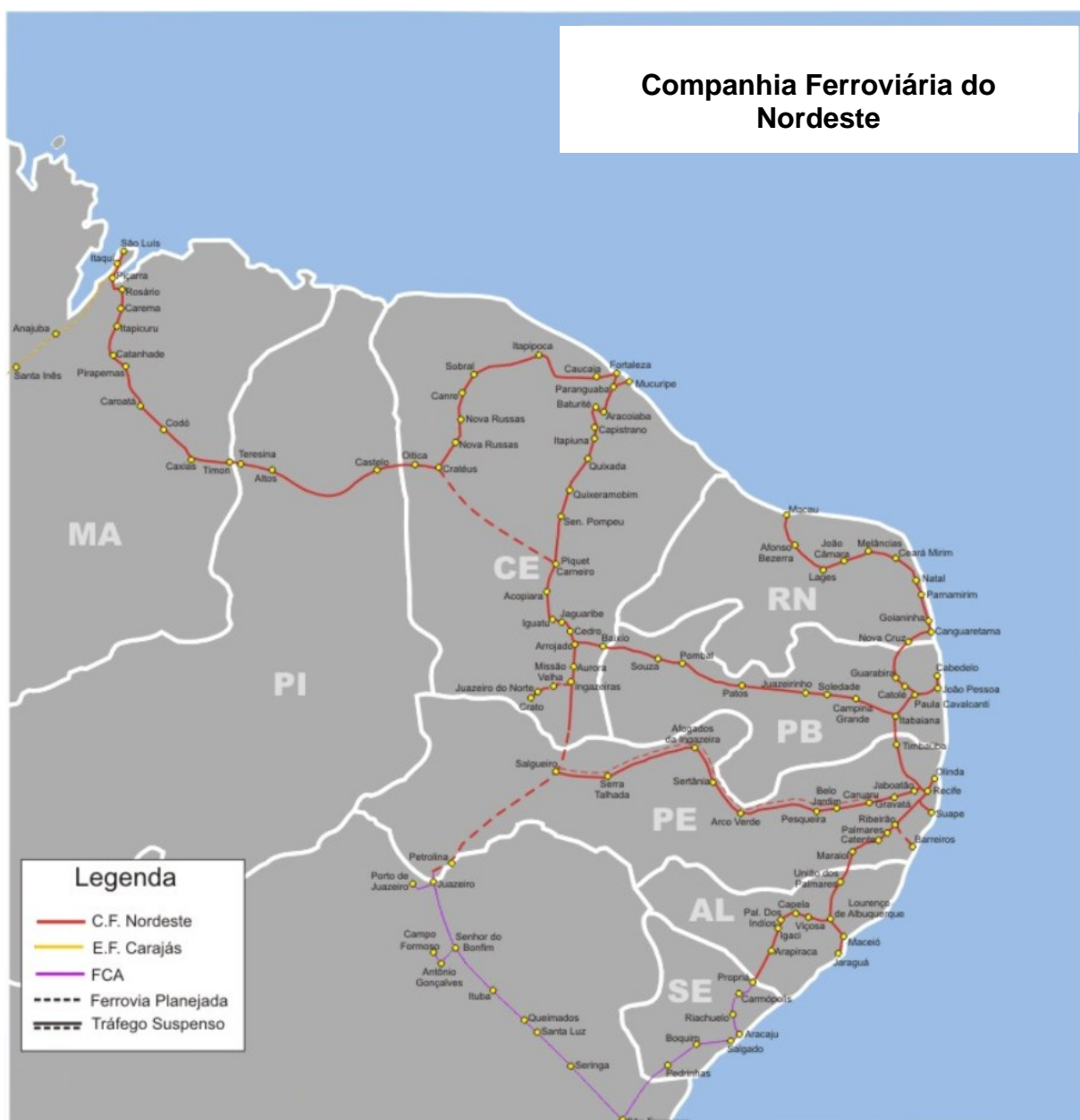


Figura 19 – Traçado da malha ferroviária da Companhia Ferroviária do Nordeste S.A

Fonte: ANTF (2006), modificado pelo autor.

O projeto de expansão prevê a construção de 905 km de novas linhas e a recuperação de 955 km de linhas antigas. A nova ferrovia receberá o nome de Nova Transnordestina. As obras já foram iniciadas e a verba que será destinada

ao projeto, orçado em R\$ 4,5 bilhões, surgiu de uma parceria público-privada. A Figura 20 revela as cargas movimentadas pela CFN.

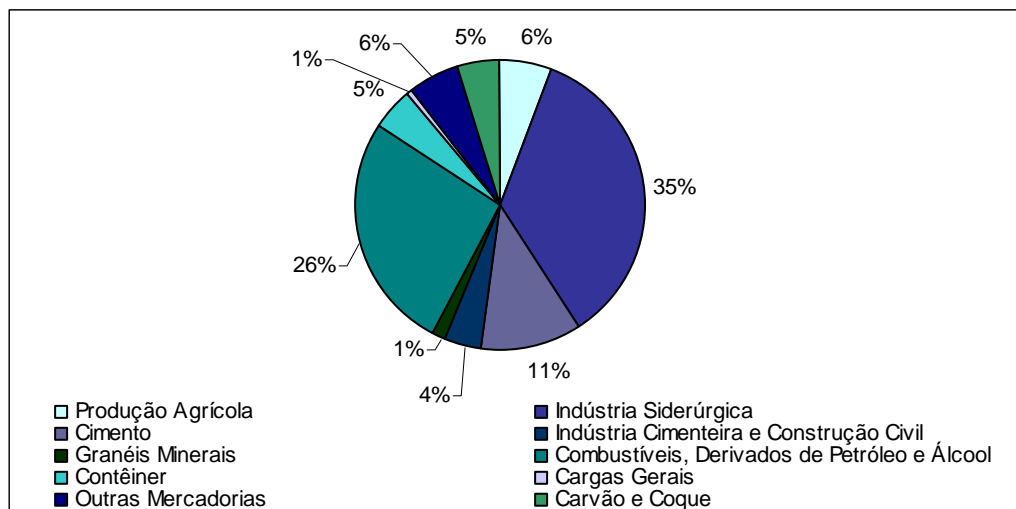


Figura 20 – Principais cargas movimentadas pela CFN, em 2004 (TU)

Fonte: Brasil (2004)

- Estrada de Ferro Carajás (EFC):

Segundo ANTF (2006), a Estrada de Ferro Carajás (EFC) foi inaugurada em 1985. Nos dias de hoje é considerada uma das ferrovias mais modernas e produtivas do Brasil e do mundo. A EFC, pertencente à Companhia Vale do Rio Doce, faz a ligação entre o interior do Pará e o Porto de Ponta da Madeira, importante porto localizado em São Luís, capital maranhense. Sua extensão de 892 km movimenta principalmente minério de ferro e manganês oriundos do interior do Pará, além de uma ampla variedade de outros produtos, como a soja produzida no sul do Maranhão, Piauí, Pará e Mato Grosso, cimento, veículos, combustíveis, produtos siderúrgicos e madeira (Figura 21).

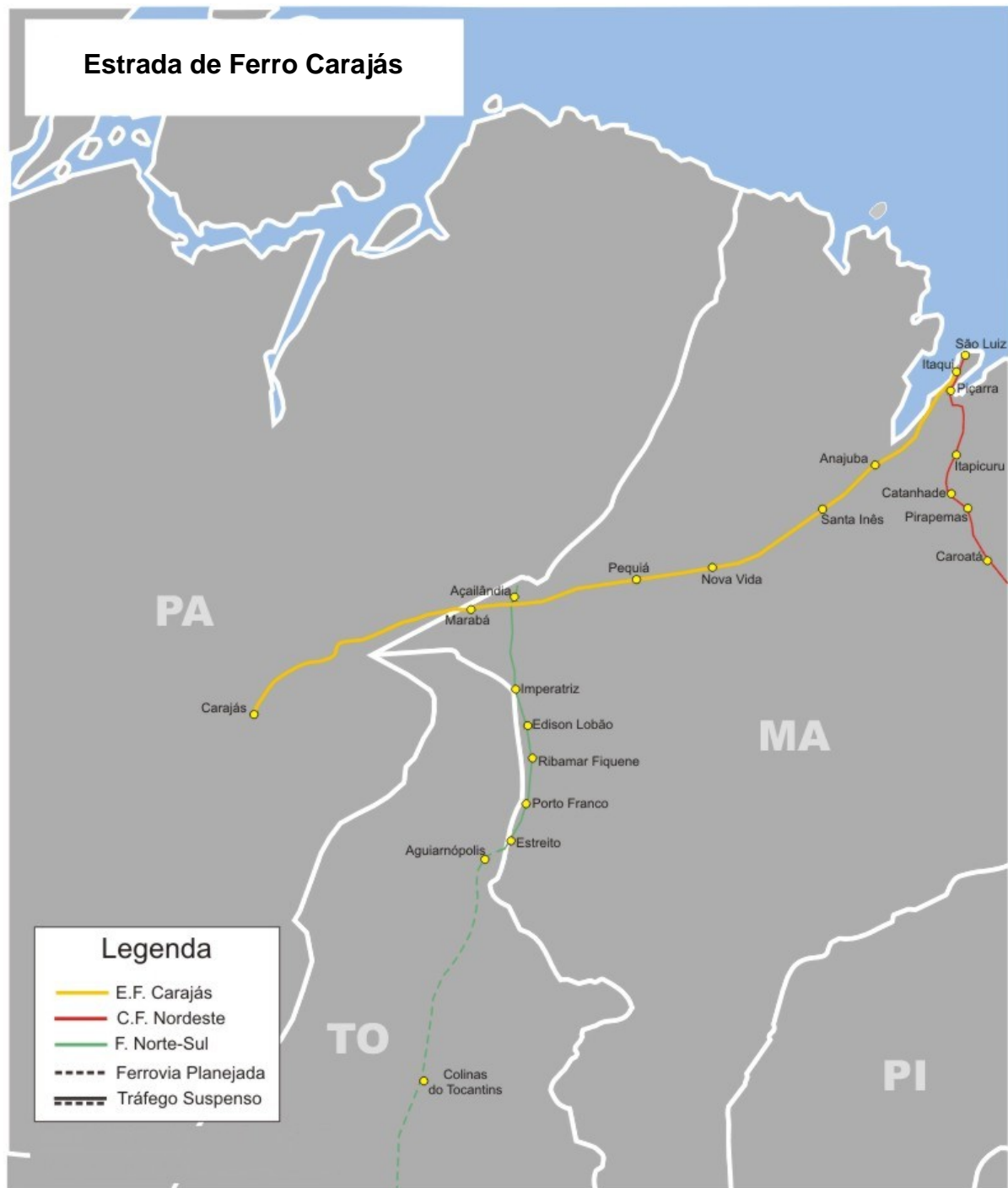


Figura 21 – Traçado da malha ferroviária da Estrada de Ferro Carajás

Fonte: ANTT (2006), modificado pelo autor.

A Estrada de Ferro Carajás movimenta, predominantemente, minério de ferro, conforme ilustrado pela Figura 22.

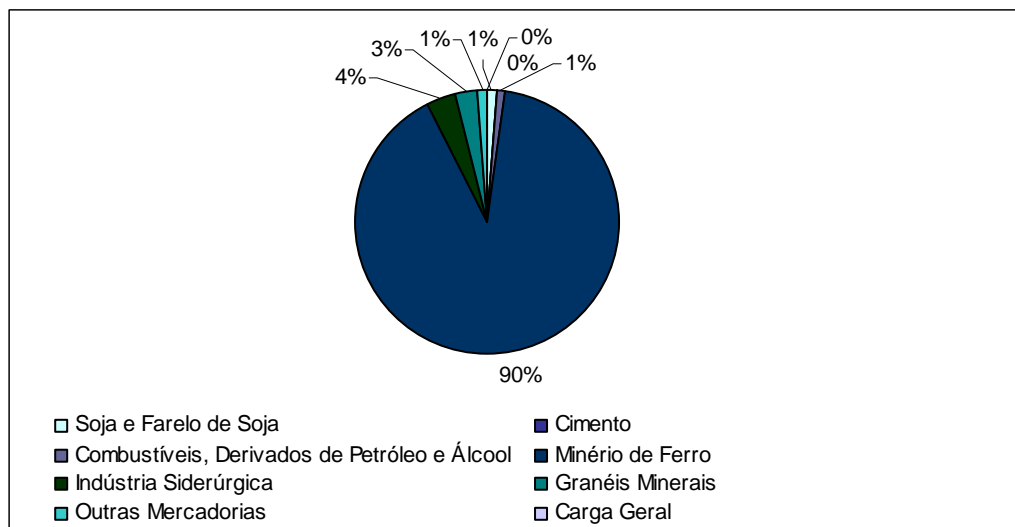


Figura 22 – Principais cargas movimentadas pela EFC, em 2004 (TU)

Fonte: Brasil (2004)

- Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM):

Baseado em informações da ANTF (2006), a Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM), em funcionamento desde 1904 é incorporada à Companhia Vale do Rio Doce em 1940, possui 905 km de malha ferroviária interligada com a Ferrovia Centro Atlântica, com a rede ferroviária da MRS Logística S.A., com o Complexo Portuário de Tubarão (ES) e com o Porto de Barra do Riacho, em Aracruz (ES). Tem importante papel estratégico pelo fato de interligar o Centro Oeste ao Sudeste. A ferrovia movimenta anualmente mais de 110 milhões de toneladas de produtos diversos, dentre eles: aço, carvão, calcário, granito, contêineres, ferro-gusa, produtos agrícolas, madeira, celulose e veículos (Figura 23).

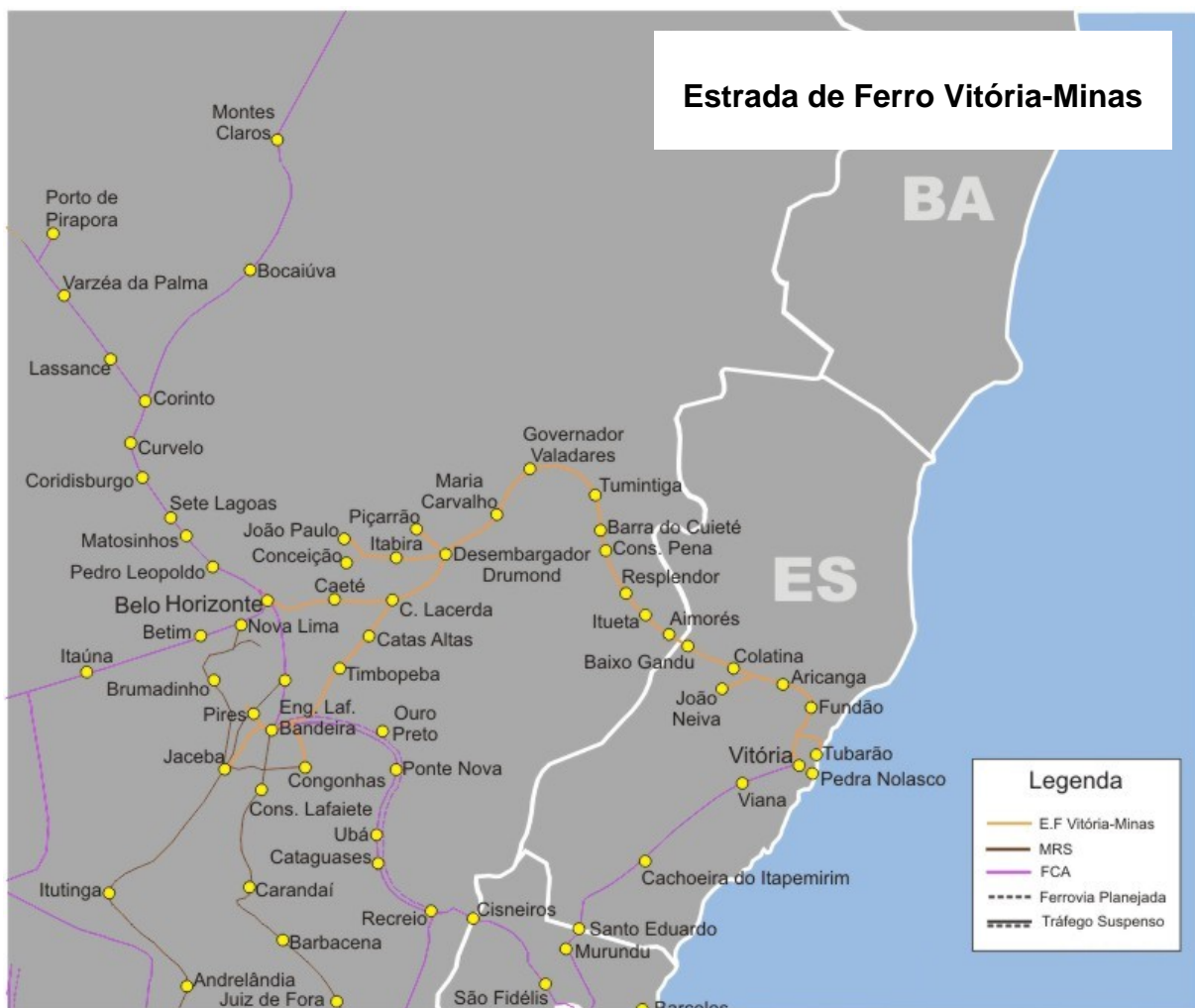


Figura 23 – Traçado da malha ferroviária da Estrada de Ferro Vitória-Minas

Fonte: ANTT (2006), modificado pelo autor.

As principais cargas atraídas por esta ferrovia são descritas na Figura 24.



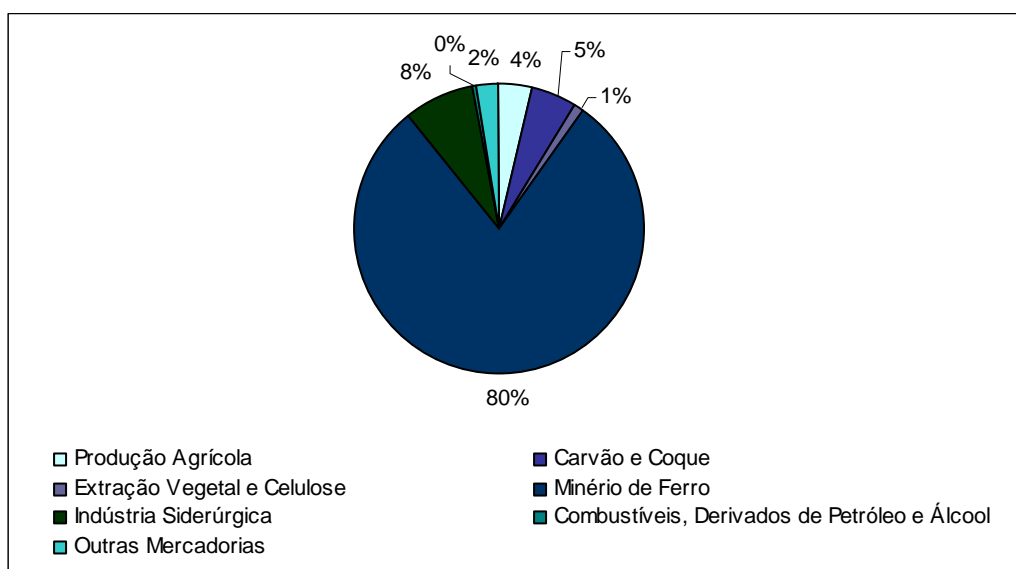


Figura 24 – Principais cargas movimentadas pela EFVM, em 2004 (TU)

Fonte: Brasil (2004)

- Ferrovia Centro-Atlântica S.A. (FCA):

ANTF (2006) documenta que a Ferrovia Centro-Atlântica (FCA), pertencente à Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), possui uma extensa malha ferroviária, com aproximadamente 8.000 km de linhas férreas que cortam mais de 250 municípios do país. A ferrovia é considerada o principal eixo de conexão ferroviária do Sudeste com o Nordeste e Centro-Oeste já que liga os estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Goiás, Sergipe, Bahia e o Distrito Federal. A FCA possui conexão com a EFVM, com a MRS, com a Ferrobán e com a CFN, propiciando o acesso aos portos de Aracaju (SE) e Salvador (BA), Santos (SP), Complexo Portuário de Tubarão (ES), Vitória (ES), Angra dos Reis (RJ) e Rio de Janeiro (RJ). Em dezembro de 2005, a empresa conseguiu autorização junto ao Governo Federal e ao Governo do Espírito Santo para a construção da variante Litorânea Sul, ligando Vitória (ES) a Cachoeiro do Itapemerim (ES), veja Figura 25.





Figura 25 – Traçado da malha ferroviária da Ferrovia Centro-Atlântica S. A.

Fonte: ANTF (2006), modificado pelo autor.

Através da Figura 26 visualiza-se as principais cargas movimentadas pela FCA.

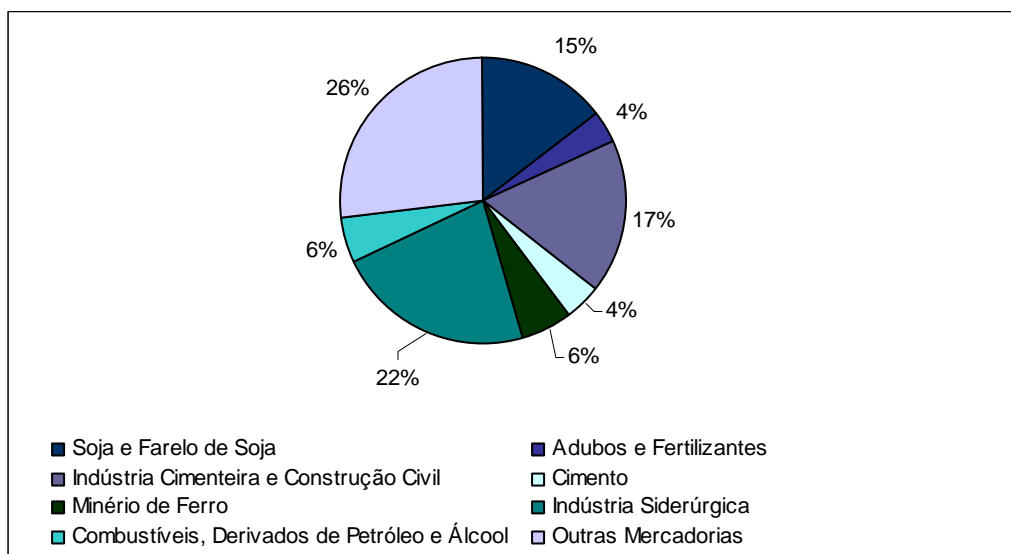


Figura 26 – Principais cargas movimentadas pela EFVM, em 2004 (TU)

Fonte: Brasil (2004), modificado pelo autor

- Ferrovias Bandeirantes S.A. (FERROBAN):

Conforme documentado pela ANTF (2006) a FERROBAN assumiu as operações de 2.916 km de linhas férreas da malha paulista pertencente à antiga FEPASA. Sua rede de ferrovias liga o Porto de Santos e Baixada Santista aos municípios de Santa Fé do Sul, Colômbia e Panorama, sendo uma importante articulação para o escoamento da produção dos estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e São Paulo (Figura 27).

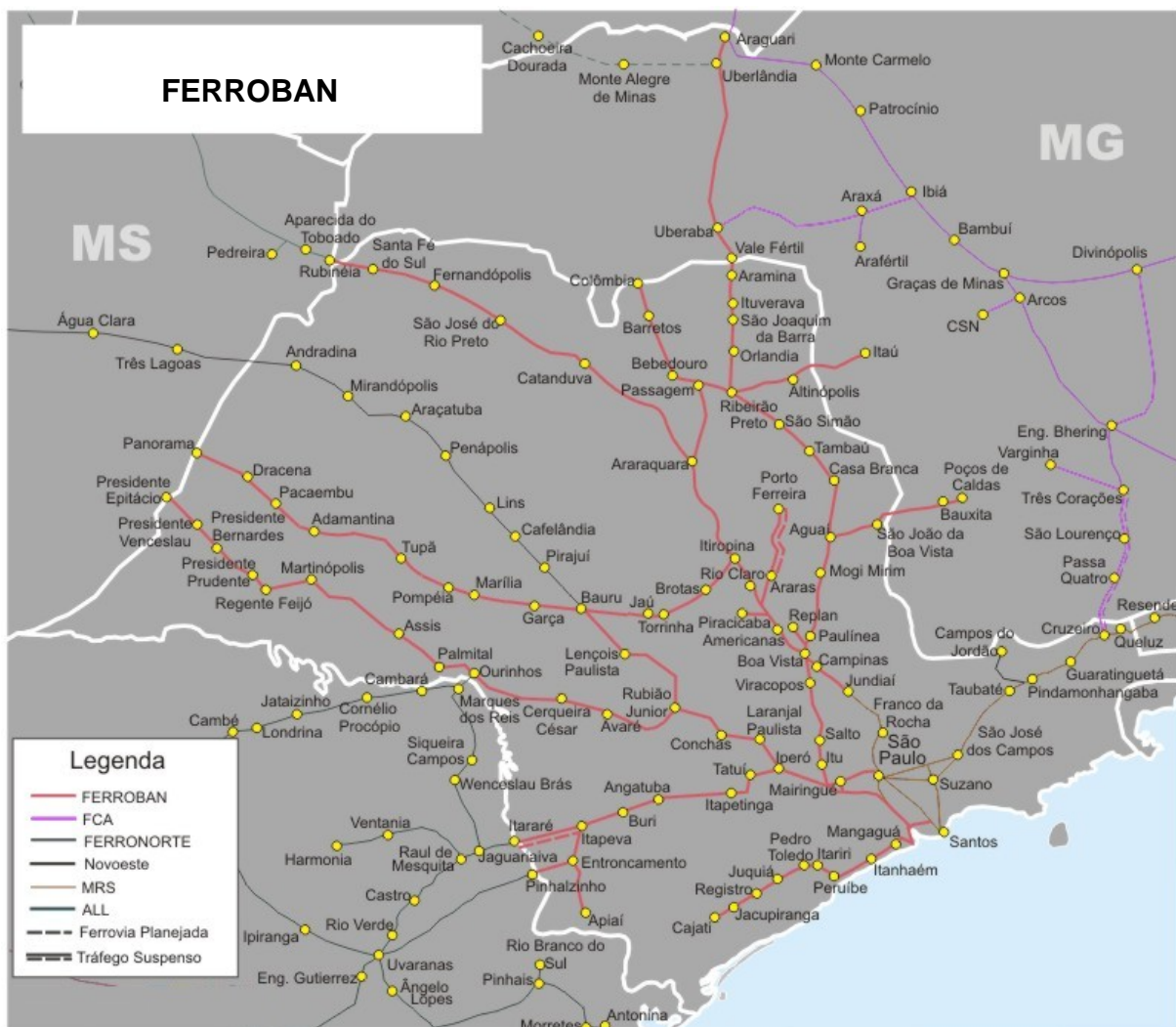


Figura 27 – Traçado da malha ferroviária das Ferrovias Bandeirantes S.A.

Fonte: ANTT (2006), modificado pelo autor.

A Ferrobán era uma das ferrovias pertencentes a Brasil Ferrovias, consórcio formado em 1998 entre a Ferrovias Norte Brasil S.A., a Ferrovias Novoeste S.A. e a Ferrobán. Em 2006, a Brasil Ferrovias foi adquirida pela América Latina Logística.

As cargas movimentadas com mais frequência através da FERROBAN são apresentadas através da Figura 28.

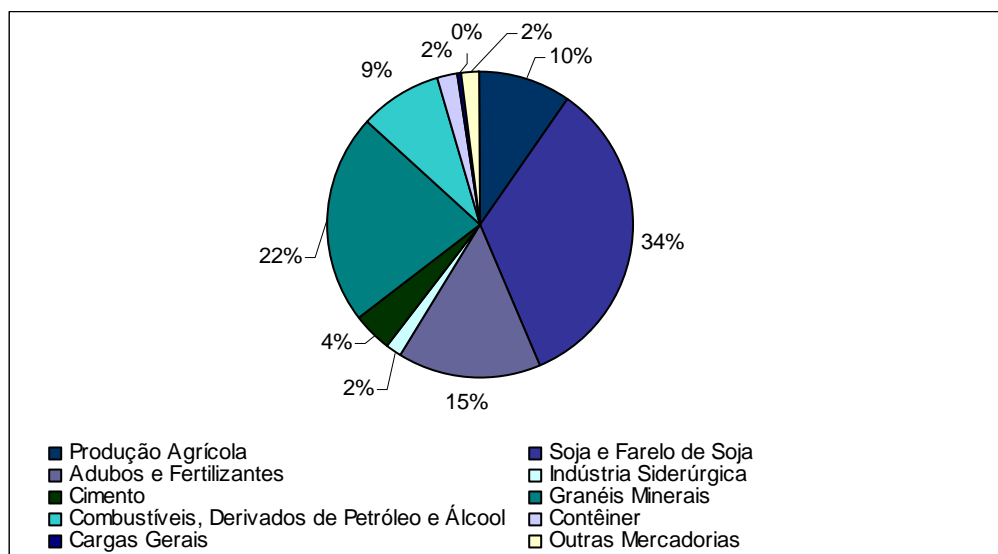


Figura 28 – Principais cargas movimentadas pela FERROBAN, em 2004 (TU)

Fonte: Brasil (2004)

- Ferronorte S.A. – Ferrovias Norte Brasil (FERRONORTE):

Segundo ANTF (2006), a construção do primeiro trecho da FERRONORTE data de 1999 e ligava Aparecida do Taboado (SP) a Alto Taquari (MT), através de uma linha férrea de 410 km. Foram adicionados mais 90 km de linhas férreas em 2002, entre Alto Taquari e Alto Araguaia, sendo que no plano de concessão da ferrovia está prevista a expansão da ferrovia até Rondonópolis e Cuiabá. A FERRONORTE vem se revelando um importante suporte logístico para o processo de expansão da fronteira agrícola na região Centro Oeste. Em 2005 esta ferrovia foi responsável pelo escoamento de 70% da soja produzida no Mato Grosso e participou com 50% da soja total escoada pelo porto de Santos. Veja Figura 29.

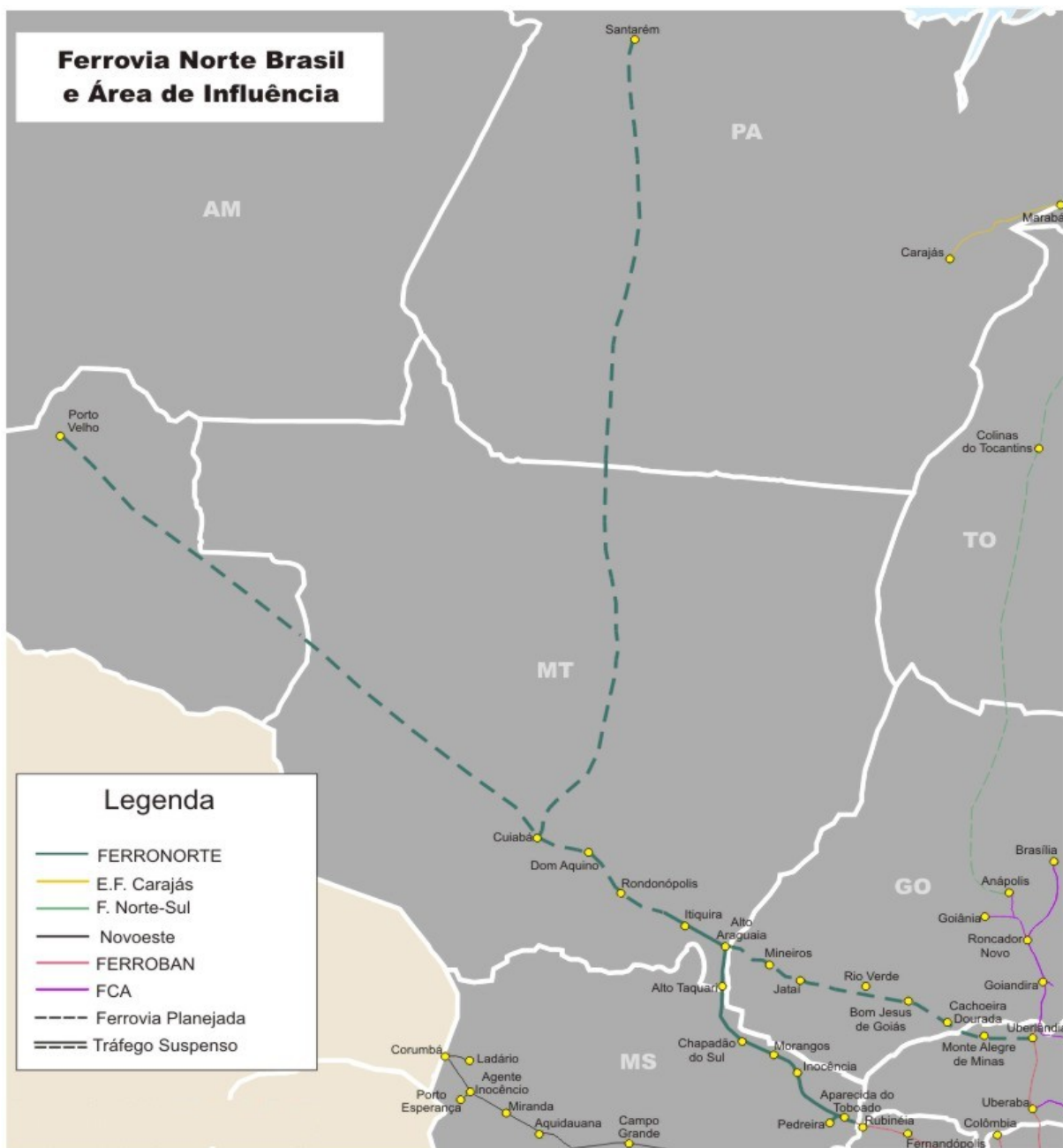


Figura 29 – Traçado da malha ferroviária das Ferrovias Norte Brasil

Fonte: ANTT (2006), modificado pelo autor.

A partir de 2006 a FERRONORTE passa a ser operada pela América Latina Logística, em função da compra da Brasil Ferrovias pela ALL.

As principais cargas escoadas através desta ferrovia podem ser observadas na Figura 30.

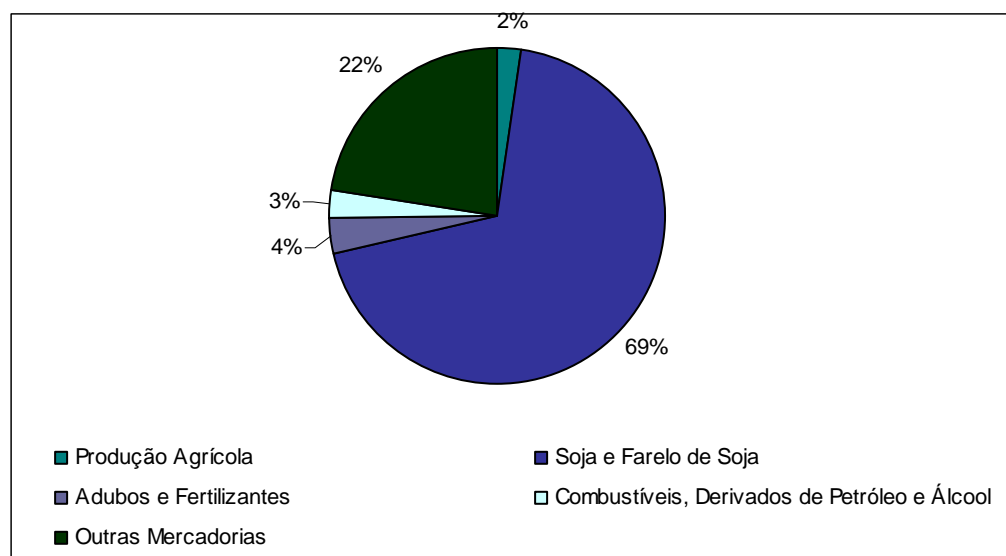


Figura 30 – Principais cargas movimentadas pela FERRONORTE, em 2004 (TU)  
Fonte: Brasil (2004)

- Ferrovia Paraná S.A. (FERROPAR)

A FERROPAR, anteriormente denominada Estrada de Ferro Paraná Oeste - FERROESTE, foi formada em 1996 quando a FERROESTE deixa de pertencer ao Estado do Paraná e se torna uma empresa privada, com distribuição acionária envolvendo quatro empresas: América Latina Logística -ALL, FAO- Empreendimentos e Participações, Geral de Engenharia de Montagem S/A - Gemon, MPE e Pound S/A. A FERROPAR liga a cidade de Cascavel (PR) a Guarapuava (PR), através de uma linha férrea com extensão de 248 km (Figura 31).

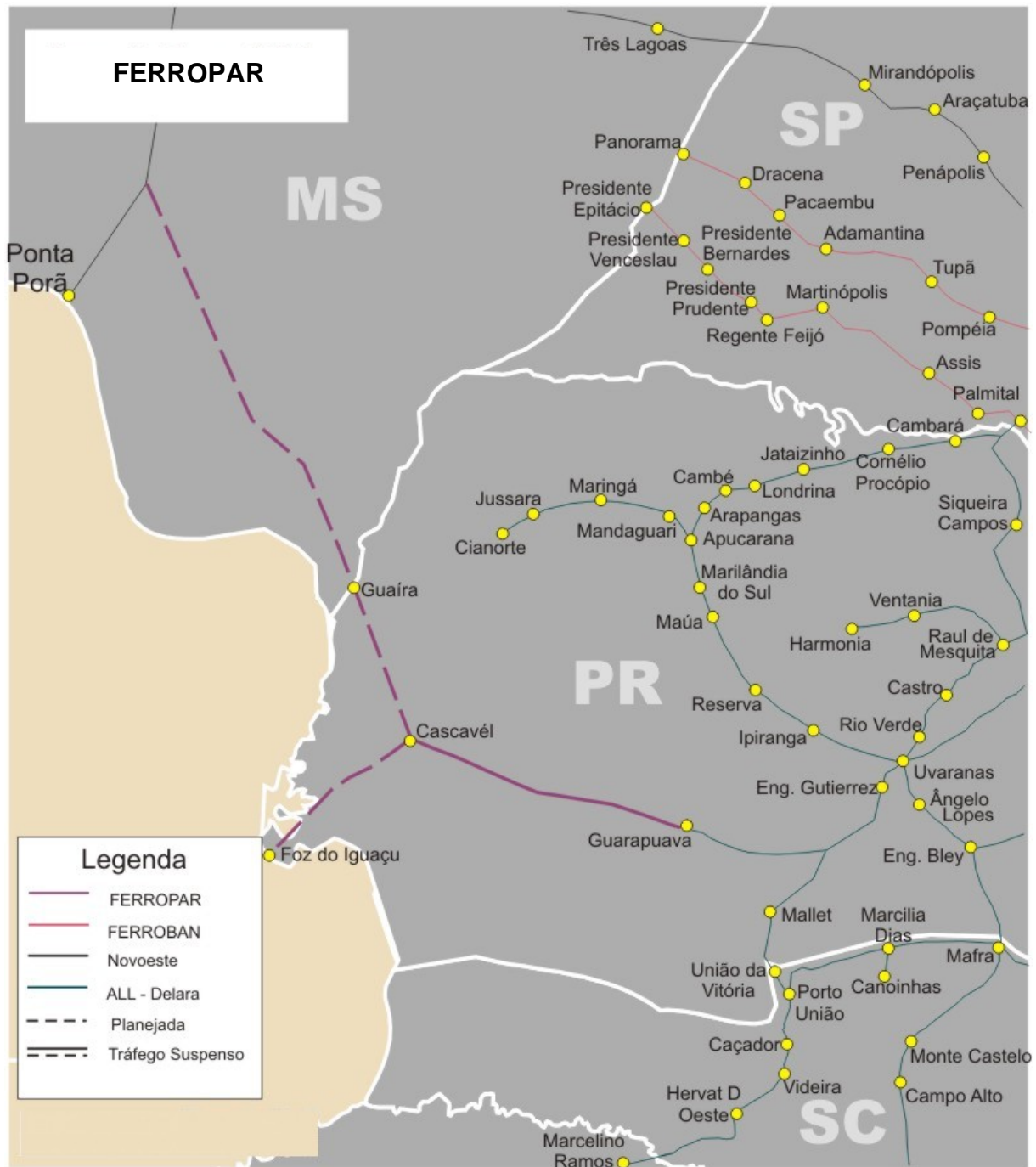


Figura 31 – Traçado da malha ferroviária da Ferrovia Paraná S.A.

Fonte: ANTT (2006), modificado pelo autor.



Conforme ilustrado pela Figura 32, o complexo soja é responsável pela maior parte da movimentação desta ferrovia.

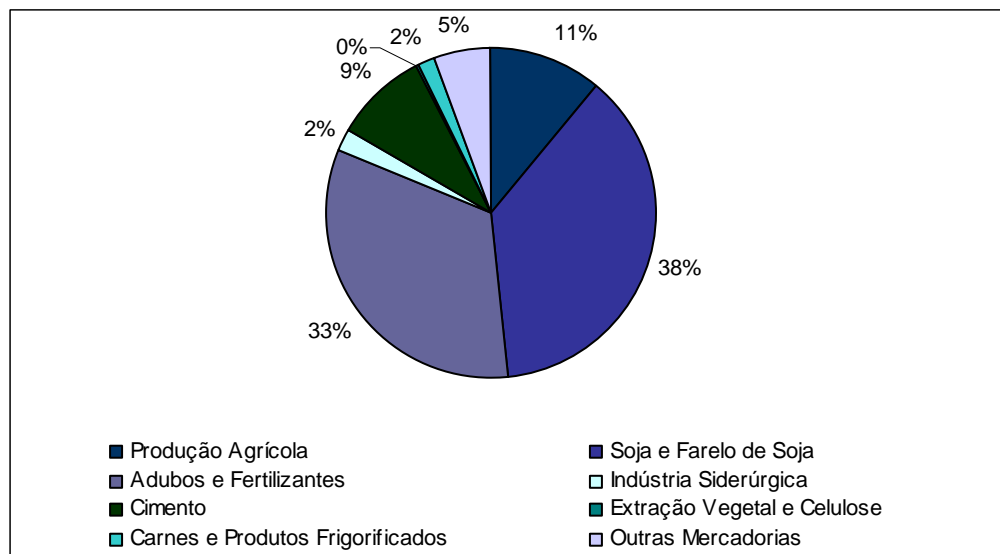


Figura 32 – Principais cargas movimentadas pela FERROPAR, em 2004 (TU)

Fonte: Brasil (2004)

- Ferrovia Teresa Cristina S.A. (FTC):

Segundo ANTF (2006), a concessão da Ferrovia Teresa Cristina foi concretizada em novembro de 1996. A operação desta malha foi assumida por uma empresa de capital fechado cuja composição acionária engloba a Geral de Engenharia e Montagens S.A. (Gemon), Interfinance S.A. Participações e a Santa Lúcia Agro Indústria e Com. Ltda. O pólo carbonífero da região de Criciúma (SC) é a principal área de influência da ferrovia que faz a ligação entre o Porto de Imbituba e o Complexo Termelétrico Jorge Lacerda (GERASUL), situado no município de Capivari Baixo. A FTC atende quase que exclusivamente ao setor carbonífero da região (Figuras 33 e 34).





Figura 33 – Traçado da malha ferroviária da Ferrovias Teresina S.A.

Fonte: ANTT (2006), modificado pelo autor.

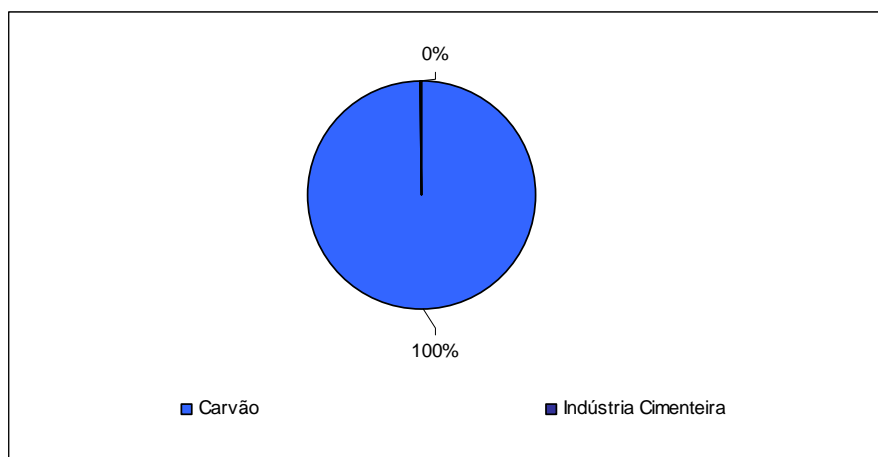


Figura 34 – Principais cargas movimentadas pela FTC, em 2004 (TU)

Fonte: Brasil (2004)

- MRS Logística S. A. (MRS):

Conforme documentado pela ANTF (2006), as linhas da MRS interligam as cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, atravessando a região mais industrializada do país, abrangendo quase 65% do PIB nacional. A malha é originária da antiga RFFSA e possui 1.674 km de extensão. Sua área de influência revela uma grande concentração de indústrias siderúrgicas, de mineração e cimenteiras, setores cujas cadeias produtivas favorecem a atividade ferroviária. Os principais ramos de negócios atendidos pela ferrovia envolvem agricultura, carga geral, construção civil, contêineres, industrial, mineração, petroquímico, siderúrgico e automotivo. Além de sua privilegiada localização geográfica, a ferrovia apresenta um importante diferencial estratégico, já que se comunica com a EFVM, a FCA e a FERROBAN. Veja Figuras 35 e 36.



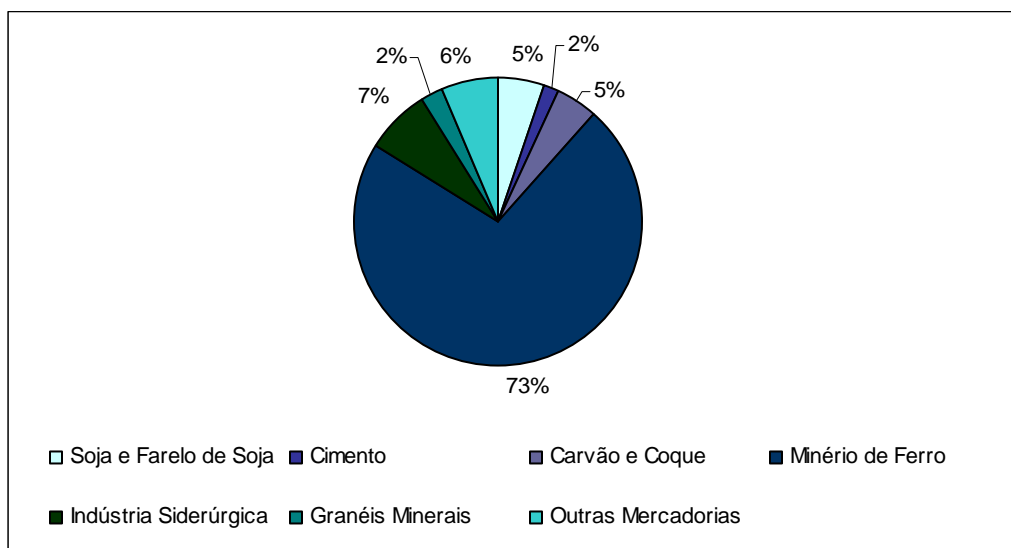


Figura 36 – Principais cargas movimentadas pela MRS, em 2004 (TU)

Fonte: Brasil (2004)

- Ferrovia Novoeste S.A. (NOVOESTE):

Segundo ANTF (2006) a Ferrovia Novoeste S.A. compreende a antiga Estrada de Ferro Noroeste do Brasil, que foi privatizada em 1996 passando a pertencer à Ferrovia Novoeste S.A. e, posteriormente, incorporada à Ferropasa (Ferrovia Norte Participações S.A.). Esta ferrovia possui 1.621 km e liga as cidades de Corumbá (MS) e Ponta Porã (MS) à cidade de Bauru (SP). No ano de 2002, a Novoeste, em consórcio com a FERROBAN, integrou o corredor ferroviário Corumbá/Santos, permitindo a comunicação entre pólos bolivianos e o Porto de Santos (Figura 37).

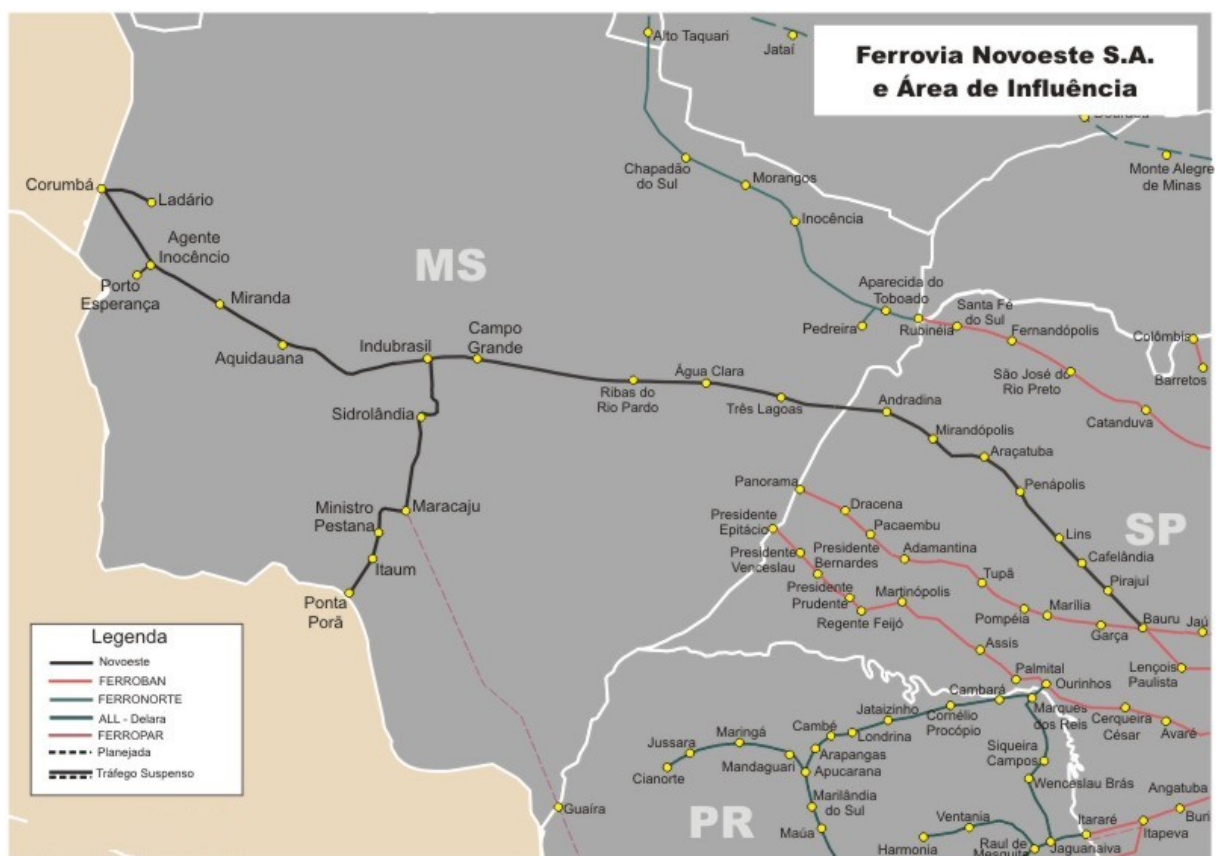


Figura 37 – Traçado da malha ferroviária da Ferrovias Novoeste S.A.

Fonte: ANTT (2006), modificado pelo autor.

A NOVOESTE passou a ser controlada pela ALL em 2006, a partir da venda da Brasil Ferrovias.

Veja as cargas movimentadas em maior quantidade pela Ferrovias Novoeste através da Figura 38.

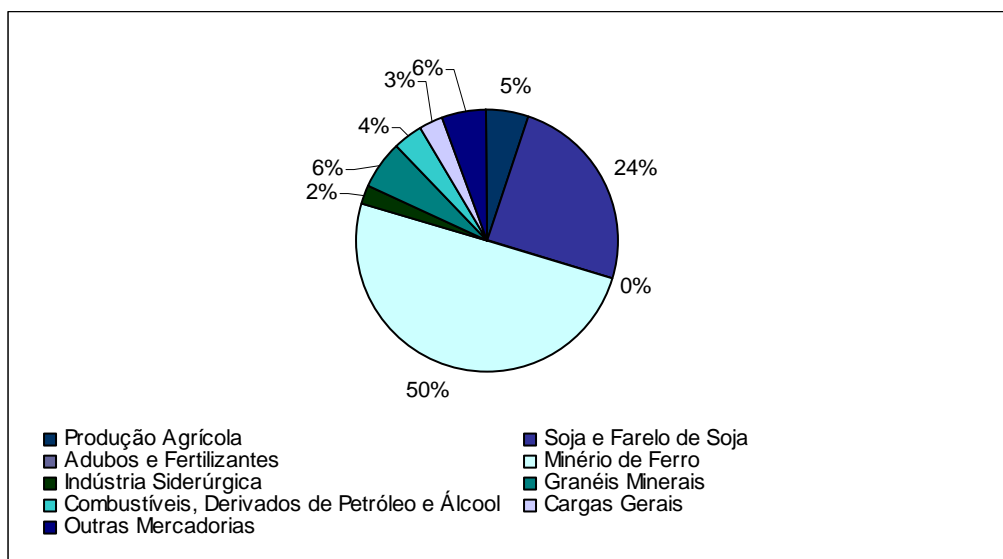


Figura 38 – Principais cargas movimentadas pela MRS, em 2004 (TU)

Fonte: Brasil (2004)

#### - Estrada de Ferro Norte-Sul

A concessão da Estrada de Ferro Norte-Sul foi outorgada em 1987, propiciando à VALEC – Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. o direito de uso do Ramal Norte (ligando Colinas de Tocantins - TO a Açailândia - MA) e do Ramal Sul (ligando Porangatu - GO a Colinas do Tocantins - TO).

A implantação da Estrada de Ferro Norte-Sul está sendo realizada pela Valec Engenharia, Construções e Ferrovias S.A., pertencente ao Ministério dos Transportes, que detém a concessão para sua construção e operação. A ligação ferroviária entre Estreito (MA) e Açailândia (MA) já está concluída e em operação. No Estado do Tocantins já foi concluído o trecho de 147 km que liga Aguiarnópolis a Darcinópolis. A continuação do trecho ligando Darcinópolis a Araguaína tem extensão de 47 km e está em fase de lançamento da superestrutura (assentamento de dormentes, trilhos e brita). Também se encontra em construção o trecho de 40 km entre Anápolis e Ouro Verde, localidades do Estado de Goiás (VALEC, 2006). Veja Figura 39.



Figura 39 – Traçado da malha ferroviária da Estrada de Ferro Norte-Sul

Fonte: ANTT (2006), modificado pelo autor.

## APÊNDICE B – Exemplo de arquivo de entrada do software GAMS para otimização do modelo proposto (produto açúcar)

\$INLINECOM /\* \*/

\$OFFLISTING

\$OFFSYMREF OFFSYMLIST

\$ONEMPTY

SET O origem;

SET D destino;

SET T1 transbordo 1;

SET T2 transbordo 2;

SET OB(O) portos de origem;

SET DB(D) portos de destino;

PARAMETER EXPORT\_soja\_base (O) Exportacao do centro de origem O;

PARAMETER IMPORT\_soja\_base (D) Importacao do centro de consumo D;

PARAMETER PRO\_soja\_base (O) Producao na origem O;

PARAMETER DEM\_soja\_base (D) Demanda no destino D;

PARAMETER FTT1\_soja\_base (T1,T2) Frete entre transbordos;

PARAMETER FOT\_soja\_base (O,T1) Frete entre origens e transbordos;

PARAMETER FTD\_soja\_base (D,T2) Frete entre transbordos e destinos;

PARAMETER FOD\_soja\_base (O,D) Frete entre origens e destinos;

\$CALL GDXXRW.EXE C:\dissertacao\base\_soja.xls Index=leitura!a2

\$GDXIN base\_soja.gdx

\$LOAD O D T1 T2 OB DB PRO\_soja\_base DEM\_soja\_base EXPORT\_soja\_base  
IMPORT\_soja\_base FTT1\_soja\_base FOT\_soja\_base FTD\_soja\_base FOD\_soja\_base

\$GDXIN



SET OT(O,T1)

/

\$include c:\dissertacao\ot20.txt

/;

SET TD(T2,D)

/

\$include c:\dissertacao\td20.txt

/;

VARIABLES

Xx(O,D) Fluxo direto entre origem e destino

Yx(O,T1) Fluxo indireto entre origem e transbordo 1

Z1x(O,T1,T2) Fluxo indireto entre transbordo 1 e transbordo 2

W2x(O,T2,D) Fluxo indireto entre transbordo 2 e destino

OBJx

Ex(O)

Ix(D)

Px(O);

POSITIVE VARIABLE Xx,Yx,Z1x,W2x,Ex,Ix,Px;

EQUATIONS

OBJETAx

PRODUCAOx

DEMANDAx

CONTINUIDADE1x(O,T1)

CONTINUIDADE2x(O,T2)

EXPORTACAO1x(O)

IMPORTACAO1x(D);

OBJETAx .. OBJ =E= SUM((O,D), Xx(O,D) \* FOD\_acucar(O,D)) + SUM((O,T1), (Yx(O,T1) \* FOT\_acucar(O,T1))\$OT(O,T1)) + SUM((O,T1,T2), (Z1x(O,T1,T2)\$OT(O,T1))\* FTT1A\_acucar\_atual(T1,T2)) + SUM((O,T2,D), (W2x(O,T2,D) \* FTD2\_acucar(D,T2))\$TD(T2,D)) + SUM(O, Ex(O)\*1000) + SUM(D, lx(D)\* 10000) + SUM(O, P(O)\*10000);

PRODUCAOx(O) .. SUM(D, Xx(O,D)) + SUM(T1, Yx(O,T1)\$OT(O,T1)) =L= PRO\_acucar\_atual(O)+ Px(O);

DEMANDAx(D) .. SUM(O, Xx(O,D)) + SUM((O,T2) , W2x(O,T2,D)\$TD(T2,D)) =G= DEM\_acucar\_atual(D);

CONTINUIDADE1x(O,T1) .. Yx(O,T1)\$OT(O,T1) =E= SUM(T2, Z1x(O,T1,T2)\$OT(O,T1));

CONTINUIDADE2x(O,T2) .. SUM(T1, Z1x(O,T1,T2)\$OT(O,T1)) =E= SUM((D), W2x(O,T2,D)\$TD(T2,D));

EXPORTACAO1(O) .. SUM((D)\$DB(D), Xx(O,D)) + SUM ((T2,D)\$DB(D), W2x(O,T2,D)\$TD(T2,D) + Ex(O) =G= EXPORT\_acucar\_atual(O);

IMPORTACAO1x(D) .. SUM((O)\$OB(O), Xx(O,D)) + SUM ((O,T2)\$OB(O), W2x(O,T2,D)\$TD(T2,D))+ lx(D) =G= IMPORT\_acucar\_atual(D);

MODEL ISLANDIA\_sojax /OBJETAx, PRODUCAOx, DEMANDAx, CONTINUIDADE1x, CONTINUIDADE2x, EXPORTACAO1x, IMPORTACAO1x/;

OPTION RESLIM = 10000000;

OPTION ITERLIM = 10000000;

OPTION LIMROW=0;

OPTION LIMCOL=0;

ISLANDIA\_sojax.OPTFILE=1;

\$OFFLISTING;

ISLANDIA\_sojax.workspace = 1980;

SOLVE ISLANDIA\_sojax USING LP MINIMIZING OBJx;

execute\_unload "resultados\_soja\_base.gdx",Xx,Yx,Z1x,W2x,OBJx,Ex,lx,Px;

```
execute 'gdxxrw.exe resultados_soja_base.gdx  
O=c:\cenario_base\resultados\resultados_soja_base_base.xls var=Xx rng=x!A1:ZZ5000 rdim=1  
cdim=1';
```

```
execute 'gdxxrw.exe resultados_soja_base.gdx  
O=c:\cenario_base\resultados\resultados_soja_base_base.xls var=Yx rng=y!A1:ZZ5000 rdim=1  
cdim=1';
```

```
execute 'gdxxrw.exe resultados_soja_base.gdx  
O=c:\cenario_base\resultados\resultados_soja_base_base.xls var=Z1x rng=z1!A1:ZZ50000  
rdim=3';
```

```
execute 'gdxxrw.exe resultados_soja_base.gdx  
O=c:\cenario_base\resultados\resultados_soja_base_base.xls var=W2x rng=w2!A1:ZZ5000 rdim=2  
cdim=1';
```

```
execute 'gdxxrw.exe resultados_soja_base.gdx  
O=c:\cenario_base\resultados\resultados_soja_base_base.xls var=OBJx rng=obj!A1';
```

```
execute 'gdxxrw.exe resultados_soja_base.gdx  
O=c:\cenario_base\resultados\resultados_soja_base_base.xls var=Ex rng=e!A1:ZZ50000 rdim=1';
```

```
execute 'gdxxrw.exe resultados_soja_base.gdx  
O=c:\cenario_base\resultados\resultados_soja_base_base.xls var=Ix rng=i!A1:ZZ5000 rdim=1';
```

```
execute 'gdxxrw.exe resultados_soja_base.gdx  
O=c:\cenario_base\resultados\resultados_soja_base_base.xls var=Px rng=p!A1:ZZ5000 rdim=1';
```

**ANEXOS**

## ANEXO A – Lista de microrregiões, macrorregiões e respectivos centróides

Tabela 34 – Microrregiões adotadas e respectivos centróides

(continua)

UF	Divisão Regional (Microrregião)	Centróide (Município)
PA	Óbidos	Óbidos
PA	Santarém	Santarém
PA	Almeirim	Almeirim
PA	Portel	Portel
PA	Furos de Breves	Breves
PA	Arari	Muaná
PA	Belém	Belém
PA	Castanhal	Castanhal
PA	Salgado	Vigia
PA	Bragantina	Bragança
PA	Cametá	Cametá
PA	Tomé-Açu	Tomé-Açu
PA	Guamá	Viseu
PA	Itaituba	Itaituba
PA	Altamira	Altamira
PA	Tucuruí	Tucuruí
PA	Paragominas	Paragominas
PA	São Félix do Xingu	São Félix do Xingu
PA	Parauapebas	Parauapebas
PA	Marabá	Marabá
PA	Redenção	Redenção
PA	Conceição do Araguaia	Conceição do Araguaia
TO	Bico do Papagaio	Araguatins
TO	Araguaína	Araguaína
TO	Miracema do Tocantins	Miracema do Tocantins
TO	Rio Formoso	Paraíso do Tocantins
TO	Gurupi	Gurupi
TO	Porto Nacional	Palmas
TO	Jalapão	Goiatins
TO	Dianópolis	Dianópolis
MA	Litoral Ocidental Maranhense	Cururupu
MA	Aglomeracão Urbana de São Luís	São Luís
MA	Rosário	Rosário
MA	148ençóis Maranhenses	Barreirinhas
MA	Baixada Maranhense	Pinheiro
MA	Itapecuru Mirim	Itapecuru Mirim
MA	Pindaré	Santa Luzia
MA	Imperatriz	Imperatriz
MA	Médio Mearim	Bacabal
MA	Alto Mearim e Grajaú	Barra do Corda
MA	Presidente Dutra	Presidente Dutra
MA	Baixo Parnaíba Maranhense	Araioses
MA	Chapadinha	Chapadinha
MA	Codó	Codó
MA	Coelho Neto	Coelho Neto
MA	Caxias	Caxias
MA	Chapadas do Alto Itapecuru	Colinas
MA	Porto Franco	Estreito

Tabela 34 – Microrregiões adotadas e respectivos centróides

(continuação)

UF	Divisão Regional (Microrregião)	Centróide (Município)
MA	Gerais de Balsas	Balsas
MA	Chapadas das Mangabeiras	São Raimundo das Mangabeiras
PI	Baixo Parnaíba Piauiense	Piripiri
PI	Litoral Piauiense	Parnaíba
PI	Teresina	Teresina
PI	Campo Maior	Campo Maior
PI	Médio Parnaíba Piauiense	Regeneração
PI	Valença do Piauí	Valença do Piauí
PI	Alto Parnaíba Piauiense	Uruçuí
PI	Bertolândia	Bertolândia
PI	Floriano	Floriano
PI	Alto Médio Gurguéia	Bom Jesus
PI	São Raimundo Nonato	São Raimundo Nonato
PI	Chapadas do Extremo Sul Piauiense	Corrente
PI	Picos	Picos
PI	Pio IX	Pio IX
PI	Alto Médio Canindé	São João do Piauí
BA	Barreiras	Barreiras
BA	Cotegipe	Cotegipe
BA	Santa Maria da Vitória	Santa Maria da Vitória
BA	Juazeiro	Juazeiro
BA	Paulo Afonso	Paulo Afonso
BA	Barra	Barra
BA	Bom Jesus da Lapa	Bom Jesus da Lapa
BA	Senhor do Bonfim	Senhor do Bonfim
BA	Irecê	Irecê
BA	Jacobina	Jacobina
BA	Itaberaba	Itaberaba
BA	Feira de Santana	Feira de Santana
BA	Jeremoabo	Jeremoabo
BA	Euclides da Cunha	Euclides da Cunha
BA	Ribeira do Pombal	Ribeira do Pombal
BA	Serrinha	Serrinha
BA	Alagoinhas	Alagoinhas
BA	Entre Rios	Entre Rios
BA	Catu	Catu
BA	Santo Antônio de Jesus	Santo Antônio de Jesus
BA	Salvador	Salvador
BA	Boquira	Boquira
BA	Seabra	Seabra
BA	Jequié	Jequié
BA	Livramento do Brumado	Livramento de Nossa Senhora
BA	Guanambi	Guanambi
BA	Brumado	Brumado
BA	Vitória da Conquista	Vitória da Conquista
BA	Itapetinga	Itapetinga
BA	Valença	Valença
BA	Ilhéus-Itabuna	Ilhéus
BA	Porto Seguro	Porto Seguro
MT	Aripuanã	Aripuanã
MT	Alta Floresta	Alta Floresta
MT	Colíder	Colíder

Tabela 34 – Microrregiões adotadas e respectivos centróides

(conclusão)

UF	Divisão Regional (Microrregião)	Centróide (Município)
MT	Parecis	Campo Novo do Parecis
MT	Arinos	Juara
MT	Alto Teles Pires	Sorriso
MT	Sinop	Sinop
MT	Paranatinga	Paranatinga
MT	Norte Araguaia	Confresa
MT	Canarana	Canarana
MT	Médio Araguaia	Barra do Garças
MT	Alto Guaporé	Pontes e Lacerda
MT	Tangará da Serra	Tangará da Serra
MT	Jauru	Jauru
MT	Alto Paraguai	Alto Paraguai
MT	Rosário Oeste	Rosário Oeste
MT	Cuiabá	Cuiabá
MT	Alto Pantanal	Cáceres
MT	Primavera do Leste	Primavera do Leste
MT	Tesouro	Tesouro
MT	Rondonópolis	Rondonópolis
MT	Alto Araguaia	Alto Araguaia
GO	São Miguel do Araguaia	São Miguel do Araguaia
GO	Rio Vermelho	Goiás
GO	Aragarças	Aragarças
GO	Porangatu	Porangatu
GO	Chapada dos Veadeiros	Campos Belos
GO	Ceres	Ceres
GO	Anápolis	Anápolis
GO	Iporá	Iporá
GO	Anicuns	Anicuns
GO	Goiânia	Goiânia
GO	Vão do Paraná	Posse
GO	Entorno de Brasília	Luziânia
GO	Sudoeste de Goiás	Rio Verde
GO	Vale do Rio dos Bois	Acreúna
GO	Meia Ponte	Itumbiara
GO	Pires do Rio	Pires do Rio
GO	Catalão	Catalão
GO	Quirinópolis	Quirinópolis

Tabela 35 – Mesorregiões adotadas e respectivos centróides

(continua)

UF	Divisão Regional (Mesorregião)	Centróide (Município)
RO	Madeira-Guaporé	Porto Velho
RO	Leste Rondoniense	Ji-Paraná
AC	Vale do Juruá	Cruzeiro
AC	Vale do Acre	Rio Branco
AM	Norte Amazonense	São Gabriel da Cachoeira
AM	Sudoeste Amazonense	Tabatinga
AM	Centro Amazonense	Manaus
AM	Sul Amazonense	Manicoré
RR	Norte de Roraima	Boa Vista
RR	Sul de Roraima	Rorainópolis
AP	Norte do Amapá	Oiapoque
AP	Sul do Amapá	Macapá
CE	Noroeste Cearense	Sobral
CE	Norte Cearense	Itapipoca
CE	Metropolitana de Fortaleza	Fortaleza
CE	Sertões Cearenses	Quixadá
CE	Jaguaribe	Morada Nova
CE	Centro-Sul Cearense	Iguatu
CE	Sul Cearense	Juazeiro do Norte
RN	Oeste Potiguar	Mossoró
RN	Central Potiguar	Caicó
RN	Agreste Potiguar	Nova Cruz
RN	Leste Potiguar	Natal
PB	Sertão Paraibano	Patos
PB	Borborema	Monteiro
PB	Agreste Paraibano	Campina Grande
PB	Mata Paraibana	João Pessoa
PE	Sertão Pernambucano	Araripina
PE	São Francisco Pernambucano	Petrolina
PE	Agreste Pernambucano	Caruaru
PE	Mata Pernambucana	Vitória de Santo Antão
PE	Metropolitana de Recife	Recife
AL	Sertão Alagoano	Santana do Ipanema
AL	Agreste Alagoano	Arapiraca
AL	Leste Alagoano	Maceió
SE	Sertão Sergipano	Poço Redondo
SE	Agreste Sergipano	Lagarto
SE	Leste Sergipano	Aracaju
MG	Noroeste de Minas	Paracatu
MG	Norte de Minas	Montes Claros
MG	Jequitinhonha	Diamantina
MG	Vale do Mucuri	Teófilo Otoni
MG	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	Uberlândia
MG	Central Mineira	Curvelo
MG	Metropolitana de Belo Horizonte	Belo Horizonte
MG	Vale do Rio Doce	Governador Valadares
MG	Oeste de Minas	Divinópolis
MG	Sul/Sudoeste de Minas	Poços de Caldas
MG	Campo das Vertentes	Barbacena



Tabela 35 – Mesorregiões adotadas e respectivos centróides

(continuação)

UF	Divisão Regional (Mesorregião)	Centróide (Município)
MG	Zona da Mata	Juiz de Fora
ES	Noroeste Espírito-santense	Colatina
ES	Litoral Norte Espírito-santense	Linhares
ES	Central Espírito-santense	Vitória
ES	Sul Espírito-santense	Cachoeiro de Itapemirim
RJ	Noroeste Fluminense	Itaperuna
RJ	Norte Fluminense	Campos dos Goytacazes
RJ	Centro Fluminense	Nova Friburgo
RJ	Baixadas	Cabo Frio
RJ	Sul Fluminense	Volta Redonda
RJ	Metropolitana do Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
SP	São José do Rio Preto	São José do Rio Preto
SP	Ribeirão Preto	Ribeirão Preto
SP	Araçatuba	Araçatuba
SP	Bauru	Bauru
SP	Araraquara	São Carlos
SP	Piracicaba	Piracicaba
SP	Campinas	Campinas
SP	Presidente Prudente	Presidente Prudente
SP	Marília	Marília
SP	Assis	Ourinhos
SP	Itapetininga	Itapetininga
SP	Macro Metropolitana Paulista	Sorocaba
SP	Vale do Paraíba Paulista	São José dos Campos
SP	Litoral Sul Paulista	Itanhaém
SP	Metropolitana de São Paulo	São Paulo
PR	Noroeste Paranaense	Umuarama
PR	Centro Ocidental Paranaense	Campo Mourão
PR	Norte Central Paranaense	Londrina
PR	Norte Pioneiro Paranaense	Cornélio Procópio
PR	Centro Oriental Paranaense	Ponta Grossa
PR	Oeste Paranaense	Foz do Iguaçu
PR	Sudoeste Paranaense	Francisco Beltrão
PR	Centro-Sul Paranaense	Guarapuava
PR	Sudeste Paranaense	Irati
PR	Metropolitana de Curitiba	Curitiba
SC	Oeste Catarinense	Chapecó
SC	Norte Catarinense	Joinville
SC	Serrana	Lages
SC	Vale do Itajaí	Blumenau
SC	Grande Florianópolis	Florianópolis
SC	Sul Catarinense	Criciúma
RS	Noroeste Rio-grandense	Passo Fundo
RS	Nordeste Rio-grandense	Caxias do Sul
RS	Centro Ocidental Rio-grandense	Santa Maria
RS	Centro Oriental Rio-grandense	Santa Cruz do Sul
RS	Metropolitana de Porto Alegre	Porto Alegre
RS	Sudoeste Rio-grandense	Uruguaiana
RS	Sudeste Rio-grandense	Pelotas

Tabela 35 – Mesorregiões adotadas e respectivos centróides

(conclusão)

UF	Divisão Regional (Mesorregião)	Centróide (Município)
MS	Pantaneais Sul Mato-grossense	Corumbá
MS	Centro Norte de Mato Grosso do Sul	Campo Grande
MS	Leste de Mato Grosso do Sul	Três Lagoas
MS	Sudoeste de Mato Grosso do Sul	Dourados

## ANEXO B – Fluxos ferroviários e hidroviários correspondentes ao produto soja indicados pelo modelo de otimização

Tabela 36 – Fluxos ferroviários de soja indicados pelo modelo proposto (Cenário Atual)  
(continua)

Centróide de origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Via de transporte <sup>1</sup>	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
Campo Novo do Parecis_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	1361,90
Sorriso_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	46,20
Paranatinga_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	136,62
Barra do Garças_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	29,51
Tangará da Serra_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	118,43
Alto Paraguai_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	57,48
Rosário Oeste_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	6,38
Cuiabá_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	56,27
Cáceres_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	5,06
Primavera do Leste_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	564,38
Tesouro_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	319,40
Rondonópolis_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	519,55
Alto Araguaia_MT	Alto Taquari_MT	São Paulo_SP	FERRONORTE	58,33
Alto Araguaia_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	282,25
Alto Araguaia_MT	Alto Taquari_MT	Sumaré_SP	FERRONORTE	58,19
Aragarças_GO	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	24,73
Catalão_GO	Araguari_MG	Ribeirão Preto_SP	FCA	353,68
Catalão_GO	Araguari_MG	Santos_SP	FCA	280,33
Bauru_SP	Bauru_SP	Sorocaba_SP	FERROBAN	44,41
Bauru_SP	Bauru_SP	Santos_SP	FERROBAN	21,01
Belo Horizonte_MG	Belo Horizonte_MG	Vitória_ES	EFVM	0,82
Porangatu_GO	Brasília_DF	Santos_SP	FCA	56,27
Campos Belos_GO	Brasília_DF	Santos_SP	FCA	25,69
Posse_GO	Brasília_DF	Santos_SP	FCA	5,75
Luziânia_GO	Brasília_DF	Santos_SP	FCA	394,05
Brasília_DF	Brasília_DF	Ribeirão Preto_SP	FCA	88,62
Brasília_DF	Brasília_DF	Campinas_SP	FCA	51,20
Brasília_DF	Brasília_DF	Santos_SP	FCA	0,00
Brasília_DF	Brasília_DF	Casa Branca_SP	FCA	48,92
Londrina_PR	Cambé_PR	Paranaguá_PR	ALL	676,51
Campinas_SP	Campinas_SP	Santos_SP	FERROBAN	13,91
Campo Grande_MS	Campo Grande_MS	Três Lagoas_MS	NOVOESTE	568,72
Campo Grande_MS	Campo Grande_MS	Santos_SP	NOVOESTE	126,65
Poços de Caldas_MG	Casa Branca_SP	Santos_SP	FERROBAN	13,61
Foz do Iguaçu_PR	Cascavel_PR	Paranaguá_PR	FERROPAR	1039,53
Umuarama_PR	Cianorte_PR	Curitiba_PR	ALL	303,95
Umuarama_PR	Cianorte_PR	Paranaguá_PR	ALL	221,79
Dourados_MS	Cianorte_PR	Curitiba_PR	ALL	557,00
Dourados_MS	Cianorte_PR	Paranaguá_PR	ALL	653,48
Barbacena_MG	Conselheiro Lafaiete_MG	Vitória_ES	EFVM	7,39
Paracatu_MG	Corinto_MG	Vitória_ES	FCA	598,88
Curvelo_MG	Corinto_MG	Vitória_ES	FCA	13,33
Cornélio Procópio_PR	Cornélio Procópio_PR	Ourinhos_SP	ALL	60,36
Cornélio Procópio_PR	Cornélio Procópio_PR	Paranaguá_PR	ALL	296,14
Corumbá_MS	Corumbá_MS	Santos_SP	NOVOESTE	17,68
Ponta Grossa_PR	Curitiba_PR	Paranaguá_PR	ALL	434,41
Iratí_PR	Curitiba_PR	Paranaguá_PR	ALL	138,53
Curitiba_PR	Curitiba_PR	Paranaguá_PR	ALL	36,75
Santa Maria_RS	Dilermando de Aguiar_RS	Porto Alegre_RS	ALL	168,53
Divinópolis_MG	Divinópolis_MG	Vitória_ES	EFVM	22,42
Redenção_PA	Estreito_MA	São Luís_MA	EFNS	0,77
Conceição do Araguaia_PA	Estreito_MA	São Luís_MA	EFNS	14,87
Araguaína_TO	Estreito_MA	São Luís_MA	EFNS	27,14
Miracema do Tocantins_TO	Estreito_MA	São Luís_MA	EFNS	75,65
Paraíso do Tocantins_TO	Estreito_MA	São Luís_MA	EFNS	56,03
Gurupi_TO	Estreito_MA	São Luís_MA	EFNS	57,15
Palmas_TO	Estreito_MA	São Luís_MA	EFNS	151,23
Estreito_MA	Estreito_MA	São Luís_MA	EFNS	26,94
Balsas_MA	Estreito_MA	São Luís_MA	EFNS	577,65
Confresa_MT	Estreito_MA	São Luís_MA	EFNS	154,27
São Miguel do Araguaia_GO	Goiânia_GO	Santos_SP	FCA	2,78

Tabela 36 – Fluxos ferroviários de soja indicados pelo modelo proposto (Cenário Atual)  
(conclusão)

Centróide de origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Via de transporte <sup>1</sup>	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
Goiás_GO	Goiânia_GO	Santos_SP	FCA	13,66
Ceres_GO	Goiânia_GO	Santos_SP	FCA	17,63
Anápolis_GO	Goiânia_GO	Santos_SP	FCA	18,60
Iporá_GO	Goiânia_GO	Santos_SP	FCA	7,55
Anicuns_GO	Goiânia_GO	Santos_SP	FCA	6,20
Goiânia_GO	Goiânia_GO	Santos_SP	FCA	15,22
Acreúna_GO	Goiânia_GO	Santos_SP	FCA	211,33
Montes Claros_MG	Governador Valadares_MG	Vitória_ES	EFVM	92,80
Guarapuava_PR	Guarapuava_PR	Paranaguá_PR	FERROPAR	338,47
Itapetininga_SP	Itapetininga_SP	Sorocaba_SP	ALL	137,80
Itapetininga_SP	Itapetininga_SP	Santos_SP	ALL	65,19
Joinville_SC	Joinville_SC	São Francisco do Sul_SC	ALL	48,69
São Carlos_SP	Limeira_SP	Santos_SP	FERROBAN	6,22
Araçatuba_SP	Lins_SP	Santos_SP	FERROBAN	40,22
Marília_SP	Marília_SP	Santos_SP	FERROBAN	3,49
Campo Mourão_PR	Maringá_PR	Paranaguá_PR	ALL	615,58
Arapiraca_AL	Missão Velha_CE	Fortaleza_CE	CFN	0,93
Ourinhos_SP	Ourinhos_SP	Paranaguá_PR	ALL	127,93
Passo Fundo_RS	Passo Fundo_RS	Paranaguá_PR	ALL	59,91
Pires do Rio_GO	Pires do Rio_GO	Ribeirão Preto_SP	FCA	282,84
Pires do Rio_GO	Pires do Rio_GO	Santos_SP	FCA	221,41
Aripuanã_MT	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	489,07
Campo Novo do Parecis_MT	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	634,13
Juara_MT	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	14,57
Pontes e Lacerda_MT	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	20,14
Jauru_MT	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	8,70
Porto Velho_RO	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	1,37
Ji-Paraná_RO	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	231,92
Rio Branco_AC	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	0,11
Ribeirão Preto_SP	Ribeirão Preto_SP	Santos_SP	FCA	195,57
Presidente Prudente_SP	Rolândia_PR	Paranaguá_PR	ALL	50,91
São José do Rio Preto_SP	São José do Rio Preto_SP	São Paulo_SP	ALL	42,43
São José do Rio Preto_SP	São José do Rio Preto_SP	Santos_SP	ALL	20,07
Araioses_MA	Sobral_CE	Fortaleza_CE	CFN	2,20
Parnaíba_PI	Sobral_CE	Fortaleza_CE	CFN	0,02
Sorocaba_SP	Sorocaba_SP	Santos_SP	FERROBAN	0,24
Piracicaba_SP	Sumaré_SP	Santos_SP	FERROBAN	2,38
Três Lagoas_MS	Três Lagoas_MS	Santos_SP	NOVOESTE	180,44
Rio Verde_GO	Uberlândia_MG	Vitória_ES	FCA	1277,69
Itumbiara_GO	Uberlândia_MG	Vitória_ES	FCA	320,22
Itumbiara_GO	Uberlândia_MG	Santos_SP	FCA	117,06
Quirinópolis_GO	Uberlândia_MG	Santos_SP	FCA	50,32
Uberlândia_MG	Uberlândia_MG	Santos_SP	FCA	922,29
Uruguaiana_RS	Uruguaiana_RS	Porto Alegre_RS	ALL	106,44
Uruguaiana_RS	Uruguaiana_RS	Rio Grande_RS	ALL	30,97

<sup>1</sup> Refere-se à ferrovia que contém o terminal de embarque inicial  $t_1$ .

Tabela 37 – Fluxos ferroviários de soja indicados pelo modelo proposto (Cenário Senador Canedo)

(continua)

Centróide de origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Ferrovias de embarque <sup>1</sup>	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
Paragominas_PA	Açailândia_MA	São Luís_MA	EFNS	50,95
Redenção_PA	Estreito_MA	São Luís_MA	EFNS	0,77
Conceição do Araguaia_PA	Estreito_MA	São Luís_MA	EFNS	14,87
Araguatins_TO	Imperatriz_MA	São Luís_MA	EFNS	12,80
Araguaína_TO	Estreito_MA	São Luís_MA	EFNS	27,14
Miracema do Tocantins_TO	Palmas_TO	São Luís_MA	EFNS	75,65
Paraíso do Tocantins_TO	Palmas_TO	São Luís_MA	EFNS	56,03
Gurupi_TO	Gurupi_TO	Palmas_TO	EFNS	30,55
Gurupi_TO	Gurupi_TO	São Luís_MA	EFNS	57,15
Palmas_TO	Palmas_TO	São Luís_MA	EFNS	151,23
Estreito_MA	Estreito_MA	São Luís_MA	EFNS	26,94
Balsas_MA	Estreito_MA	São Luís_MA	EFNS	577,65
Aripuanã_MT	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	489,07
Campo Novo do Parecis_MT	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	634,13
Juara_MT	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	14,57
Confresa_MT	Palmas_TO	São Luís_MA	EFNS	154,27
Pontes e Lacerda_MT	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	20,14
Jauru_MT	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	8,70
Rosário Oeste_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	6,38
Cuiabá_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	56,27
Primavera do Leste_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	564,38
Tesouro_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	319,40
Rondonópolis_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	519,55
Alto Araguaia_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	282,25
Alto Araguaia_MT	Alto Taquari_MT	Sumaré_SP	FERRONORTE	14,79
Goiás_GO	Goiânia_GO	Santos_SP	FCA	13,66
Porangatu_GO	Porangatu_GO	São Luís_MA	EFNS	56,27
Ceres_GO	Goiânia_GO	Santos_SP	FCA	17,63
Anápolis_GO	Goiânia_GO	Santos_SP	FCA	18,60
Anicuns_GO	Goiânia_GO	Santos_SP	FCA	6,20
Goiânia_GO	Goiânia_GO	Santos_SP	FCA	15,22
Luziânia_GO	Brasília_DF	Santos_SP	FCA	394,05
Rio Verde_GO	Uberlândia_MG	Vitória_ES	EFVM	97,94
Itumbiara_GO	Uberlândia_MG	Vitória_ES	EFVM	437,28
Pires do Rio_GO	Pires do Rio_GO	Ribeirão Preto_SP	FCA	282,84
Pires do Rio_GO	Pires do Rio_GO	Santos_SP	FCA	221,41
Catalão_GO	Araguari_MG	Ribeirão Preto_SP	FCA	352,16
Catalão_GO	Araguari_MG	Santos_SP	FCA	280,33
Quirinópolis_GO	Uberlândia_MG	Vitória_ES	EFVM	50,32
Porto Velho_RO	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	1,37
Ji-Paraná_RO	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	231,92
Rio Branco_AC	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	0,11
Uberlândia_MG	Uberlândia_MG	Vitória_ES	EFVM	922,29
Curvelo_MG	Corinto_MG	Vitória_ES	EFVM	13,33
Belo Horizonte_MG	Belo Horizonte_MG	Vitória_ES	EFVM	0,82
Divinópolis_MG	Divinópolis_MG	Vitória_ES	EFVM	22,42
São José do Rio Preto_SP	São José do Rio Preto_SP	Santos_SP	FERROBAN	20,07
Araçatuba_SP	Lins_SP	Santos_SP	FERROBAN	40,22
Bauru_SP	Bauru_SP	Sorocaba_SP	FERROBAN	44,41
Bauru_SP	Bauru_SP	Santos_SP	FERROBAN	21,01

Tabela 37 – Fluxos ferroviários de soja indicados pelo modelo proposto (Cenário Senador Canedo)

				(conclusão)
Centróide de origem	Transbordo t1	Transbordo t2	Ferrovias de embarque <sup>1</sup>	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
Piracicaba_SP	Sumaré_SP	Santos_SP	FERROBAN	2,38
Campinas_SP	Jundiaí_SP	Santos_SP	FERROBAN	13,91
Presidente Prudente_SP	Presidente Prudente_SP	Santos_SP	FERROBAN	50,91
Marília_SP	Marília_SP	Santos_SP	FERROBAN	3,49
Ourinhos_SP	Ourinhos_SP	Paranaguá_PR	FERROBAN	127,93
Itapetininga_SP	Itapetininga_SP	Sorocaba_SP	FERROBAN	137,80
Itapetininga_SP	Itapetininga_SP	Santos_SP	FERROBAN	65,19
Sorocaba_SP	Sorocaba_SP	Santos_SP	FERROBAN	0,24
Umuarama_PR	Cianorte_PR	Curitiba_PR	ALL	303,95
Umuarama_PR	Cianorte_PR	Paranaguá_PR	ALL	221,79
Campo Mourão_PR	Maringá_PR	Paranaguá_PR	ALL	615,58
Londrina_PR	Cambé_PR	Paranaguá_PR	ALL	676,51
Cornélio Procópio_PR	Cornélio Procópio_PR	Ourinhos_SP	ALL	16,42
Cornélio Procópio_PR	Cornélio Procópio_PR	Paranaguá_PR	ALL	296,14
Foz do Iguaçu_PR	Cascavel_PR	Paranaguá_PR	ALL	1039,53
Guarapuava_PR	Guarapuava_PR	Paranaguá_PR	ALL	338,47
Curitiba_PR	Curitiba_PR	Paranaguá_PR	ALL	36,75
Joinville_SC	Joinville_SC	São Francisco do Sul_SC	ALL	48,69
Uruguaiana_RS	Uruguaiana_RS	Porto Alegre_RS	ALL	106,44
Uruguaiana_RS	Uruguaiana_RS	Rio Grande_RS	ALL	30,97
Corumbá_MS	Corumbá_MS	Santos_SP	NOVOESTE	17,68
Campo Grande_MS	Campo Grande_MS	Três Lagoas_MS	NOVOESTE	568,72
Campo Grande_MS	Campo Grande_MS	Santos_SP	NOVOESTE	126,65
Três Lagoas_MS	Três Lagoas_MS	Santos_SP	NOVOESTE	180,44
Brasília_DF	Brasília_DF	Ribeirão Preto_SP	FCA	50,20
Brasília_DF	Brasília_DF	São Paulo_SP	FCA	100,76
Brasília_DF	Brasília_DF	Santos_SP	FCA	0,00

<sup>1</sup> Refere-se à ferrovia que contém o terminal de embarque inicial  $t_1$ .

Tabela 38 – Fluxos ferroviários de soja indicados pelo modelo proposto (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados)

(continua)

Centróide de origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Ferrobia de embarque <sup>1</sup>	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
Paragominas_PA	Açailândia_MA	São Luís_MA	EFNS	50,949
Araguatins_TO	Imperatriz_MA	São Luís_MA	EFNS	8,34253
Miracema do Tocantins_TO	Palmas_TO	São Luís_MA	EFNS	6,602972
Paraíso do Tocantins_TO	Palmas_TO	São Luís_MA	EFNS	56,03349
Gurupi_TO	Gurupi_TO	Palmas_TO	EFNS	30,54887
Palmas_TO	Palmas_TO	São Luís_MA	EFNS	151,2349
Estreito_MA	Estreito_MA	Palmas_TO	EFNS	2,704368
Estreito_MA	Estreito_MA	São Luís_MA	EFNS	24,23663
Balsas_MA	Balsas_MA	São Luís_MA	EFNS	577,648
Sorriso_MT	Lucas do Rio Verde_MT	São Luís_MA	EFNS	645,4227
Juara_MT	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	14,57
Pontes e Lacerda_MT	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	20,14
Jauru_MT	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	8,70
Rosário Oeste_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	6,38
Cuiabá_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	56,27
Primavera do Leste_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	564,38
Tesouro_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	319,40
Rondonópolis_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	519,55
Alto Araguaia_MT	Alto Taquari_MT	São Paulo_SP	FERRONORTE	14,79
Alto Araguaia_MT	Alto Taquari_MT	Santos_SP	FERRONORTE	282,25
Goiás_GO	Goiânia_GO	Santos_SP	FCA	13,66
Ceres_GO	Goiânia_GO	Santos_SP	FCA	17,63
Anápolis_GO	Goiânia_GO	Santos_SP	FCA	18,60
Iporá_GO	Goiânia_GO	Santos_SP	FCA	7,55
Anicuns_GO	Goiânia_GO	Santos_SP	FCA	6,20
Goiânia_GO	Goiânia_GO	Santos_SP	FCA	15,22
Luziânia_GO	Brasília_DF	Santos_SP	FCA	394,05
Rio Verde_GO	Uberlândia_MG	Vitória_ES	FCA	97,94
Itumbiara_GO	Uberlândia_MG	Vitória_ES	FCA	437,28
Pires do Rio_GO	Pires do Rio_GO	Ribeirão Preto_SP	FCA	282,84
Pires do Rio_GO	Pires do Rio_GO	Santos_SP	FCA	221,41
Catalão_GO	Araguari_MG	Ribeirão Preto_SP	FCA	352,16
Catalão_GO	Araguari_MG	Santos_SP	FCA	280,33
Quirinópolis_GO	Uberlândia_MG	Vitória_ES	FCA	50,32
Porto Velho_RO	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	1,37
Ji-Paraná_RO	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	231,92
Rio Branco_AC	Porto Velho_RO	Itacoatiara_AM	HIDROVIA	0,11
Uberlândia_MG	Uberlândia_MG	Vitória_ES	FCA	922,29
Curvelo_MG	Corinto_MG	Vitória_ES	EFVM	13,33
Belo Horizonte_MG	Belo Horizonte_MG	Vitória_ES	EFVM	0,82
Divinópolis_MG	Divinópolis_MG	Vitória_ES	EFVM	22,42
São José do Rio Preto_SP	São José do Rio Preto_SP	Santos_SP	FERROBAN	20,07
Ribeirão Preto_SP	Ribeirão Preto_SP	Santos_SP	FERROBAN	195,57
Araçatuba_SP	Lins_SP	Santos_SP	FERROBAN	40,22

Tabela 38 – Fluxos ferroviários de soja indicados pelo modelo proposto (Cenário Senador Canedo com Ramais Planejados)

				(conclusão)
Centróide de origem	Transbordo $t_1$	Transbordo $t_2$	Ferrovias de embarque <sup>1</sup>	Carga captável (10 <sup>3</sup> toneladas)
Bauru_SP	Bauru_SP	Sorocaba_SP	FERROBAN	44,41
Bauru_SP	Bauru_SP	Santos_SP	FERROBAN	21,01
Piracicaba_SP	Sumaré_SP	Santos_SP	FERROBAN	2,38
Campinas_SP	Campinas_SP	Santos_SP	FERROBAN	13,91
Presidente Prudente_SP	Presidente Prudente_SP	Santos_SP	FERROBAN	50,91
Marília_SP	Marília_SP	Santos_SP	FERROBAN	3,49
Ourinhos_SP	Ourinhos_SP	Paranaguá_PR	FERROBAN	127,93
Itapetininga_SP	Itapetininga_SP	Sorocaba_SP	FERROBAN	137,80
Itapetininga_SP	Itapetininga_SP	Santos_SP	FERROBAN	65,19
Sorocaba_SP	Sorocaba_SP	Santos_SP	FERROBAN	0,24
Umuarama_PR	Cianorte_PR	Curitiba_PR	ALL	303,95
Umuarama_PR	Cianorte_PR	Paranaguá_PR	ALL	221,79
Campo Mourão_PR	Maringá_PR	Paranaguá_PR	ALL	615,58
Londrina_PR	Cambé_PR	Paranaguá_PR	ALL	676,51
Cornélio Procópio_PR	Cornélio Procópio_PR	Ourinhos_SP	ALL	16,42
Cornélio Procópio_PR	Cornélio Procópio_PR	Paranaguá_PR	ALL	296,14
Foz do Iguaçu_PR	Cascavel_PR	Paranaguá_PR	ALL	1039,53
Guarapuava_PR	Guarapuava_PR	Paranaguá_PR	ALL	338,47
Curitiba_PR	Curitiba_PR	Paranaguá_PR	ALL	36,75
Joinville_SC	Joinville_SC	São Francisco do Sul_SC	ALL	48,69
Uruguaiana_RS	Uruguaiana_RS	Porto Alegre_RS	ALL	106,44
Uruguaiana_RS	Uruguaiana_RS	Rio Grande_RS	ALL	30,97
Corumbá_MS	Corumbá_MS	Santos_SP	ALL	17,68
Campo Grande_MS	Campo Grande_MS	Três Lagoas_MS	NOVOESTE	568,72
Campo Grande_MS	Campo Grande_MS	Santos_SP	NOVOESTE	126,65
Três Lagoas_MS	Três Lagoas_MS	Santos_SP	NOVOESTE	180,44
Brasília_DF	Brasília_DF	Ribeirão Preto_SP	FCA	13,78
Brasília_DF	Brasília_DF	Campinas_SP	FCA	51,20
Brasília_DF	Brasília_DF	São Paulo_SP	FCA	85,97
Brasília_DF	Brasília_DF	Santos_SP	FCA	0,00

<sup>1</sup> Refere-se à ferrovia que contém o terminal de embarque inicial  $t_1$ .