



# ***CENTRO DE INTEGRAÇÃO LOGÍSTICA***

**ETAPA 5**

**DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA DE LOCALIZAÇÃO DE CILs**

**TOMO I**



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO



Instituto Alberto Luiz Coimbra de  
Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia



Ministério dos  
Transportes

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO E PAÍS SEM POBREZA



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO



***ESTUDOS E PESQUISAS PARA DESENVOLVIMENTO DE  
METODOLOGIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE CENTROS DE  
INTEGRAÇÃO LOGÍSTICA COM VISTAS A SUBSIDIAR POLÍTICAS  
PÚBLICAS VOLTADAS À PROMOÇÃO DA INTERMODALIDADE NO  
TRANSPORTE DE CARGAS***

**Etapa 5**

***Desenvolvimento da Metodologia de Localização de CILs***

***Tomo I***

**(Termo de Cooperação nº 01/2013/SPNT/MT)**



Janeiro de 2016

## QUADRO DE REVISÕES

Nº DA REVISÃO	DATA	VISTO DO COORDENADOR
00	05/2015	
01	06/2015	
02	08/2015	
03	10/2015	
FINAL	01/2016	

**República Federativa do Brasil**

Dilma Rousseff

*Presidência da República*

**Ministério dos Transportes**

Antonio Carlos Rodrigues

*Ministro de Estado dos Transportes*

Edson Giroto

*Secretário-Executivo - Substituto*

**Secretaria de Política Nacional Transportes**

Herbert Drummond

*Secretário de Política Nacional de Transportes*

Francisco Luiz Baptista da Costa

*Diretor do Departamento de Planejamento de Transportes*

Katia Matsumoto Tancon

*Coordenador-Geral de Avaliação*

Eimair Bottega Ebeling

*Coordenador-Geral de Planejamento*

**Equipe Técnica**

Artur Monteiro Leitão Junior

*Analista de Infraestrutura*

Everton Correia do Carmo

*Coordenador de Informação e Pesquisa*

Francielle Avancini Fornaciari

*Analista de Infraestrutura*

Luiz Carlos de Souza Neves Pereira

*Engenheiro, M.Sc.*

Mariana Campos Porto

*Analista de Infraestrutura*

**Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ**

Professor Roberto Leher

*Reitor*

Professor Fernando Luis Bastos Ribeiro

*Decano do Centro de Tecnologia*

Professor Edson Watanabe

*Diretor da COPPE*

Professor Fernando Rochinha

*Diretor de Tecnologia e Inovação*

Professor Rômulo Dante Orrico Filho

*Coordenação Geral*

**Equipe Técnica**

Professor Abilio Pereira de Lucena Filho

Professor Glaydston Mattos Ribeiro

Professor Hostilio Xavier Ratton Neto

Beatriz Berti da Cóstã

Geraldo Regis Mauri

Gerusa Ravache

Giselle Ferreira Borges

José do Egypto Neirão Reymão

Marcus Vinicius Oliveira Camara

Mariam Tchepurnaya Daychoum

Saul Germano Rabello Quadros

Vanessa de Almeida Guimarães

Vinicius Leal do Forte

**Equipe de Apoio**

Maria Lucia de Medeiros

Natália Portella Santos Parra Viegas

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	2
1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	4
1.1 OBJETIVOS.....	4
1.2 ESTRUTURA DO RELATÓRIO.....	4
2 METODOLOGIA DE TRABALHO.....	7
3 METODOLOGIA DE LOCALIZAÇÃO DE CIL.....	10
3.1 RESULTADOS DAS ETAPAS ANTERIORES.....	11
3.1.1 Etapa 2 – Levantamento do Estado da Arte.....	12
3.1.2 Etapa 3 – Visão do Setor Privado - Critérios de Localização e dos Aspectos Ambientais, Jurídicos e Tributários dos CILs.....	22
3.1.3 Etapa 4 – Estudo dos Modelos Operacionais, de Investimentos e Negócios.....	29
3.2 MODELO DE LOCALIZAÇÃO DE CIL.....	47
3.2.1 Composição Matemática do Modelo.....	48
3.2.2 Descrição Sintética do Modelo.....	62
3.3 PARÂMETROS PARA APLICAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO.....	70
3.3.1 Zoneamento da Área de Estudo.....	71
3.3.2 Grupos de Produtos.....	74
3.3.3 Infraestrutura de Transporte.....	78
3.3.4 Custos Logísticos.....	79
3.3.5 Composição dos Cenários Propostos.....	86
3.3.6 Definição de Outros Parâmetros do Modelo.....	93
3.4 ABORDAGEM COMPUTACIONAL.....	98
3.5 RESULTADO DOS CENÁRIOS PROPOSTOS.....	102
3.5.1 Análise Segregada dos Grupos de Produtos.....	102
3.5.2 Todos os Grupos de Produtos – Cenário 6.....	133
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	140
BIBLIOGRAFIA.....	145

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b> – Análise resumida dos modelos matemáticos. ....	64
<b>Figura 3.2</b> – Zoneamento da área de estudo segundo o PNLT 2011.....	72
<b>Figura 3.3</b> – Curvas de frete rodoviário.....	83
<b>Figura 3.4</b> – Curvas de frete ferroviário. ....	83
<b>Figura 3.5</b> – Curvas de frete hidroviário.....	84
<b>Figura 3.6</b> – Curvas de frete para cabotagem.....	84
<b>Figura 3.7</b> – Curvas de frete para o modo dutoviário. ....	85
<b>Figura 3.8</b> – Fluxograma simplificado da metodologia adotada .....	96
<b>Figura 3.9</b> – Procedimento produtos com volume de importação .....	97
<b>Figura 3.10</b> – Microrregiões de CILs habilitados – Granéis Vegetais.....	103
<b>Figura 3.11</b> – Volume de carga total e médio movimentado por Região – Granéis Vegetais. ....	104
<b>Figura 3.12</b> – Volume de carga total e médio movimentado por Estado – Granéis Vegetais. ....	105
<b>Figura 3.13</b> – Quantidade de CILs por Região e Estado do território nacional – Granéis Vegetais.....	106
<b>Figura 3.14</b> – Volume de carga movimentada por produto – Granéis Vegetais.....	106
<b>Figura 3.15</b> – Microrregiões de CILs habilitados – Neogranéis.....	109
<b>Figura 3.16</b> – Volume de carga total e médio movimentado por Região – Neogranéis. ....	110
<b>Figura 3.17</b> – Volume de carga total e médio movimentado por Estado – Neogranéis. ....	110
<b>Figura 3.18</b> – Quantidade de CILs por Região e Estado do território nacional – Neogranéis. ....	111
<b>Figura 3.19</b> – Volume de carga movimentada por produto – Neogranéis.....	112
<b>Figura 3.20</b> – Microrregiões de CILs habilitados – Granéis Líquidos. ....	115
<b>Figura 3.21</b> – Volume de carga total e médio movimentado por Região – Granéis Líquidos. ....	116
<b>Figura 3.22</b> – Volume de carga total e médio movimentado por Estado – Granéis Líquidos.. ....	116
<b>Figura 3.23</b> – Quantidade de CILs por Região e Estado do território nacional – Granéis Líquidos. ....	117
<b>Figura 3.24</b> – Volume de carga movimentada por produto – Granéis Líquidos.....	118
<b>Figura 3.25</b> – Microrregiões de CILs habilitados – Granéis Sólidos – Minério de Ferro. ....	119
<b>Figura 3.26</b> – Volume de carga total e médio movimentado por Estado – Granéis Sólidos – Minério de Ferro.....	120
<b>Figura 3.27</b> – Microrregiões de CILs habilitados – Granéis Sólidos – Bauxita. ....	120
<b>Figura 3.28</b> – Volume de carga total e médio movimentado por Estado – Granéis Sólidos – Bauxita.....	121
<b>Figura 3.29</b> – Microrregiões de CILs habilitados – Granéis Sólidos – Demais Produtos. ....	123
<b>Figura 3.30</b> – Volume de carga total e médio movimentado por Região – Granéis Sólidos – Demais Produtos.....	124
<b>Figura 3.31</b> – Volume de carga total e médio movimentado por Estado – Granéis Sólidos – Demais Produtos.....	124
<b>Figura 3.32</b> – Quantidade de CILs por Região e Estado do território nacional – Granéis Sólidos – Demais Produtos.....	125
<b>Figura 3.33</b> – Volume de carga movimentada por produto – Granéis Sólidos – Demais Produtos.....	126
<b>Figura 3.34</b> – Microrregiões de CILs habilitados – Carga Geral.....	128
<b>Figura 3.35</b> – Volume de carga total e médio movimentado por Região – Carga Geral. ....	129
<b>Figura 3.36</b> – Volume de carga total e médio movimentado por Estado – Carga Geral. ....	130
<b>Figura 3.37</b> – Quantidade de CILs por Região e Estado do território nacional – Carga Geral .....	131
<b>Figura 3.38</b> – Volume de carga movimentada por produto – Carga Geral. ....	131

<b>Figura 3.39</b> – Microrregiões de CILs habilitados – Todos os Grupos.....	134
<b>Figura 3.40</b> – Volume de carga total e médio movimentado por Região – Todos os Grupos.	135
<b>Figura 3.41</b> – Volume de carga total e médio movimentado por Estado – Todos os Grupos.	136
<b>Figura 3.42</b> – Quantidade de CILs por Região e Estado do território nacional – Todos os Grupos. ....	137
<b>Figura 3.43</b> – Volume de carga movimentada por produto – Todos os Grupos .....	138

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 3.1</b> – Classificação de Plataformas pelo Fluxo e Agregação de Valor.....	16
<b>Quadro 3.2</b> – Classificação de CILs segundo sua localização e características operacionais. ....	17
<b>Quadro 3.3</b> – Descrição dos principais modelos de localização.....	20
<b>Quadro 3.4</b> – Modelos de localização associados a estruturas logísticas e suas principais características. ....	21
<b>Quadro 3.5</b> – Parametrização de informações obtidas dos <i>stakeholders</i> .....	23
<b>Quadro 3.6</b> – Critérios identificados para localização de Centros de Integração Logística. ....	24
<b>Quadro 3.7</b> – Critérios de localização indicados na literatura.....	27
<b>Quadro 3.8</b> – Critérios de localização indicados pelos <i>stakeholders</i> .....	28
<b>Quadro 3.9</b> – Critérios de localização indicados para nortear o modelo matemático. ....	28
<b>Quadro 3.10</b> – Síntese das Características das Tipologias.....	32
<b>Quadro 3.11</b> – Matriz de tipos de instalações para cargas. ....	34
<b>Quadro 3.12</b> – Análise resumida dos modelos matemáticos.....	63
<b>Quadro 3.13</b> – Detalhamento das restrições do modelo. ....	65
<b>Quadro 3.14</b> – Microrregiões por estado e região.....	73
<b>Quadro 3.15</b> – Grupos de produtos considerados para elaboração dos cenários.....	75
<b>Quadro 3.16</b> – Custos operacionais associados ao modo ferroviário.....	81
<b>Quadro 3.17</b> – Custos operacionais associados ao modo hidroviário.....	81
<b>Quadro 3.18</b> – Custos operacionais associados à cabotagem.....	81
<b>Quadro 3.19</b> – Composição de produtos do cenário de Granéis Vegetais.....	88
<b>Quadro 3.20</b> – Composição de produtos do cenário de Neogranéis.....	89
<b>Quadro 3.21</b> – Composição de produtos do cenário de Granéis Líquidos.....	90
<b>Quadro 3.22</b> – Composição de produtos do cenário de Granéis Sólidos.....	90
<b>Quadro 3.23</b> – Composição de produtos do cenário de Carga Geral.....	91
<b>Quadro 3.24</b> – Quantidade de variáveis associadas a cada grupo de produtos.....	101
<b>Quadro 3.25</b> – Produtos Importação – Granéis Vegetais.....	107
<b>Quadro 3.26</b> – Produtos Importação – Neogranéis.....	113
<b>Quadro 3.27</b> – Produtos Importação – Granéis Sólidos.....	126
<b>Quadro 3.28</b> – Produtos Importação – Granéis Vegetais.....	132

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AIR – Análise de Impacto Regulatório  
ALL – América Latina Logística  
CIL – Centro de Integração Logística  
CIM – Centro Integrado de Mercadorias  
CLIA – Centros de Logística e Indústrias Alfandegadas  
CONIT – Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte  
CSTL – Centro de Serviços de Transporte e Logística  
EADI – Estação Aduaneira Interior  
GLP – Gás Liquefeito de Petróleo  
LDO – Lei de Diretrizes Orçamentárias  
LOA – Lei Orçamentária Anual  
MLU – Microplataforma Logística Urbana  
PIL – Programa de Investimento em Logística  
PLIM – Programação Linear Inteira Mista  
PLT – Plataforma Logística de Troca de Transporte  
PMI – Procedimento de Manifestação de Interesse  
PNLT – Plano Nacional de Logística e Transportes  
PPA – Plano Plurianual  
PPP – Parceria Público-Privada  
RDC – Regime Diferenciado de Contratação  
SLCP – Suporte Logístico Corporativo de Plataforma  
SNV – Sistema Nacional de Viação  
SPNT/MT – Secretaria de Política Nacional de Transportes  
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
ZAL – Zona de Atividades Logísticas  
ZPE – Zona de Processamento de Exportação

## APRESENTAÇÃO

## APRESENTAÇÃO

Os estudos relacionados ao desenvolvimento dessa Etapa devem responder ao objetivo geral estabelecido no Termo de Referência, “... dotar o Ministério dos Transportes de uma metodologia de apoio à tomada de decisão voltada à identificação de potenciais locais para implementação de CILs ao longo do território nacional”.

Portanto, ao considerar que o Termo de Referência estabelece que na Etapa 5 deve-se “... estudar e estabelecer uma metodologia de apoio à tomada de decisão para implementação de CILs, indicando locais prioritários, com base no desenvolvimento de um modelo matemático, baseado em otimização em sistemas de redes”, os estudos apresentados nesse relatório estão pautados no material pesquisado nas Etapas anteriores, na realidade brasileira, grupos de produtos prioritários e nas expectativas de crescimento definidos no Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT e no Sistema Nacional de Viação – SNV.

Com isso, a metodologia para localização de CILs que consiste, principalmente, na proposição de um (ou mais) modelo(s) matemático(s) baseado(s) em otimização em sistemas de redes, que torne possível a indicação de locais prioritários para desenvolvimento e instalação dessas estruturas por meio de hierarquização de prioridades e necessidades. Assim, utiliza os resultados das etapas anteriores para melhor compreensão técnica dos elementos relacionados a critérios de localização e funcionalidades de CILs.

Dessa forma, este documento consubstancia-se no quinto produto da cooperação entre a Secretaria de Política Nacional de Transportes – SPNT, do Ministério dos Transportes – MT e a Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, contendo, no conjunto de suas ações, a descrição da Metodologia para Localização de CILs.

## 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

## **1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

As exigências estabelecidas na cooperação entre a Secretaria de Política Nacional de Transportes – SPNT, do Ministério dos Transportes – MT e a Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ consiste, como quinto produto, no desenvolvimento da Metodologia de Localização de CILs.

O desenvolvimento dessa etapa deverá: (1) avaliar as metodologias levantadas de localização de CILs de forma a identificar aquela que atende aos objetivos do trabalho. Deve-se considerar a possibilidade de adequação ou a formulação de uma metodologia própria resultante do aprendizado ocorrido ao longo do estudo; (2) propor um modelo matemático para identificação de potenciais locais de instalações de CILs, considerando a utilização de integração das informações estabelecidas no arcabouço metodológico do PNLT; e (3) propor metodologia de apoio à tomada de decisão para implementação de CILs, considerando os resultados dos Produtos 2, 3 e 4, indicando locais prioritários.

### **1.1 OBJETIVOS**

Apresentar uma metodologia para a identificação da localização de CILs que seja aderente à realidade brasileira e que atenda, dessa forma, à Etapa 05 do Plano de Trabalho anexo ao Termo de Cooperação Nº 01/2013/SPNT/MT, firmado entre a Secretaria de Política Nacional de Transportes – SPNT/MT e a Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ.

### **1.2 ESTRUTURA DO RELATÓRIO**

O presente relatório está dividido em quatro capítulos. No primeiro são apresentadas as considerações iniciais do estudo, destacando os objetivos gerais e a estrutura do trabalho. A seguir, no segundo capítulo, é descrita a metodologia de trabalho adotada no estudo. O terceiro capítulo é referente à metodologia proposta para identificação da localização de CILs no território brasileiro. Este capítulo se subdivide em cinco seções. Na Seção 3.1, apresentam-se os resultados das etapas anteriores (Etapas 2, 3 e 4) relevantes para o desenvolvimento da metodologia proposta nesse estudo.

Referente aos resultados da Etapa 2, os principais pontos estão relacionados às classificações gerais das estruturas CILs e os principais modelos de localização e zoneamento logístico territorial levantados no Estado da Arte. Quanto à Etapa 3, que se refere à visão, principalmente, do setor privado relacionada com os critérios e variáveis de decisão que influenciam a definição da localização de uma plataforma logística. Além disso, busca-se mostrar, na visão do setor privado, as necessidades, precariedades e prioridades relacionadas aos serviços de logística e transportes no Brasil. Os resultados da Etapa 4, relevantes ao desenvolvimento desse estudo, estão focados na definição das tipologias e funcionalidades dos CILs e nos principais aspectos jurídicos e tributários associados ao desenvolvimento de CILs.

A Seção 3.2 apresenta diferentes modelos de localização de CILs, o modelo principal desenvolvido, além de suas variações, que incluem demandas par-a-par, modelo com restrições de livre mercado e modelo com características de multiperíodo. Na Seção 3.3 mostram-se as informações relevantes para desenvolvimento do modelo, o que inclui as informações relativas à base de dados utilizada, grupos de produtos, infraestrutura de transportes, custos logísticos e demais parâmetros necessários. Na Seção 3.4 são apresentados os aspectos computacionais relacionados, juntamente com os mecanismos desenvolvidos para pré-processamento e solução dos modelos. As análises dos Cenários propostos são mostradas na Seção 3.5.

Por último, o Capítulo 4 traz as considerações finais do estudo seguidas da bibliografia utilizada no desenvolvimento das atividades acima descritas.

## 2 METODOLOGIA DE TRABALHO

## 2 METODOLOGIA DE TRABALHO

O desenvolvimento dos estudos que caracterizam o “*Desenvolvimento de Metodologia de Localização de Centros de Integração Logística - CILs*” pautou-se na avaliação do Termo de Referência que orientou o estabelecimento do Termo de Cooperação, bem como nas definições estabelecidas em cada *Etapa/Atividade* no Plano de Trabalho.

Para isso, utilizou-se da extensa revisão bibliográfica definida no *Levantamento do Estado da Arte Referente às Estruturas e Sistemas de Integração Logística* (Etapa 2), dos *Crítérios de Localização e dos Aspectos Ambientais, Jurídicos e Tributários dos CILs* (Etapa 3) e do *Estudo dos Modelos Operacionais, de Investimentos e Negócios Associados aos CILs* (Etapa 4).

Referente à Etapa 2, os resultados devem contribuir para a melhor compreensão dos aspectos locacionais e funcionais de estruturas logísticas, por meio de suas classificações tipológicas gerais levantadas e, também, do entendimento dos principais modelos de localização e zoneamento logístico territorial e suas aplicabilidades.

Os resultados da Etapa 3 tornam-se relevantes no processo de desenvolvimento da metodologia de localização de CILs, por meio de sua classificação tipológica aprimorada apresentada, que após ser elaborada com as informações gerais da etapa anterior e seus elementos primários identificados, foi validada com os resultados de pesquisas realizadas com *stakeholders* do setor de transportes.

Além disso, as pesquisas de preferência declarada e revelada realizadas com os *stakeholders* permitem extrair conhecimentos técnico e prático dos participantes, e, com isso, definir critérios chave para localização dessas estruturas.

Tais critérios são importantes no desenvolvimento do modelo matemático que será apresentado nesse estudo, mas, principalmente, referente a atributos de ordem jurídica, tributária e ambiental que são relevantes no processo de indicação de locais prioritários, avaliação e interpretação de resultados.

Complementando, a Etapa 4 deve oferecer elementos técnicos provenientes das características e funcionalidades dos CILs principalmente àqueles que subsidiam a avaliação e interpretação dos resultados da metodologia proposta que podem não compor, necessariamente, o modelo matemático proposto.

Sendo assim, com o entendimento dos elementos citados, torna-se possível o desenvolvimento de uma metodologia de apoio à tomada de decisão relacionada à definição da localização de CILs, que, por meio de modelo matemático de otimização, permita indicar locais prioritários para instalação dessas estruturas logísticas.

### **3 METODOLOGIA DE LOCALIZAÇÃO DE CIL**

### 3 METODOLOGIA DE LOCALIZAÇÃO DE CIL

O objetivo principal da Etapa 5 consiste em pesquisar e traçar uma metodologia que sirva de base à tomada de decisão para implementação de Centros de Integração Logística – CILs, sugerindo locais prioritários, oriundos do desenvolvimento de um modelo matemático, com base em otimização em sistemas de redes. Para tanto, considerou-se nesse processo as expectativas de crescimento da produção e consumo de determinados grupos de produtos e as dinâmicas de transporte esperadas para o horizonte de 2031 conforme definido no Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT.

Destaca-se que modelagens matemáticas que abrangem técnicas de programação linear inteira e de programação não linear, ambas pertencentes à área de estudos de Pesquisa Operacional, foram consideradas como formas de abordagens científicas.

Assim, um dos fundamentos matemáticos referenciais constou de uma revisão e adaptação do modelo proposto por Costa (2014), pois o mesmo apresentava em sua composição elementos e resultados relevantes e aderentes com o objetivo da Etapa 5.

Entretanto, mediante o comportamento dos modelos matemáticos estudados frente às ferramentas de solução existentes, estratégias de solução aproximativas, também decorrentes da área de Pesquisa Operacional, foram estudadas. Como exemplos de tais técnicas, citam-se: as heurísticas e meta-heurísticas. Essas abordagens foram avaliadas neste trabalho no Tomo III – Apêndice II.

Além do grau de dificuldade associado à solução desses tipos de modelos matemáticos (que tendem a crescer de forma exponencial de acordo com o grau de detalhamento do problema que está sendo estudado), o modelo matemático proposto envolve um número grande de variáveis, tais como: a rede viária e suas medidas de impedância; os tipos de CIL e suas características; os diferentes produtos e suas respectivas matrizes de origem e destino (O/D); e os modos de transportes disponíveis.

Isso fez com que o nível de dificuldade de solução integrada crescesse de maneira considerável. Assim, foi necessário estabelecer mecanismos e abordagens computacionais que permitissem lidar com o conjunto de variáveis apontadas na composição do modelo matemático proposto para identificação de localização de CILs.

A tática adotada para amenizar o impacto do problema acima citado, consistiu em analisar a possibilidade de desmembrar a metodologia utilizada por conjuntos de produtos. Por meio disso foi possível aplicar o modelo matemático desenvolvido e alcançar os resultados de localização de CILs, apresentando-se, ainda, a redução do custo global de transporte gerado nos cenários simulados. Todos os parâmetros adotados para resolução do modelo estão descritos na Seção 3.3.

Dessa forma, para atingir os objetivos deste relatório, o Capítulo 3 e suas Subseções apresentam os resultados das Etapas anteriores, enfatizando àqueles que dão sustentação ao desenvolvimento desse estudo, o modelo matemático estabelecido para localização de CILs e os resultados e análises que permitem as indicações de locais prioritários.

### 3.1 RESULTADOS DAS ETAPAS ANTERIORES

Com base na ampla revisão bibliográfica definida na atividade correspondente ao *Levantamento do Estado da Arte Referente às Estruturas e Sistemas de Integração Logística*, nos critérios empregados para localização de CILs e nos aspectos ambientais, jurídicos e tributários obtidos por meio da execução da atividade correspondente à identificação dos *Critérios de Localização e dos Aspectos Ambientais, Jurídicos e Tributários dos CIL's*, bem como nos estudos de modelos operacionais, de investimentos e de negócios associados ao CILs obtidos a partir do *Estudo dos Modelos Operacionais, de Investimentos e Negócios Associados aos CILs*, buscou-se elaborar uma metodologia de localização de CILs de forma a responder ao objetivo geral do estudo, estabelecido no Termo de Referência, “(...) dotar o Ministério dos Transportes de uma metodologia de apoio à tomada de decisão voltada à identificação de potenciais locais para implementação de CILs ao longo do território nacional”.

Para tanto, os resultados das Etapas 2, 3 e 4, foram utilizados como subsídio no desenvolvimento da Etapa 5. A seguir apresentam-se, de forma conclusiva, os aspectos mais relevantes das etapas anteriores e que se relacionam diretamente com o cumprimento dos objetivos estabelecidos para o presente estudo.

### 3.1.1 Etapa 2 – Levantamento do Estado da Arte

Esta subseção tem como objetivo principal extrair do Relatório da Etapa 2 – Levantamento do Estado da Arte Referente às Estruturas e Sistemas de Integração Logística, elementos que subsidiam o desenvolvimento da Etapa 5. Estes se referem, principalmente, às classificações gerais de CILs, ao levantamento das tipologias relacionadas e aplicadas internacionalmente, bem como à apresentação dos principais modelos de localização e zoneamento logístico territorial e suas características principais.

Sendo assim, apresentam-se, na sequência, os principais resultados da Etapa 2 referentes aos elementos mencionados acima, que influenciam e auxiliam no desenvolvimento da metodologia proposta nesse estudo.

#### 3.1.1.1 Classificações Gerais dos CILs

A conceituação e classificação de CILs são amplamente discutidas e apresentadas na literatura internacional. Na Etapa 2, o estudo relacionado à definição de CILs teve foco nas Plataformas Logísticas.

Para Duarte (2004), as Plataformas Logísticas são locais formados por junção de empreendimentos e infraestruturas de transporte e armazenagem que têm como objetivo comum maior competitividade e viabilidade das atividades logísticas.

Já a Associação Europeia de Plataformas Logísticas (EUROPLATFORMS, 2004) define plataformas logísticas como zonas delimitadas que são destinadas a transportes, à logística e distribuição de mercadorias, nacionais ou importadas, e que podem ser consolidadas e desconsolidadas por intermédio de diferentes operadores logísticos. Os operadores logísticos mencionados podem ser proprietários ou arrendatários de prédios, equipamentos e instalações diversas que pertencem às plataformas logísticas (DUARTE, 2003).

No entanto, a classificação dessas estruturas pode ser complexa, visto que, na literatura, apresentam-se caracterizações relacionadas ao funcionamento das estruturas, critérios de localização, integração com diferentes modos de transportes, características operacionais e outras.

Boudouin (1996), referente às características de funcionamento, define que plataformas logísticas podem ser compostas por três subzonas, que possuem funções especiais. São elas:

1. **Subzona de Serviços Gerais:** que é referente às áreas que englobam recepção, informação, acomodação e alimentação, bancos, agências de viagens, área para estacionamento, abastecimentos e manutenção (reparos), serviços alfandegários, administração e comunicação;
2. **Subzona de Transportes:** àquelas que agrupam as infraestruturas de grandes eixos de transportes; e
3. **Subzona destinada aos Operadores Logísticos:** são as áreas que dão as condições adequadas para prestação de serviços de fretamento, corretagem, assessoria comercial e aduaneira, armazenagem, transporte, distribuição e aluguel de equipamentos e serviços.

Já quando o critério é a localização, um conjunto de plataformas logísticas que estão localizados em regiões próximas, que possuem centros de cargas, porto e aeroporto internacional, e que desempenham função de centralizar cargas (*hubs*), é classificado como “placas logísticas” (DUARTE, 1999).

Europlatforms (2004), Dias (2005) e Bacovis (2007) definem que quanto aos modos de transportes, as plataformas logísticas podem ser **unimodais** ou **intramodais** (aquelas que têm integração entre apenas um modo) ou **inter/plurimodal** (nessas, não é necessária a integração entre diferentes modos – intermodalidade – mas é necessário que haja mais de um modo – rodoviário, ferroviário, aeroviário, aquaviário e dutoviário).

Para Costa (2014), as plataformas unimodais/intramodais são conhecidas como Centros ou Terminais Rodoviários, Centros de Distribuição Urbana, Parques de Distribuição ou Centros de Transportes. Enquanto as plataformas inter/multimodais podem ser classificadas como:

1. **Zonas de Atividades Logísticas Portuárias – ZAL:** são as estruturas agregadas a portos e localizadas nas proximidades de terminais marítimos de contêineres. As estruturas ZAL permitem o aumento do alcance portuário, ou seja, aumento da área de influência e atratividade do porto;

2. **Centros ou Terminais de Cargas Aéreas:** são plataformas especializadas na integração entre os modos aéreo e terrestre e direcionadas ao tratamento de cargas. Assim, a prestação de serviços logísticos ocorre de forma sequencial, onde primeiro é realizado o tratamento da carga geral, para, em seguida, tratar as atividades de prestação de serviços adicionais ao despacho da carga; e
3. **Portos Secos (*Dry Ports*):** são um tipo de terminal multimodal, localizados no interior do país, e que devem permitir ligação entre um porto/aeroporto e sua respectiva origem/destino. Nessas estruturas, são realizados os desembarços de cargas, o que agiliza as operações no terminal de cargas.

As plataformas logísticas, do ponto de vista das atividades desenvolvidas, podem ser classificadas em seis tipologias de acordo com Antún *et al.* (2009). Essas classificações são apresentadas a seguir:

1. **Zona de Atividades Logísticas – ZAL:** caracterizada por estar em um centro de transporte com infraestrutura intermodal, com características de *Gateway* (nó onde estão reunidas cargas provenientes de diversos locais para um destino comum) e *Hub* (ponto de partida e chegada de carga para distribuição em uma área específica);
2. **Centro Integrado de Mercadorias – CIM:** tem como objetivo principal transferir o transporte rodoviário de cargas do centro das cidades para suas regiões periféricas, o que facilita o acesso às rodovias;
3. **Centro de Serviços de Transporte e Logística – CSTL:** são orientados para proporcionar melhorias na competitividade logística de um setor industrial específico;
4. **Plataforma Logística de Troca de Transporte – PLT:** deve realizar o fracionamento de cargas maiores, que possuem o mesmo destino (mercado local), em cargas menores (compatíveis com o transporte local urbano);

5. **Suporte Logístico Corporativo de Plataforma – SLCP:** são as estruturas que possuem instalações para distribuição de grandes empresas ou centros de distribuição comercial; e
6. **Microplataforma Logística Urbana – MLU:** deve permitir a distribuição de cargas em uma zona urbana com acesso restrito (restrição de horários ou de tamanho dos veículos permitidos).

Uma nova classificação está relacionada ao grau de integração com os *stakeholders* dos CILs. Colin (1996) apresenta a seguinte classificação:

1. **Centro Logístico:** local com delimitação física e restrito à atuação de uma única empresa;
2. **Zona Logística:** local também delimitado, porém inclui diversos participantes (empresas) que compartilham uma infraestrutura organizada de apoio comum;
3. **Plataforma Logística:** é uma zona logística com finalidade específica e que deve ser governada/gerenciada por uma entidade pública ou privada, mas que seja única; e
4. **Polo Logístico:** não possui delimitação física precisa, são, muitas vezes, extensos territorialmente, e apresentam uma concentração de atividades logísticas.

De acordo com a função e tamanho da instalação, Booz Allen Hamilton (2004) define que as plataformas logísticas podem ser:

1. **Centros de Serviços:** são centros intramodais, geralmente rodoviários, que possuem serviços de apoio a empresas transportadoras, motoristas e veículos, e que possuem demanda mínima de 3 milhões de toneladas por ano;
2. **Centro Logístico:** são centros de distribuição e armazenagem, unimodais ou intermodais, que possuem, ou não, serviços de agregação de valor e com demanda superior a 10 milhões de toneladas por ano;

3. **Centro Logístico Integrado:** são centros logísticos que envolvem integração de dois ou mais modos de transporte com demanda superior a 10 milhões de toneladas por ano; e
4. **Plataforma Logística:** são centros logísticos integrados com infraestrutura tecnológica que dê suporte à integração de informações logísticas e de prestação de serviços de agregação de valor, e que, além disso, possuem demanda superior a 30 milhões de toneladas por ano ou com participação significativa de produtos com alto valor agregado.

Poschet *et al.* (2000) classificaram as plataformas logísticas quanto ao fluxo e a agregação de valor em: Plataformas de Trânsito – prevalecem as operações de triagem e trânsito, com baixo índice de estocagem; Plataforma de Armazenagem – operações de armazenagem, dependentes das características das cargas; e Plataforma de Agregação de Valor ao Produto – incluem serviços de agregação como rotulagem, montagem, embalagem e outros. A classificação detalhada de Poschet *et al.* (2000) é apresentada no Quadro 3.1.

**Quadro 3.1** – Classificação de Plataformas pelo Fluxo e Agregação de Valor.

Tipo	Trânsito	Armazenagem	Agregação de valor ao Produto
Área	Cerca de 1000 a 3000 m <sup>2</sup> , e menos para encomendas e pacotes	Muito variável e dependendo das características dos produtos - de 2000 m <sup>2</sup> a cerca de 30.000 m <sup>2</sup>	Cerca de 10.000 m <sup>2</sup> a 30.000 m <sup>2</sup>
Tráfego	Tráfego elevado por m <sup>2</sup> ; de 30 a 100 t/ m <sup>2</sup> /ano	Menos tráfego por m <sup>2</sup> : de 3 a 10 t/ m <sup>2</sup> /ano	Menos tráfego por m <sup>2</sup> : de 3 a 10 t/ m <sup>2</sup> /ano
Localização	Em locais estratégicos, nas aglomerações urbanas e perto delas	Em áreas de baixo preço, fora das aglomerações urbanas	Em áreas de baixo preço, fora das aglomerações urbanas
Emprego	Poucos empregos em geral, mas uma boa concentração de atividades de depósito (cerca de 100 m <sup>2</sup> / empregado)	Poucos empregos: de 500 m <sup>2</sup> a mais de 1.500 m <sup>2</sup> por empregado	Cerca de 300 m <sup>2</sup> a 600 m <sup>2</sup> por empregado
Tipos de empresas na plataforma	Basicamente transportadoras rodoviárias e de carga fracionada - também agentes de despacho	Transportadores rodoviários, agentes de despacho, portos livres, indústrias, armazéns, silos etc.	3PLs ( <i>Third-party logistic providers</i> , ou seja, os operadores logísticos), indústrias etc.

Fonte: Adaptado de Costa (2014) e Poschet *et al.* (2000)

Além dessas, uma proposta de classificação foi apresentada para Plataformas Terrestres pela SEPLAG/RS (Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2005), que parte da proposta de Booz Allen Hamilton (2004) e das proposições de Poschet *et al.* (2000). Esta classificação está apresentada no Quadro 3.2.

**Quadro 3.2** – Classificação de CILs segundo sua localização e características operacionais.

Tipo	Descrição/Funções	Critérios de Classificação
Centro de Serviços (I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Centro intramodal (normalmente rodoviário) com serviços de apoio a transportadoras, motoristas e veículos;</li> <li>• Capacidade de agregar <i>players</i> no mercado de transportes, por exemplo, “central de frete”;</li> <li>• CENTRO COM ÁREAS DE SERVIÇOS DE TRANSPORTE ESPECIALIZADOS (POR EXEMPLO, ATENDIMENTO A CARGAS PERIGOSAS).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localização próxima de rodovia de grande circulação;</li> <li>• Prevalectem as operações de triagem e trânsito;</li> <li>• Em alguns casos, pode incluir operações intermodais forçadas;</li> <li>• Nível de informatização baixo (nível 0 ou 1).</li> </ul>
Centro Logístico (II)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Centro com funções adicionais às de transporte, normalmente incluindo armazenagem e distribuição;</li> <li>• Serviços de agregação de valor a produtos específicos;</li> <li>• Distribuição de carga urbana.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localização próxima de rodovia de grande circulação;</li> <li>• Proximidade a centros urbanos;</li> <li>• Existência de circulação de produtos com possibilidade de agregação de valor;</li> <li>• Nível de informatização baixo (nível 0 ou 1).</li> </ul>
Centro Logístico Integrado (III)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intramodal: voltados à consolidação da carga e integração de serviços dentro de um mesmo modo (plataforma de integração rodoviária, Portos Secos ou EADIs, etc.);</li> <li>• Intermodal: envolvendo rodovia com ferrovia, com transporte hidroviário, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localização próxima à rodovia de grande circulação;</li> <li>• Proximidade a centros urbanos;</li> <li>• Em alguns casos, pode incluir operações intermodais forçadas;</li> <li>• Existência de circulação de produtos com possibilidade de agregação de valor;</li> <li>• Existência de ligações viárias por mais de um modo de transporte.</li> </ul>
Plataforma Logística (IV)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Centro logístico multimodal, incluindo preferencialmente um porto ou aeroporto, possuindo potencial para agregação de valor para produtos específicos, e provendo serviços aduaneiros, além das funções dos outros tipos de centros logísticos;</li> <li>• Centro com possibilidades de prover uma infraestrutura tecnológica para integração de informações logísticas e mercadológicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localização próxima de rodovia de grande circulação;</li> <li>• Proximidade a centros urbanos;</li> <li>• Existência de circulação de produtos com possibilidade de agregação de valor;</li> <li>• Existência de ligações viárias por mais de um modo de transporte;</li> <li>• Governança única voltada a um objetivo pró-ativo mercadológico comum.</li> </ul>

Nota: Os itens III e IV têm graus de informatização mais altos (variando de 3 a 4, de acordo com o tipo).

Fonte: Adaptado de SEPLAG/RS (2005) e Costa (2014).

Higgins e Ferguson (2011) propuseram, ainda, as seguintes nomenclaturas:

1. ***Freight Village (Plataformas Logísticas)***: Local ou área destinado ao agrupamento de indústrias e operações intermodais, com infraestrutura e serviços dedicados à facilitação de fluxo de mercadorias. As principais características destas estruturas são atribuídas por elas possuírem conexões intermodais de alta qualidade para transporte rápido e flexível. Além disso, algumas dessas estruturas apresentam funções de consolidação e distribuição, de forma a prover o aumento de eficiência nas movimentações urbanas de mercadorias;
2. ***Intermodal Terminal (Centros/Terminais Logísticos Integrados)***: Neste caso, as estruturas dos terminais intermodais facilitam o transbordo e consolidação das mercadorias, principalmente no comércio regional e continental. Tais terminais são preparados para suportar grandes volumes de mercadorias, com infraestrutura intermodal. Exceto os serviços de apoio às atividades comerciais dos *Freight Village*, esses terminais oferecem alguns serviços e funcionalidades logísticas, as quais são incorporadas no intuito de agregar valor ao produto;
3. ***Inland Port (Porto Seco)***: Trata-se de um porto seco, o qual pode ser considerado como a extensão territorial de um porto convencional. Sua infraestrutura necessita de uma conexão com o *mainport*, a qual pode acontecer por meio de um transporte ferroviário de alta capacidade ou embarcações para transporte marítimo de curta distância. As atividades desse tipo de terminal compreendem desde a consolidação de fluxos de mercadorias para terminais principais até a desconsolidação de mercadorias recebidas para distribuição local. Além disso, essas estruturas ainda podem manter serviços que resultem na agregação de valor, ou então, ofertar composições que envolvem os demais modos de transporte; e
4. ***Distribution Centre (Centro de Distribuição)***: A infraestrutura dos Centros de Distribuição é formada por determinada quantidade de armazéns, que tem como objetivo a rápida circulação de mercadorias. Diferentemente dos armazéns comuns, as atividades são voltadas para o fluxo de produtos e não armazenamento destes. Por esse motivo, tais centros podem ser utilizados para consolidar e desconsolidar mercadorias

urbanas, diminuindo a quantidade ou a capacidade dos caminhões responsáveis pela entrega das mercadorias, o que contribui para o aumento da eficiência na movimentação de produtos nos centros urbanos.

Com isso, as classificações gerais e elementos primários identificados no Levantamento do Estado da Arte forneceram subsídios técnicos para proposição de uma classificação tipológica aprimorada e validada por meio da participação dos *stakeholders* nas pesquisas de preferência revelada e declarada.

Além disso, os resultados preliminares da Etapa 2 são diretrizes para os estudos relacionados aos modelos operacionais, de gestão e negócios da Etapa 4, e que, referente aos objetivos estabelecidos para a Etapa 5, são referências para estabelecer atribuições operacionais aos CILs com localização identificada, o que, efetivamente, será concluído na Etapa 7.

### *3.1.1.2 Modelos de Localização e Zoneamento Logístico Territorial*

A Etapa 5, que está pautada no desenvolvimento de uma metodologia para localização de CILs no território brasileiro, envolve a apresentação de um (ou mais) modelo(s) matemático(s) de localização. Portanto, devido à diversidade de tipologias de CILs apresentada na Subseção 3.1.1.1, ressalta-se a importância de se estabelecer um modelo de localização que fosse capaz de lidar com as variáveis relacionadas com a demanda por transporte de cargas de forma a se obter resultados adequados a cada situação de produção e de consumo nas diversas regiões brasileiras.

Dessa forma, os resultados da Etapa 2, no que se referem aos modelos matemáticos de localização encontrados na literatura, em especial aqueles que estão relacionados à localização de estruturas e zoneamento territorial logístico, permitiram identificar as abordagens mais adequadas para este trabalho.

Os resultados do Levantamento do Estado da Arte mostram que diversos tipos de modelos de localização com abordagens metodológicas distintas poderiam ser aplicados para localização de CILs, conforme o Quadro 3.3. O Quadro 3.4 apresenta um resumo com os principais modelos encontrados, referentes à localização de estruturas logísticas, e suas principais características associadas.

Quadro 3.3 – Descrição dos principais modelos de localização.

Problema	Descrição
Cobertura de Conjuntos	Baseia-se na distância ou tempo de viagem máximos aceitáveis, buscando a minimização do número de facilidades necessárias para garantir certo nível de cobertura de clientes. Assume um conjunto finito de localizações. É muito utilizado na localização de serviços públicos, tais como centros de saúde, agências de correio, bibliotecas ou escolas.
Máxima Cobertura	Considerando o caso de um orçamento fixo, os recursos disponíveis são utilizados para atender o máximo possível de clientes cobertos pelo serviço, dentro de uma distância aceitável, localizando um número fixo de instalações. Assume um conjunto finito de localizações.
Modelo de Centros	É um problema MINMAX cujo objetivo é minimizar a máxima distância entre os pontos de demanda e a facilidade mais próxima. Deseja-se cobrir toda a demanda procurando localizar certo número de facilidades, desde que minimize a distância coberta. Quando a localização da facilidade está restrita ao nó da rede, tem-se o problema de centro de vértice. Caso se permita a localização em qualquer lugar da rede, o problema é de centro absoluto. São modelos principalmente aplicados a serviços de emergência, tais como estação de bombeiros e de ambulâncias.
Anti-Centro	O objetivo é maximizar a distância mínima entre pontos de oferta e de demanda. Esta abordagem é muito utilizada ao se localizar aterros sanitários e locais de incineração.
Modelo de Medianas	Localizar $p$ instalações nos vértices de uma rede e alocar a demanda a estas instalações, de tal forma a minimizar as distâncias percorridas. Se as instalações são não-capacitadas e $p$ é fixo, tem-se então o problema das $p$ -medianas, onde cada vértice é designado para sua instalação mais próxima. Se $p$ é uma variável de decisão e as instalações são capacitadas ou não capacitadas, isto define o Problema de Localização de Instalações Capacitadas ou Não-Capacitadas, respectivamente. Estes modelos são relevantes para o projeto de serviços logísticos e distribuição de cargas.
Máxima Captura	É o problema das $p$ -medianas modificado, onde o objetivo é maximizar o número de novos clientes capturados, levando em consideração a presença de concorrentes.
Localização de Facilidades a Custo Fixo	Problemas que possuem um custo fixo (aquisição, construção) associado à localização de cada área potencial. É uma variante dos problemas das $p$ -medianas.
Anti-Mediana	O objetivo é maximizar a distância média entre pontos de oferta e de demanda.
Modelo de Localização-Alocação	Localizam-se as instalações por um dos métodos já citados e alocam-se fluxos entre as facilidades e as demandas, simultaneamente.

**Quadro 3.4** – Modelos de localização associados a estruturas logísticas e suas principais características.

Modelo	Principais Características
<i>p-hub median problem</i>	Tem como objetivo minimizar o custo total de transporte, levando em conta variáveis como tempo e distância, necessário para atender um conjunto de fluxos de mercadorias. Leva em conta os nós de demanda, os fluxos entre os pares de origem e destino e o número de hubs a serem localizados ( $p$ ). Os estudos sobre este modelo normalmente se subdividem em: <i>single allocation</i> e <i>multiple allocation</i> .
<i>p-hub median problem (Single allocation)</i>	Tem como objetivo minimizar o custo total de transporte, além disso, o modelo considera que toda a movimentação de mercadorias de um determinado centro de demanda é feita por um único <i>hub</i> .
<i>p-hub median problem (multiple allocation)</i>	Tem como objetivo minimizar o custo total de transporte e considera que cada centro de demanda recebe e envia fluxos de mercadoria por meio de mais de um hub, ou seja, pode ser alocado a mais de um hub.
<i>hub location problem com custos fixos</i>	Este modelo incorpora os custos fixos no processo de decisão de localização de hubs. Além de incorporar os custos fixos aos modelos de alocações simples e múltiplas, é possível inseri-los também nos problemas de alocação de hubs capacitados e não capacitados.
<i>p-hub center problem</i>	Segundo Campbell (1994) há três tipos diferentes de $p$ -hub centers: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) o custo máximo para qualquer par de origem-destino é minimizado. É adequado para sistemas que envolvem cargas perecíveis ou sensíveis ao fator tempo (o custo é dado em função do tempo);</li> <li>2) o custo máximo para a movimentação em um link simples (origem-hub; hub-hub; hub-destino) é minimizado. É adequado quando os produtos requerem algum tipo de processamento ou manuseio especial como aquecimento ou refrigeração, por exemplo; e</li> <li>3) o custo máximo de movimentação entre um <i>hub</i> e a origem/destino é minimizado. Semelhantes ao exemplo 2, sendo que os links hub-hub podem ter alguns atributos especiais.</li> </ol>
<i>Hub covering problems</i>	Os nós de demanda são considerados cobertos se eles estiverem dentro de uma distância específica da instalação que pode atender a sua demanda. Como no problema do $p$ -hub center, Campbell (1994) define três critérios de cobertura para hubs. O par de origem-destino será coberto pelo hub se: <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) o custo de conexão da origem para o destino pelo(s) hub(s) não exceder um valor especificado;</li> <li>(2) o custo de cada link no caminho entre a origem e o destino pelo(s) hub(s) não exceder um valor especificado; e</li> <li>(3) cada link origem-hub e hub-destino tenha valores separados específicos.</li> </ol> <p>O problema do <i>hub set-covering</i> é alocar hubs que atendam toda a demanda fazendo com que o custo de abertura de um novo hub seja minimizado. O problema do <i>maximal hub-covering</i>, por outro lado, é que se maximize a demanda coberta com um dado número de hubs a se localizar.</p>

Cabe ressaltar que o estudo realizado indicou que os modelos com abordagens pelo método de mediana (*p*-Medianas) são os mais relevantes nas aplicações para fins de distribuição de cargas. Esses modelos, de maneira geral, consistem em localizar *p* facilidades (instalações) para minimizar os custos totais (CRAINIC e LAPORTE, 1997; COSTA, 2014) de atendimento dos pontos de demanda.

Na Etapa 5, esses modelos identificados foram estudados de maneira que o modelo matemático proposto seja aderente à realidade econômica e operacional nacional, possibilitando o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à tomada de decisão das atividades de planejamento estratégico do setor de transportes.

### **3.1.2 Etapa 3 – Visão do Setor Privado - Critérios de Localização e dos Aspectos Ambientais, Jurídicos e Tributários dos CILs**

No que se refere ao desenvolvimento da Etapa 3 - *Critérios de Localização e dos Aspectos Ambientais, Jurídicos e Tributários dos CILs*, alguns aspectos ganham destaque do ponto de vista de fundamentação, suporte e levantamento de elementos básicos que contribuem para atingir os objetivos propostos para a Etapa 5.

Assim, destacam-se na sequência alguns desses resultados e suas relevâncias para esta etapa do trabalho.

#### *3.1.2.1 Prioridades de Serviços – Logística e Transportes*

No que se refere à Etapa 3, foram realizadas pesquisas de preferências declarada e revelada junto aos *stakeholders*, e nesse processo, por meio de um conjunto de informações coletadas, tornou-se possível extrair conhecimentos técnico e prático dos participantes, capazes, então, de subsidiar decisões referentes a diversos elementos da oferta, demanda e custos de operação e investimentos em infraestrutura de logística e transportes, além de outros aspectos de ordem jurídica, tributária e ambiental, que, em parte, também são analisados como relevantes nas atribuições a serem incorporadas às indicações de locais prioritários para instalação de CILs.

O Quadro 3.5 apresenta uma parametrização (agrupamento de informações por classificação) de informações secundárias (geradas a partir do agrupamento primário

das informações originais dos formulários das pesquisas) que resulta em seis classes de prioridades relacionadas a serviços de transportes e logística.

**Quadro 3.5** – Parametrização de informações obtidas dos *stakeholders*.

Informações Secundárias	Parametrização/Classificação das Informações
Investimentos em Infraestrutura	Infraestrutura e Operação Viária
Segurança Viária	
Estratégia (Planejamento, Gestão)	Planejamento e Gestão
Despreparo para Realizar PPP's	
Insuficiência de Informação Logística	
Insuficiência Sistêmica	
Regulação	Aspectos Regulatórios e Jurídicos dos Transportes
Insegurança Jurídica	
Mão de Obra Capacitada	Capacitação de Mão de Obra Especializada
Treinamento (Capacitação de agentes públicos e privados)	
Burocracia	Tributação
Tributário	
Custos Operacionais	Custos de Operação

A organização paramétrica do Quadro 3.5 foi extremamente útil para se construir uma validação de variáveis associadas e que vieram, *a posteriori*, contribuir na elaboração do modelo de localização e nas condições de contorno definidas para sua aplicação. Além disso, parte dessas variáveis será fundamental para atribuições de características dos locais a serem indicados como prioritários para instalação de CILs e, também, para o processo de hierarquização das prioridades de investimentos.

Contudo, destacam-se, na sequência, como os estudos dessa Etapa contribuíram para a definição dos critérios de localização do modelo proposto.

### 3.1.2.2 Critérios de Localização

No Quadro 3.6, apresentam-se, de forma resumida, os principais critérios identificados como relevantes no contexto da decisão sobre a localização de CILs.

**Quadro 3.6** – Critérios identificados para localização de Centros de Integração Logística.

<b>Critério</b>	<b>Descrição</b>
<b>Aspectos Geográficos</b>	Os aspectos geográficos se relacionam com proximidade e existência de outras estruturas logísticas, semelhantes ou não, mas que, de alguma forma, influenciam na operação e atividades do Centro Logístico proposto. Devem ser também consideradas as localizações de outras estruturas que sejam diretas e/ou indiretamente, relacionadas com o seu funcionamento, como organizações ofertantes de serviços básicos e gerais como energia elétrica, saneamento, depósito e coleta de resíduos, entre outros.
<b>Custos</b>	A implantação e operação de centros de integração logística são fortemente influenciadas por seus custos associados. Empreendimentos como estes exigem altos investimentos e, dessa forma, todo o processo, desde a escolha do terreno até a execução do projeto, deve ser pensada no processo de localização. O Relatório da Etapa 2 mostrou que os projetos previstos para instalação no território brasileiro ocupam grandes áreas, geralmente afastadas de centros urbanos, onde custos de aquisição são inferiores. Além disso, custos de construção das instalações, adequações necessárias na infraestrutura existente disponível ou em novas infraestruturas devem ser considerados.
<b>Produtos/Cargas Movimentados</b>	Outro fator relevante para a determinação do número de estruturas de integração e localização está relacionado com os produtos que serão movimentados nesses centros. Isso influencia não somente no processo de localização (proximidades com centros produtores), mas também em toda infraestrutura planejada para o empreendimento. Por esse motivo, é importante o entendimento dos produtos, suas características e especificidades, comportamento da oferta e demanda, e também o posicionamento geográfico dos pares origem e destino destes. Para isso, utilizam-se ferramentas de suporte ao planejamento de transportes, como o modelo de 04 etapas, determinação de previsões de geração e distribuição de viagens, uso dos modos de transportes e alocação dos fluxos na rede.
<b>Mercados de Produção e Consumidores</b>	Este critério está relacionado a cada mercado produtor e consumidor, no que diz respeito aos produtos. É importante o local destes pontos para melhor posicionamento dos CILs.
<b>Disponibilidade de Infraestrutura de Transportes</b>	Os centros de integração logística, em sua grande maioria, possuem como característica a integração entre diferentes modos de transportes como forma de potencializar o uso eficiente das atividades logísticas. Dessa forma, o desenvolvimento do Estado da Arte (Relatório da Etapa 2) mostra que os projetos para desenvolvimento de estruturas logísticas buscam proximidade com infraestruturas disponíveis já existentes, como importantes rodovias, linhas férreas, portos e aeroportos. Além disso, outra maneira de considerar a disponibilidade dessas infraestruturas no processo de localização desses centros logísticos é por meio dos planos estaduais e federais apresentados na Seção 3.2 do Relatório da Etapa 2, por meio dos indicativos de melhorias na rede viária e implantação de novas infraestruturas.

Tendo como ponto de partida as indicações metodológicas estabelecidas no Relatório 2, buscou-se identificar e determinar os denominados **Critérios Chave de Localização**. Tais critérios estão correlacionados com elementos territoriais, sustentados principalmente por uma oferta de infraestrutura para fins tanto de operação de atividades logísticas, quanto para transportes.

Outra observação relevante relacionada ao processo de localização baseado em critérios e modelos de zoneamento logístico está relacionada aos objetivos: minimizar

custos e maximizar atendimento. Seguindo essa prerrogativa, os resultados obtidos com as pesquisas, declarada e revelada, foram interpretados e conduzidos para construção de uma relação entre o critério, seu objetivo e algum parâmetro, dependente das variáveis chamadas independentes.

Portanto, a partir desses resultados, tornou-se possível determinar um número considerável de elementos, devidamente parametrizados, e a classificação de critérios e apropriação de variáveis que poderiam estar associados aos processos matemáticos (modelos) de localização de CILs. Desses Critérios Chave de Localização, destacam-se:

1. Que a utilização do modelo de localização considere:
  - Grupos de cargas definidos pelas matrizes de produção e consumo do PNLT;
  - Zoneamento de transportes (produção/consumo) adotado pelo PNLT;
  - Demarcações de áreas protegidas (Unidades de Conservação Ambiental, Comunidades Quilombolas e Terras Indígenas);
  - Rede multimodal do PNLT (SNV – vias existentes, em construção e planejadas);
  - Sistemas de estruturas logísticas (EADI's, armazéns, terminais, áreas de consolidação/desconsolidação de cargas etc.); e
  - Estruturas de acessos/transferências de cargas (PNLT).
2. Que o modelo de localização proponha a promoção da:
  - Redução global dos custos de transportes para a produção entre origem e destino;
  - Redução dos custos logísticos nos CILs (fatores de descontos);
  - Possibilidade de redução de encargos/tributos no funcionamento dos CILs;
  - Redução dos custos globais de investimentos nos CILs;
  - Redução das distâncias dos CILs às áreas concentradoras de produção/consumo;
  - Redução da distância dos CILs às áreas classificadas no PNLT como “economicamente deprimidas” (visando incentivo à economia local pela sua implantação e funcionamento);

- Ampliação do número de pontos de integração modal (intermodalidade);
  - Ampliação do fator volume/massa de carga por quilômetro transportado (por modo de transporte);
  - Ampliação das distâncias dos CILs às áreas protegidas;
  - Ampliação do controle de cargas em áreas urbanas de alta densidade populacional (metrópoles); e
  - Ampliação dos sistemas de armazéns, terminais e áreas de consolidação/desconsolidação de cargas (incluindo unitização/desunitização).
3. Que os resultados do modelo indiquem:
- Localizações de CILs em pontos intermodais previstos/planejados para expansão do SNV;
  - Que a cada localização sejam relacionados os volumes transportados versus as capacidades estáticas dos CILs, como elemento chave para indicação da tipologia/classe de CIL a ser instalada; e
  - Análises de sensibilidade que determinem o ponto ótimo entre os investimentos requeridos e os benefícios auferidos com as reduções de custos e os volumes/massas de mercadorias beneficiadas.

Com isso, os critérios de localização de CILs identificados e listados no Quadro 3.6, juntamente com os resultados obtidos com as pesquisas realizadas com os *stakeholders*, foram reorganizados nos Quadros 3.7, 3.8 e 3.9, que apresentam os critérios selecionados para nortear, direcionar e subsidiar o desenvolvimento e aplicação do modelo matemático de localização previsto para a Etapa atual do projeto.

**Quadro 3.7** – Critérios de localização indicados na literatura.

<b>Critérios</b>	<b>Descrição</b>
<b>Aspectos Geográficos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proximidade com o mercado;</li> <li>• Intenção/planejamento pré-existente de instalação;</li> <li>• Estar localizado ou já fazer negócio no estado;</li> <li>• Proximidade aos centros de distribuição;</li> <li>• Disponibilidade de instalações de tratamento e depósito de lixo;</li> <li>• Atratividade local; e</li> <li>• Proximidade de instalações portuárias.</li> </ul>
<b>Rede Multimodal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parâmetros como distâncias, fretes e tarifas, e os pontos da rede que possibilitam a troca de modo de transporte, além dos projetos previstos pelos planos federais e estaduais de logística e transporte.</li> </ul>
<b>Custos de Implantação de CIL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo do terreno;</li> <li>• Custos das facilidades (instalações físicas);</li> <li>• Custo de construção;</li> <li>• Custos anuais de conformidade com as regulamentações ambientais; e</li> <li>• Impostos em geral.</li> </ul>
<b>Custos de Operação de CIL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Associados aos produtos atendidos, aos serviços ofertados e ao volume total movimentado: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Custos de transferência (embarque/desembarque) por tipo de produto;</li> <li>– Custo de armazenagem por tipo de produto;</li> <li>– Custo de desembarço de carga;</li> <li>– Custo de operação interna; e</li> <li>– Custo de transporte (caso haja necessidade).</li> </ul> </li> </ul>
<b>Custos de Transporte por Produto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Associados aos produtos movimentados e modos utilizados: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Custos de transporte por produto e por modo, considerando os fluxos de entrada no CIL, ou seja, associados aos fluxos que chegam ao CIL;</li> <li>– Custos de transporte por produto e por modo, considerando os fluxos de saída do CIL, ou seja, associados aos fluxos que deixam o CIL; e</li> <li>– Custos de transporte por produto e por modo, considerando o fluxo direto, ou seja, associados ao transporte direto entre zonas de produção e consumo, sem passar por um CIL.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Matrizes de Produção e Consumo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicam as necessidades e ofertas dos produtos, segundo as zonas consideradas;</li> <li>• Possibilitam que os CILs sejam posicionados de maneira a reduzir os custos de transporte entre as zonas de produção e consumo; e</li> <li>• Devido às dimensões do país e também às condições climáticas, verifica-se que, dependendo do produto, algumas regiões são mais aptas do que outras e isso deve ser levado em consideração.</li> </ul>
<b>Aspectos Temporais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importantes principalmente quando seus efeitos são rebatidos na oferta e na demanda por transportes. Por exemplo, as matrizes de produção e consumo possuem aspectos diferentes se projetadas para anos futuros, situação esta utilizada no PNLT. Por outro lado, a oferta de transporte está em constante evolução devido aos diversos planos federais e estaduais já mencionados; e</li> <li>• Outro parâmetro temporal importante está associado ao tempo de construção de um CIL, que é totalmente dependente da sua tipologia. Devido ao dinamismo dos transportes, um CIL projetado para entrar em operação em um determinado ano altera os padrões de deslocamento e, conseqüentemente, os fluxos de transporte. Entretanto, caso um CIL não entre em operação a partir do momento indicado, as necessidades por transporte não deixam de existir e, com isso, os fluxos projetados são alterados em conseqüência do transporte dos produtos.</li> </ul>
<b>Outros Aspectos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidade de mão de obra, de água, de instalações de tratamento e depósito de lixo, regulamentações ambientais, existência de centros de capacitação, e existência de instalações municipais para despejo e manuseio de resíduo sólido (quando gerado).</li> </ul>

**Quadro 3.8** – Critérios de localização indicados pelos *stakeholders*.

<b>Critérios</b>	<b>Descrição</b>
<b>Territoriais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Associados a locais geográficos, de produção ou concentração de consumo, que envolvem sempre um ou mais grupos de produtos (demanda);</li> <li>• Componentes dos sistemas viários e seus elementos logísticos (oferta);</li> <li>• Impedâncias aos sistemas de transportes devido a características especiais, tais como: Unidades de Conservação Ambiental, Terras Indígenas, infraestruturas concorrentes com o transporte no uso do solo ou dos recursos naturais disponíveis (hidroelétricas, barragens de abastecimento etc.), áreas urbanas e outras; e</li> <li>• Aspectos socioeconômicos de cada região/localidade.</li> </ul>
<b>Sistemas de Transporte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidade de conexão modal para o transporte de cargas (acesso e transferência);</li> <li>• Disponibilidade de instalações e infraestruturas (armazéns, terminais especializados, áreas para estocagem, estacionamento e apoio/manutenção de veículos e equipamentos etc.);</li> <li>• Oferta de facilidades/serviços de logística e transportes (serviços de consolidação/desconsolidação de cargas, unitização/desunitização de contêineres, processos aduaneiros etc.); e</li> <li>• Capacidades instaladas e de operação.</li> </ul>
<b>Custos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valores de fretes e tarifas de serviços logísticos e de transportes;</li> <li>• Custos diretos para operação e respectivos encargos; e</li> <li>• Custos tributários incidentes no negócio associado aos serviços de logística e transportes.</li> </ul>

**Quadro 3.9** – Critérios de localização indicados para nortear o modelo matemático.

<b>Critérios</b>	<b>Descrição</b>
<b>Considera:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupos de cargas definidos pelas matrizes de produção e consumo do PNLT;</li> <li>• Zoneamento de transportes (produção/consumo) adotado pelo PNLT;</li> <li>• Demarcações de áreas protegidas (Unidades de Conservação Ambiental, Comunidades Quilombolas e Terras Indígenas);</li> <li>• Rede multimodal do PNLT (SNV – vias existentes, em construção e planejadas);</li> <li>• Sistemas de estruturas logísticas (EADI's, armazéns, terminais, áreas de consolidação/desconsolidação de cargas, etc.); e</li> <li>• Estruturas de acessos/transferências de cargas (PNLT).</li> </ul>
<b>Objetiva:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução global dos custos de transportes para a produção entre origem e destino;</li> <li>• Redução dos custos logísticos nos CILs (fatores de descontos);</li> <li>• Possibilidade de redução de encargos/tributos no funcionamento dos CILs;</li> <li>• Redução dos custos globais de investimentos nos CILs;</li> <li>• Redução das distâncias dos CILs às áreas concentradoras de produção/consumo;</li> <li>• Redução da distância dos CILs às áreas classificadas no PNLT como “economicamente deprimidas” (visando incentivo à economia local pela sua implantação e funcionamento);</li> <li>• Ampliação do número de pontos de integração modal (intermodalidade);</li> <li>• Ampliação do fator volume/massa de carga por quilômetro transportado (por modo de transporte);</li> <li>• Ampliação das distâncias dos CILs às áreas protegidas;</li> <li>• Ampliação do controle de cargas em áreas urbanas de alta densidade populacional (metrópoles); e</li> <li>• Ampliação dos sistemas de armazéns, terminais e áreas de consolidação/desconsolidação de cargas (incluindo unitização/desunitização).</li> </ul>

Critérios	Descrição
Indica:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Localizações de CILs em pontos intermodais previstos/planejados para expansão do SNV;</li><li>• Que a cada localização sejam relacionados os volumes transportados versus as capacidades estáticas dos CILs, como elemento chave para indicação da tipologia/classe de CIL a ser instalada; e</li><li>• Análises de sensibilidade que determinem o ponto ótimo entre os investimentos requeridos e os benefícios auferidos com as reduções de custos e os volumes/massas de mercadorias beneficiadas.</li></ul>

### 3.1.3 Etapa 4 – Estudo dos Modelos Operacionais, de Investimentos e Negócios

Nessa subseção são apresentados os principais resultados da Etapa 4 – *Estudo dos Modelos Operacionais, de Investimentos e Negócios Associados aos CILs* – referentes, principalmente às classificações tipológicas e funcionalidades de CILs e os principais aspectos jurídicos e tributários que dão suporte ao desenvolvimento da metodologia proposta nesse estudo.

#### 3.1.3.1 Tipologias e Funcionalidades dos CILs

Relacionado ao desenvolvimento da Etapa 4 – *Estudos de Modelos Operacionais, de Investimentos e Negócios Associados aos CILs*, principalmente no que se refere às características e funcionalidades dos CILs, são fundamentais para o desenvolvimento da Etapa 5 os diversos elementos conceituais e também aqueles relacionados ao Estado da Prática dos diferentes tipos de estruturas de integração logística, denominadas Tipologias, além das suas Funcionalidades.

No decorrer do desenvolvimento das Etapas anteriores deste projeto, as estruturas de integração logísticas, também chamadas de Centros de Integração Logísticos - CILs mostram-se como alternativa relevante para o crescimento de diversos setores, devido à redução generalizada do custo de logística e transportes. Além disso, ganhos de eficiência e de escala são proporcionados pelo melhor balanceamento da matriz de transportes, ou seja, uso mais eficiente dos modos de transportes.

Alguns tipos de CILs, como a Plataforma Logística Intermodal Industrial (*Freight Village*) abrem espaço para formação de setores industriais anexos aos espaços e infraestruturas de integração modal, bem como para concentração de diversos serviços

de transportes e logística que, agregados em um mesmo sistema, são promotores de diversas facilidades, destacando-se aquelas relacionadas às reduções de custos.

Os conceitos de Tipologias foram apresentados inicialmente na Etapa 2 - *Levantamento do Estado da Arte Referente às Estruturas e Sistemas de Integração Logística* e melhor compreendidos com o desenvolvimento das Etapas 3 e 4 - *Critérios de Localização e dos Aspectos Ambientais, Jurídicos e Tributários dos CILs e Estudos de Modelos Operacionais, de Investimentos e Negócios*.

O processo de concepção de uma classificação tipológica iniciou-se com levantamento bibliográfico (Etapa 2), e, a partir de então, diferentes nomenclaturas e classificações foram reorganizadas, chegando-se à proposição de sete tipologias básicas, visando, com isso, padronizar um conjunto de classificações de estruturas logísticas que possuíam, muitas vezes, diferentes nomes, mas que se assemelham nas características relacionadas à utilização dos modos de transportes, abrangência de serviços, funcionalidades, facilidades, dimensões, produtos envolvidos e outros aspectos. A classificação proposta considerou:

Tipo I. Terminal Intramodal;

Tipo II. Centros de Distribuição Urbana (*Distribution Centre*);

Tipo III. Portos Secos (*Inland Port*);

Tipo IV. Zonas de Atividade Logística Portuária;

Tipo V. Terminais de Carga Aérea;

Tipo VI. Plataforma Logística de Integração; e

Tipo VII. Plataforma Logística Intermodal Industrial (*Freight Village*).

Para cada uma das tipologias básicas classificadas buscou-se também determinar o comportamento (especificidades) das estruturas, conforme Quadro 3.10. Portanto, foram definidas, para cada tipologia, as características relacionadas ao(s) modo(s) de transporte(s) associado(s), aos serviços ofertados, entre outros aspectos.

O Quadro 3.10 indica que apenas as Tipologias Terminal Intramodal (Tipo I) e Centros de Distribuição Urbana (Tipo II) são predominantemente unimodais. Para o Tipo II, existe a possibilidade de integração entre diferentes modos, enquanto que para os demais tipos, a intermodalidade é exigida.

O modo de transporte rodoviário está predominantemente presente em todas as tipologias, diferente dos demais modos considerados nessa análise, o ferroviário, aquaviário e aeroviário, que se alternam entre os tipos. Em certas classificações, o modo pode ser “Predominante” (nesse caso considera-se que existe grande possibilidade de encontrar o modo indicado para o tipo de estrutura respectiva), ou simplesmente “Possível” (considera-se que pode ou não ser utilizado tal modo na estrutura).

Algumas características gerais foram analisadas, tais como – Proximidade da estrutura com Rodovias de Grande Circulação, Áreas Urbanas, Armazéns de Rápida Circulação, Armazenagem de Carga Geral, Contêiner e Granéis, e ainda, Relação Direta dos Produtos envolvidos com atividades de Importação/Exportação.

Para a primeira, os Tipos I, II e Plataforma Logística Intermodal Industrial (Tipo VII) estão diretamente relacionados à proximidade com rodovias de grande circulação. O Tipo Portos Secos (III) pode ou não estar próximo, e o Tipo de Plataforma Logística de Integração (Tipo VI) localiza-se predominantemente no entorno dessas rodovias. Para os demais tipos não foi possível identificar elementos suficientes para determinar tais características.

Quando a proximidade se relacionar com Áreas Urbanas, destacam-se as estruturas do Tipo VI e VII, que, preferencialmente, devem se manter afastadas dessas áreas. Isso pode ser relacionado, dentre outros fatores, com o volume de movimentação de carga associado. Além disso, os Tipos I e II estão possivelmente próximos a essas áreas.

Relacionado aos tipos de estruturas, ou espaços destinados à armazenagem, o Tipo VII, que são estruturas mais complexas, possuem normalmente infraestrutura para armazenamento de produtos/cargas de diferentes tipos (de rápida estada, armazenagem de contêineres, carga geral e granéis).

Já quando o foco está nos serviços envolvidos, as estruturas podem manter serviços de apoio (postos de combustíveis, oficinas, autopeças e outros), infraestrutura com serviços de tratamento de carga, serviços de agregação de valor, consolidação/desconsolidação de mercadorias urbanas e cargas gerais, facilitações aduaneiras (desembarço) e, também, atividades industriais.

Quadro 3.10 – Síntese das características das tipologias.

		Tipo I: Terminal Intramodal	Tipo II: Centros de Distribuição Urbana	Tipo III: Portos Secos	Tipo IV: Zona de Atividade Logística Portuária	Tipo V: Terminais de Carga Aérea	Tipo VI: Plataforma Logística de Integração	Tipo VII: Plataforma Logística Intermodal Industrial	
<b>Unimodal Rodoviário</b>		Predominante	Predominante	-	-	-	-	-	
<b>Intermodal</b>	<b>Rodoviário</b>	-	Predominante	Predominante	Predominante	Predominante	Predominante	Predominante	
	<b>Ferroviário</b>	-	Predominante	Possível	Possível	Possível	Predominante	Predominante	
	<b>Aeroviário</b>	-	Possível	Possível	Possível	Predominante	Possível	Predominante	
	<b>Aquaviário</b>	-	Possível	Predominante	Predominante	-	Possível	Predominante	
<b>Características Gerais</b>	<b>Proximidade Rodovias Grande Circulação</b>	Sim	Sim	Possível			Predominante	Sim	
	<b>Proximidade Áreas Urbanas</b>	Possível	Sim	Possível			Não	Não	
	<b>Armazéns de Rápida Circulação</b>	Sim	Sim	Sim			Sim	Sim	
	<b>Armazenagem</b>	<b>Geral</b>			Sim		Sim	Sim	Sim
		<b>Terminais de Contêiner</b>			Possível	Predominante	Possível	Possível	Sim
		<b>Terminais de Graneis</b>			Possível			Possível	Sim
<b>Relação Direta com Produtos de Importação/Exportação</b>			Sim	Possível	Possível	Possível	Sim		
<b>Serviços</b>	<b>Serviços de Apoio</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	
	<b>Tratamento de Carga</b>					Sim	Sim	Sim	
	<b>Serviços de Agregação de Valor</b>		Sim		Sim		Possível	Sim	
	<b>Consolidação/Desconsolidação de Mercadorias Urbanas</b>		Predominante	Sim			Possível	Possível	
	<b>Consolidação/Desconsolidação de Cargas Gerais</b>		Possível	Sim			Sim	Sim	
	<b>Facilidades Aduaneiras (Desembaraço)</b>			Sim	Possível	Possível		Possível	
	<b>Atividades Industriais</b>				Sim			Possível	

Como já mencionado, a compreensão do funcionamento das estruturas pertencentes ao conjunto de classificações mostradas anteriormente é um dos pontos mais importantes dos resultados da Etapa 4. Para tanto, além das características e funcionalidades expostas resumidamente no Quadro 3.10, adotou-se como estratégia a exploração e investigação de casos internacionais.

A escolha pelas melhores práticas internacionais, ao invés de estudos no Brasil, se dá, principalmente, por dois motivos: a diversidade funcional de certas estruturas operantes no exterior em relação àquelas que operam no Brasil; e a comprovada diferença de desempenho existente entre sistemas logísticos mundiais, quando comparados àqueles existentes no Brasil.

Por isso, adotou-se uma visão preliminar de complexidade das estruturas a partir do que foi mostrado no Quadro 3.10. Como conclusão, indica-se que as estruturas apresentadas, Tipo I, Tipo II, (...), Tipo VII, foram organizadas de forma crescente, quando analisadas do ponto de vista da complexidade. Sendo assim, apresentam-se os conceitos, definições e análises para cada uma das tipologias, da “mais complexa” - Tipo VII (*Freight Village*) – até a “menos complexa” - Tipo I (Terminal Intramodal).

A seguir são descritos de maneira resumida e conclusiva os principais resultados obtidos a partir das análises das estruturas de forma individual. Cabe destacar que os resultados completos estão presentes no Relatório da Etapa 4, Seção 3.3.

#### 3.1.3.1.1 *Plataforma Logística Intermodal Industrial (Freight Village)*

O termo *Freight Village* é também empregado para designar Centro de Transporte, Centro de Logística, Parque Logístico e Plataforma Logística e é frequentemente utilizado para promoção da intermodalidade por meio do ordenamento do território, o que possibilita redução de custos dos serviços com a maior sinergia entre os inquilinos instalados em sua área.

Como apresentado no Relatório 4, de acordo com o estudo de Boile *et al.* (2008), a tipologia definida como Plataforma Logística Intermodal Industrial (*Freight Village*) possui algumas características consideradas primordiais (características chaves ou funções chaves). Dentre elas, destacam-se: o transporte multimodal/intermodal; presença de atividade industrial; e atividades comerciais de apoio. Além disso, algumas nomenclaturas representam uma série de outras instalações com características

essenciais semelhantes, mas não necessariamente idênticas. O Quadro 3.11 apresenta uma matriz com as classificações e a congruência de características.

**Quadro 3.11** – Matriz de tipos de instalações para cargas.

Classificações	Acesso multimodal	Instalações de transferência de carga dedicadas	Desenvolvimento industrial	Serviços de apoio ao trabalhador (chuveiros, bancos, etc.)	Atividades comerciais (restaurantes, lojas, espaço de escritório, etc.)	Ativamente gerenciados
<i>Freight Villages</i> Comunidade Integrada	x	x	x	(x)	X	x
<i>Freight Villages</i> Centros de Logística	x	x	x	x		x
<i>Freight Terminals</i> (Terminal Intermodais)	x	x				(x)
<i>Intermodal Industrial Parks</i>	x	x	x			(x)
<i>Multimodal Industrial Parks</i>	x		x		(x)	(x)
<i>Industrial Parks</i>			x		(x)	(x)
<i>Urban Distribution Centers</i>		x				(x)

Nota: x – exigência; (x) – atributo que uma instalação pode ou não ter, mas que não altera o tipo de instalação entre a variedade de tipos.

Fonte: Adaptado de Carreño, *et al.* (2008).

Como principais aspectos relacionados às estruturas do tipo Plataforma Logística Intermodal Industrial (*Freight Village*), considerando ainda o estudo de duas estruturas reais (Interporto Bologna – Itália e Raritan Center - EUA), destacam-se:

- As estruturas surgem como forma de incentivo político para promoção de empregos e intermodalidade, redução de congestionamentos urbanos, reorganização do setor de transporte de mercadorias, compartilhamento e agrupamento;
- Estruturas que ocupam grandes glebas de terra, incluindo ainda áreas próximas como alternativa para futuras expansões;
- Grande diversidade de estruturas – inclui armazéns de grande porte para diferentes tipos de cargas, armazéns públicos, distrito aduaneiro, terminais ferroviários, estruturas de carga/descarga, área destinada à gestão do empreendimento, escritórios para inquilinos (empresas), complexo industrial, e outros;

- Grande diversidade de serviços oferecidos – serviços aduaneiros, serviços de tratamento e armazenagem de produtos, serviços de logística ferroviária, estações de reabastecimento de veículos, serviços de reparos e manutenção, sistemas de segurança, serviços de correios, serviços de tecnologia da informação e outros;
- Destinação vocacional para atendimento à produção industrial, com suas necessidades logísticas e de transportes, por meio da aglutinação de empresas prestadoras de serviços;
- Associação das estruturas *Freight Village* à hinterlândia de um ou mais portos;
- Grandes volumes de cargas movimentadas; e
- Presença de diferentes tipos de cargas quanto a sua natureza – Cargas Gerais, Cargas Unitizadas (paletes e contêineres), Produtos Acabados e Semiacabados, Granéis Sólidos e Líquidos, e outros.

#### 3.1.3.1.2 *Plataforma Logística de Integração (Intermodal Terminals)*

De certa forma, todas as estruturas e características descritas para centros logísticos do tipo *Freight Village* passam, inevitavelmente, por estruturas logísticas denominadas de Terminais Intermodais (*Intermodal Terminal*), ou também classificadas como Plataformas Logísticas de Integração.

Terminais intermodais podem envolver diferentes formas de integração entre os modos: aquaviário-ferroviário; aquaviário-rodoviário; rodoviário-ferroviário; rodoviário-aeroaviário; ferroviário-aeroaviário; e outros. Além disso, esses Terminais Intermodais podem ser compostos por um ou mais tipos de integração.

Da mesma forma que para a tipologia anterior, alguns pontos são relevantes quando se trata de um estudo sobre funcionalidades e operação de Plataformas Logísticas de Integração. Alguns desses pontos são descritos na sequência:

- Estão diretamente relacionados com a integração entre diferentes modos de transportes;

- Centros de integração intermodal têm a finalidade de aumentar a eficiência do serviço de logística e transporte e, por isso, os custos e capacidades (estática e dinâmica) do sistema devem ser considerados;
- Existência de grande diversidade nos atores envolvidos nessas estruturas – empresas de operação dos modos de transporte existentes na estrutura, operadores de terminais, operadores intermodais, embarcadores / transportadores, expedidor / despachantes aduaneiros, e outros; e
- Fatores que influenciam e direcionam o crescimento intermodal: ganhos de produtividade; economias de escala e redução de interfaces; serviços intermodais dedicados; manutenção dos níveis de serviços; garantias da prestação dos serviços; parcerias entre prestadores de serviços logísticos; melhorias no desempenho (taxa de até 92% de pontualidade); inovações tecnológicas; investimentos e ampliação das redes ferroviárias e intermodais; eliminação de barreiras comerciais (Europa); reestruturação da oferta do serviço intermodal; e outros.

#### 3.1.3.1.3 *Terminais de Carga Aérea*

Também considerado como um Terminal Intermodal “especial”, um Terminal de Carga Aérea pode ser alfandegado quando habilitado ao transporte internacional. Suas condições de existência e funcionamento dependem das condições do sistema viário adjacente (infraestrutura rodoviária, ferroviária e portuária) e do fluxo de mercadorias deste sistema.

Esses terminais podem representar um sistema ainda mais amplo, sendo, nesse caso, caracterizado como Centro Logístico Intermodal. Nessas condições, o terminal deve funcionar interligado a outras estruturas e terminais logísticos: rodo-ferro-porto.

Terminais de Carga Aérea possuem infraestrutura com características especiais para garantir movimentação e armazenamento de cargas com total agilidade e segurança. É comum encontrar câmaras frigoríficas, instalações para carga viva, áreas especiais para cargas valiosas, material radioativo e outros artigos perigosos.

Além disso, equipamentos modernos especiais como: Aparelhos de Raios-X; Balanças com altas capacidades; Docas com plataformas niveladoras; Empilhadeiras;

*Loaders*; Máquinas envelopadoras; Medidores de radiação; *Racks* para cargas (fixos e móveis); Transelevadores e transportadores automatizados; Transpaleteiras elétricas e manuais; Tratores rebocadores; e Varredouras são comuns nessas estruturas.

Dentre os vários serviços prestados destacam-se:

- Importação;
- Exportação;
- Carga Nacional;
- Internação;
- Facilidades e Outros Serviços;
- Intermodalidade;
- Armazenagem Especial; e
- Sistema de Carga Aérea Online.

Do ponto de vista dos critérios relevantes para localização territorial de CILs, em especial, de Terminais de Carga Aérea, o estudo da Etapa 4 mostrou que a maioria das cargas cujas matrizes de produção e consumo estão estabelecidas no PNLT não possui aderência para operação em Terminais de Carga Aérea, com exceção da matriz de Carga Geral.

Contudo, isso não torna a avaliação desse tipo de CIL menos relevante; pelo contrário, é um dos principais atributos a serem considerados nas áreas indicadas como prioritárias para localização de CILs, pois podem potencializar o seu próprio funcionamento ou de outras estruturas de integração.

#### 3.1.3.1.4 *Zona de Atividade Logística Portuária - ZAL*

Uma Zona de Atividades Logísticas – ZAL consiste em uma região próxima da área portuária onde operações de intercâmbio de meios de transporte, atividades logísticas, comerciais e de gestão são realizadas. Essas zonas são pontos de conexão de redes de transportes e convergência de serviços logísticos. Tais serviços envolvem gestão da informação, armazenamento, preparação de pedidos, embalagem, etiquetagem e outros como operações não físicas, de gestão e organização do sistema de transporte.

Essas estruturas, na condição de um CIL, por definição neste projeto, têm como objetivos e funções relevantes servir de solução para congestionamento e gerenciamento de cargas de complexos portuários. Além disso, essas estruturas, presentes em várias partes do mundo, atuam em amplos espaços físicos que compartilham de infraestrutura portuária completa, assim como, aglomerados de serviços, compostos por empresas especializadas em: atividades logísticas (movimentação, armazenagem e transporte); e de agregação de valor (identificação, inspeção, classificação, controle de qualidade, embalagem, logística reversa, serviços de gestão e outros). Destaca-se que tem por característica principal ser dedicada a um porto específico.

De forma similar às tipologias anteriormente apresentadas, serviços complementares e de apoio também são comumente encontrados em Zonas de Atividades Logísticas Portuárias. Pode-se citar: locação e venda de equipamentos; manutenção; serviços de despacho; segurança; tecnologia da informação; contabilidade; agenciadores de fretes; postos de combustíveis; restaurantes; estacionamentos; e outros.

#### 3.1.3.1.5 *Portos Secos (Inland Port)*

No Brasil, existem regimes aduaneiros que são aplicados em áreas especiais, sendo estas: as Estações Aduaneiras de Interior - EADI's ou Porto Seco (*Dry Port ou Inland Port*); os Centros de Logística e Indústrias Alfandegadas – CLIA's; e as Zonas de Processamento de Exportação – ZPE's. De maneira geral, segundo Higgins e Ferguson (2011), todas estas podem ser consideradas como *Inland Port*, com algumas especificidades.

As estruturas denominadas Portos Secos estão localizadas, geralmente, no interior e caracterizam-se por um terminal intermodal terrestre que está diretamente conectado a um porto por meio de rodovias, ferrovias ou via aérea e que possui um depósito alfandegado, em área externa ao porto organizado. Portos Secos possuem características específicas voltadas para a importação e exportação.

Na importação, as cargas recebidas podem estar ainda, consolidadas e serem nacionalizadas ou mantidas em suas instalações em regime de suspensão de impostos. Enquanto que, na exportação, essas estruturas podem ser utilizadas para

manter cargas que, mesmo depositadas nas instalações, podem ser consideradas como carga já embarcada, cessando, então, as responsabilidades do exportador.

Referente aos demais recintos aduaneiros citados (CLIA's e ZPE's), estes têm funcionalidades que se assemelham às dos Portos Secos. Os CLIA's se diferenciam, principalmente, pela possibilidade da existência de indústrias alfandegadas, ou seja, aquelas que se instalam em uma área delimitada por um Recinto Alfandegado e autorizada sob-regime de Entrepasto Aduaneiro.

Já as ZPE's, caracterizam-se como áreas de livre comércio com o exterior, utilizadas para fomentar vendas para o mercado externo, e que gozam de isenções tributárias, inclusive de matérias-primas importadas, como forma de potencializar vantagens comerciais para os produtos ali produzidos para exportação.

#### 3.1.3.1.6 *Centros de Distribuição Urbana (Distribution Centre)*

Centros de Distribuição de Cargas Urbana normalmente tem suas funções associadas a determinados serviços prestados por estruturas tipológicas do tipo *Freight Village*, sejam elas relacionadas diretamente ao transporte rodoviário de cargas ou àquelas que utilizam intermodalidade. Nessas estruturas, as cargas são reorganizadas, eventualmente armazenadas, e, finalmente, redistribuídas eficientemente para seu destino final. Isso significa dizer que o processo de redistribuição busca, ao máximo, o baixo impacto, ou seja, o mínimo de impacto na capacidade das vias, redução das entregas em horários de pico, entre outros; além disso, buscam também os menores custos.

Como aspectos relevantes relativos às funcionalidades das estruturas do tipo Centros de Distribuição Urbana (*Distribution Centre*), o Relatório da Etapa 4 indica ainda que a formação dessas estruturas pode ocorrer de forma parcial, inseridas em outras estruturas logísticas: nesse caso, podem ser associadas às estruturas tipológicas como Plataforma Logística Intermodal Industrial (*Freight Village*), Plataforma Logística de Integração (*Intermodal Terminal*), Terminal de Carga Aérea, entre outros. Contudo, o mais provável é a associação junto a serviços especiais e dedicados, nesse caso, a Terminais Intramodais rodoviários.

### 3.1.3.1.7 Terminal Intramodal (Unimodal)

As estruturas do tipo Terminal Intramodal podem ser mais bem caracterizadas como Terminal Unimodal, ou seja, aquelas que atendem a fluxos transportados por um único modo, independentemente do modo utilizado, e que permitem, ainda, a existência, ou não, de transferência entre veículos do mesmo modo.

Assim, essas estruturas podem ser vistas como uma unidade primária de qualquer outro CIL. De maneira isolada, atendendo uma empresa para fins de cadeia logística no transporte de carga própria ou como prestadora de serviços para empresas transportadoras, essas estruturas podem se estabelecer de forma independente ou estar inseridas em condomínios de empresas semelhantes ou até em áreas logísticas como as de estruturas tipológicas mais complexas de CIL, como, por exemplo, em Centros de Distribuição de Cargas Urbana que utilizam apenas o modo rodoviário.

Em redes de terminais rodoviários de cargas, o modo de administração de fluxo de mercadorias é feito com base no formato *hub-and-spoke*, onde os terminais de trânsito são utilizados como *hubs* que centralizam as cargas derivadas das coletas de mercadorias, feitas por terminais locais ou satélites (*spokes*).

Esses terminais direcionam suas cargas para essas instalações para que sejam enviadas para outros *hubs* em regiões distantes de entrega, que fazem a sua posterior distribuição para os terminais regionais satélites (*spokes*).

Desta forma, a carga é consolidada em veículos de grande porte, que se movimentam por grandes distâncias, alcançando economias de transportes em escala. No interior dos terminais, têm-se operações logísticas específicas (Padilha e Darocho, 2006):

- *Cross-docking* – A carga coletada chega por meio de veículos de alta capacidade, sendo separada por rota e consolidada em carros menores que realizam a sua distribuição;
- *Break-bulk* – A carga coletada de vários clientes chega ao terminal sendo então fracionada e consolidada em carros de grande capacidade que fazem a transferência entre terminais distantes; e
- *Milk-run* de coletas – Possibilitado pelos terminais, fazendo com que veículos façam coletas programadas em diversos clientes, retornando para o terminal ao final da operação, onde a carga será manuseada.

Quanto à taxonomia dos terminais, foram utilizadas as informações estruturadas por Bustamante (2011) a seguir:

- Quanto à localização:
  - **difusa**: espalhada aleatoriamente pela área de influência direta;
  - **concentrada**: situada em parcela restrita da área de influência direta;
  - **periférica**: localizada no contorno da área de influência direta;
  - **marginal**: situada nas margens de via troncal de acesso à área de influência direta;
  - **adjacente**: nas cercanias de via troncal de acesso à área de influência direta; e
  - **irregular**: distintos segmentos do conjunto de terminais de uma área se enquadram em diferentes classificações de localização.
- Quanto à tipologia das cargas. É o mais usual no meio transportista para qualificar o terminal, enquadrando-os em uma das seguintes categorias:
  - **gerais**: que manuseiam qualquer tipo de carga, ou seja, carga geral, granéis sólidos, líquidos e gasosos, cargas frigorificadas e cargas unitizadas;
  - **tipológicos**: que operam com um tipo particular de carga, como, por exemplo, granéis sólidos minerais, ou petróleo e seus derivados etc.; e
  - **específicos**: que manipulam determinado produto, como os terminais para gás liquefeito de petróleo – GLP;
- Quanto ao objetivo funcional:
  - **concentradores de produção**: situam-se em regiões produtoras ou geradoras de carga, concentrando-as para carregamento e, assim, facilitam seu transporte de longa distância a partir de um único ponto de embarque, servindo ainda de “pulmões” para os fluxos;
  - **beneficiadores**: além de concentrar cargas, em particular as agrícolas, beneficiam os produtos antes do embarque, melhorando sua qualidade, a fim de alcançarem as especificações exigidas pelo mercado;
  - **reguladores/estocadores**: armazenam quantidades significativas de um ou mais produtos, particularmente os sazonais, de forma a atenuar

- os picos de transporte e homogeneizar a distribuição ao longo de período maior de tempo;
- **distribuidores**: concentram produto(s) vindo(s) para distribuição ao consumo de determinada área, de forma a facilitar a distribuição para comercialização.

Portanto, a evolução das classificações tipológicas, bem como as funcionalidades das estruturas identificadas e apresentadas nas Subseções 3.1.3.1.1 a 3.1.3.1.7 são relevantes no desenvolvimento da Etapa 5, não necessariamente na composição do(s) modelo(s) matemático(s), mas, principalmente, como subsídio na avaliação e interpretação dos resultados obtidos desse(s) modelo(s).

Cabe destacar também que, como resultado principal do(s) modelo(s) apresentados na Seção 3.2 desse estudo, serão indicados locais preferenciais para instalação de CILs, e, por isso, os resultados da Etapa 4 são relevantes também para estabelecer recomendações de atribuições tipológicas que devem ser incorporadas aos locais prioritários indicados pelo(s) modelo(s).

### 3.1.3.2 Principais Aspectos Jurídicos e Tributários

No relatório da Etapa 4, pode se verificar os possíveis regimes jurídicos disponíveis no ordenamento brasileiro que podem servir à futura exploração de atividades desempenhadas em CILs, quais sejam: concessão comum, precedida ou não de obra pública, parceria público-privada, permissão, autorização e exploração direta, com licitação de obra pública.<sup>1</sup>

Todavia, é preciso rememorar que a depender da complexidade do CIL em questão, estar-se-á referindo a uma atividade dependente de investimentos de alta monta, o que, por sua vez, remete à necessidade de investimento e/ou financiamento por parte do poder público, além de sua autorização administrativa.

O modelo de **empresa pública** consiste na execução direta pelo Poder Público da construção e operação de CILs. Para tanto, faz-se necessária a expedição de lei autorizando a criação de empresa pública que tenha tais atividades por objeto. É

---

<sup>1</sup> Lembrando que, conforme já explicitado nos relatórios 3 e 4, a diferença conceitual entre os institutos da permissão

possível, também, que o poder público opte por tão somente operar CILs, sendo esse o objeto social de uma eventual estatal, licitando a obra pública para construção dessas estruturas. Nesse caso, quando é licitada apenas a obra pública, há possibilidade de que a licitação ocorra sob o Regime Diferenciado de Contratação – RDC.

O regime de **permissão e autorização** são atos administrativos que dão origem a um contrato unilateral, ou seja, com cláusulas exorbitantes e precárias. Por isso, podem ter maior adesão à atividade de operação de CILs, com menor impacto sobre a atividade de construção dessas estruturas, visto que, por se materializarem em contratos unilaterais, sem possibilidade de reequilíbrio econômico-financeiro, trazem menor segurança jurídica aos privados.

Sobre as **concessões**, foi identificado que para os CILs poderiam ser de duas naturezas: comum, precedida ou não de obra pública e regida pela Lei nº 8.987/1995, ou PPP, na modalidade patrocinada e regida pela Lei nº 11.079/2004.

Na **concessão comum**, o investimento é inteiramente realizado pelo particular, enquanto que, na **Parceria Público-Privada (PPP)**, o investimento fica a cargo de ambas as partes, daí o conceito de parceria. Entretanto, ambas as modalidades envolvem a cobrança de tarifa dos usuários. Outra diferença é referente ao valor, visto que, na PPP, o valor do contrato, atualmente, não poderá ser inferior a R\$20.000.000,00 (vinte milhões de reais).

Existem, também, diferenças quanto ao regime jurídico, conforme apresentado no relatório da Etapa 4, ressaltando Di Pietro (2012) que envolve a forma de remuneração, a obrigatoriedade de constituição de sociedade de propósito específico, a possibilidade de serem prestadas, pela Administração Pública, garantias de cumprimento de suas obrigações pecuniárias, o compartilhamento de riscos e de ganhos econômicos, normas específicas sobre licitação, possibilidade de aplicação de penalidades à Administração Pública e a imposição de limite de despesa com contratos.

Uma importante e interessante inovação trazida pela Lei de PPP's, que diferencia a concessão patrocinada da concessão comum, refere-se à possibilidade de, nesses contratos, ter-se a chamada remuneração variável, que é um mecanismo que vincula a remuneração do parceiro privado a critérios definidos contratualmente mediante cláusulas de desempenho. É um mecanismo que corrobora com o princípio da eficiência positivado no art. 37 da CRFB.

Foi também explicitada a natural incompletude dos contratos complexos e de longo prazo e, por isso, a necessidade de se pensar em uma matriz de risco que os aloque de maneira balanceada no contrato, para fins de que o suporte desses riscos caiba à parte que melhores condições têm para enfrentá-los. Feito isso, diminui-se os custos totais do contrato e, por conseguinte, os custos sociais.

Além disso, apontou-se a necessidade de um mecanismo eficiente de revisão e acompanhamento contratual, além de um sistema de solução de controvérsias apto a captar a essência dos problemas que surgirem especificamente do contrato, uma vez que essa é uma questão relacionada às situações de reequilíbrio econômico e financeiro de contratos públicos, visto que o excesso de aplicação deste mecanismo pode ser oriundo de contratos mal-arranjados, dentre esses, aqueles que não atentaram à natural incompletude dos contratos.

Também foi abordado, no relatório da Etapa 4, um instrumento denominado Procedimento de Manifestação de Interesse – PMI, que é aplicado a projetos de infraestrutura que precedem da execução de estudos de viabilidade. Por meio desse instituto, os estudos de viabilidade podem ser realizados pela iniciativa privada, desonerando, em princípio, os cofres públicos, livrando-os do processo de licitação, comum às contratações públicas.

Além disso, o estudo não vincula a Administração Pública, que poderá optar por não licitar o objeto sobre o qual recaíram os estudos de viabilidade, via PMI. Todavia, ainda não há uma legislação federal específica regulamentando os PMI's, havendo espaço para normatização. Sobre a ferramenta, cabe por fim notar que há um risco de que o interesse público seja relativizado, preponderando o interesse daquele que elaborou os estudos, ou seja, o privado.

Ainda no relatório da Etapa 4, foi abordada a necessidade de que os recursos financeiros públicos estejam em acordo com a sistemática orçamentária constitucional, que é, basicamente, composta por três leis ordinárias: o Plano Plurianual – PPA; a Lei de Diretrizes Orçamentárias – LDO; e a Lei Orçamentária Anual – LOA. Segundo o art. 165 da CR<sup>2</sup>, essas leis são de iniciativa do Poder Executivo, a serem apresentadas às duas Casas do Congresso Nacional, conforme a norma do art. 166 da CR. Portanto, ficou demonstrado que a questão orçamentária engloba tanto a disponibilidade de

---

<sup>2</sup>Constituição da República.

recursos, como a necessidade de se seguir alguns procedimentos legais que afetam a elaboração e implementação de projetos de grande vulto, como o dos CILs.

Além disso, verifica-se que as atividades que serão desenvolvidas em um CIL deverão requerer uma regulação Estatal, em virtude da natureza dessas atividades e pelo fato do CIL constituir-se em uma estrutura identificada pela literatura jurídica e econômica como sendo uma *essential facility*.

A atual institucionalidade regulatória do setor de transportes, conforme exposto no relatório da Etapa 4, remete a uma multiplicidade de agentes com competência sobre as atividades que serão desenvolvidas em um CIL, e tal formação pode ter um efeito prejudicial à segurança jurídica e eficiência da estrutura.

Assim, foram vislumbradas três possibilidades: (i) a criação de uma agência reguladora com competência específica sobre os CILs ou, até mesmo, a ‘fusão’ das três atuais em uma só entidade regulatória; (ii) uma maior participação do CONIT, apesar de todas suas restrições, dada suas competências institucionais; e (iii) o firmamento de convênios de cooperação e consórcios públicos entre as entidades com competência regulatória sobre os CILs.

A respeito de inovações em técnicas a serem empregadas por agentes reguladores, foram destacados dois instrumentos: a Gestão de Riscos, especialmente importante para as agências que regulamentam infraestrutura; e a Análise de Impacto Regulatório – AIR, imperativo para as ações governamentais que culminam em edição de regulações com grande impacto setorial e/ou reformas regulatórias.

Como exemplo recente de reforma regulatória, recorreu-se, no relatório da Etapa 4, ao exemplo do que vem ocorrendo no setor ferroviário. As alterações estruturais pretendidas concentram-se, basicamente, na inserção de competitividade intramodal na atividade de transporte ferroviário de carga. O objetivo do novo marco regulatório é segregar as atividades do setor, separando o investimento e manutenção da infraestrutura da atividade de gestão da capacidade dessa infraestrutura e da prestação do serviço de transportes.

Especial atenção merece o papel a ser desempenhado pela VALEC, que comprará a capacidade operacional dos detentores da infraestrutura, para, então, operar leilões aos Operadores Ferroviários Independentes. Trata-se, então, de um modelo que pretende desenvolver a competição intramodal no setor, mas que, para

tanto, coloca como intermediária uma empresa estatal que será monopolista na compra dessa capacidade, e, simultaneamente, monopolista na venda.

Para além das questões regulatórias, o setor de transportes, no Brasil, é também bastante afetado pelos efeitos da guerra fiscal, travada entorno do ICMS. Tal situação cria um ambiente de insegurança jurídica em relação aos impostos devidos e constitui um fator de risco à atividade econômica de circulação de mercadorias e serviços, que, por abarcar a questão dos transportes, certamente afetará as futuras atividades dos CILs.

A principal consideração que pode ser feita acerca dessa situação é a de que, para atrair investimentos, os Estados acabam por conceder benefícios fiscais que, além de diminuir a arrecadação do Estado, pode atrair o investimento para locais que não são necessariamente os mais desejados, sob uma ótica de planejamento macro. Por isso, esse é um aspecto que merece apreço quando da elaboração de um planejamento federal para construção e implementação de CILs, visto que os Estados podem influenciar de modo a atrair os investimentos às localidades que não necessariamente as melhores para o empreendimento.

Dessa forma, os elementos jurídicos pertinentes aos processos de desenvolvimento, implantação e regimes de gestão, identificados na Etapa 4, são relevantes aos objetivos da Etapa 5 no que diz respeito, principalmente, à determinação dos atributos de suporte para estabelecer os aspectos operacionais, de gestão e de investimento de cada tipologia.

Com isso, esses resultados podem ser incorporados à metodologia proposta no sentido de subsidiar as indicações e recomendações desses atributos levantados nos dados de identificação das estruturas CIL identificadas e localizadas como prioritárias, e que são resultantes do(s) modelo(s) matemático(s) proposto(s) na Seção 3.2. Tais recomendações de ordem legal, que envolvem os aspectos operacionais, de gestão e de investimento, só podem ser feitas porque os estudos da Etapa 4 assim o permitem.

### 3.2 MODELO DE LOCALIZAÇÃO DE CIL

A seção que se segue tem como objetivo principal apresentar a modelagem matemática de localização-alocação que foi sendo desenvolvida e aperfeiçoada no decorrer do projeto. Inicialmente apresenta-se a formulação de Costa (2014), que serviu de base para o desenvolvimento dos demais modelos. Em seguida, apresenta-se o modelo de Guimarães (2015), que propôs uma inovação incremental ao modelo de Costa (2014) ao inserir restrições que garantam que demandas par-a-par sejam atendidas, conforme matrizes de carga do PNLT.

A partir do modelo de Guimarães (2015), uma nova formulação foi definida, a qual incorporou restrições de livre mercado, garantindo que determinado fluxo de carga só será alocado a um CIL de maior custo se as opções de menor custo estiverem operando na capacidade máxima. E, por último, apresenta-se um modelo matemático multiperíodo que permite determinar em qual instante de tempo um CIL deve ser aberto, além de todas as características previamente estabelecidas. Este último modelo matemático se constitui como o modelo de localização de CIL para atender ao Termo de Referência.

Ressalta-se que os modelos foram apresentados em ordem cronológica de desenvolvimento, com os respectivos aprimoramentos, a fim de tornar o modelo proposto mais aderente à realidade econômica e proporcionar uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão daqueles responsáveis pelo planejamento estratégico do setor. Além disso, destaca-se que todo o material aqui apresentado leva em consideração as informações das Etapas 2, 3 e 4 do projeto, conforme mencionado anteriormente.

Cabe mencionar, contudo, que a aderência dos resultados à realidade depende não apenas do grau de refinamento do modelo, mas, principalmente, da acuracidade da base de dados usadas para geração dos resultados. Dessa maneira, a Seção 3.2.1 apresenta a evolução no desenvolvimento matemático e, então, nas seções seguintes, são apresentados os parâmetros e as bases de dados usadas para o desenvolvimento do modelo. Ressalta-se que o detalhamento das bases de dados georreferenciadas usadas na aplicação do modelo encontra-se no Tomo II – Apêndice I.

### 3.2.1 Composição Matemática do Modelo

A modelagem matemática proposta neste relatório teve como base os modelos desenvolvidos por Costa (2014) e Guimarães (2015). O modelo de Costa (2014) tem como objetivo determinar localizações potenciais de CILs, dadas às configurações da rede de transporte que conecta os pontos de produção e consumo, indicando também a quantidade de cada produto que seria alocado em cada estrutura a ser instalada.

Dessa forma, seja  $P$  o conjunto de produtos a ser movimentado,  $I$  o conjunto de pontos ou zonas de produção (representando as origens),  $K$  o conjunto de locais candidatos a CIL,  $J$  o conjunto de pontos ou zonas de consumo (representando os destinos) e  $M$  o conjunto de modos de transporte disponíveis, consideram-se:

- $M_{pi}^{dir}$  : conjunto dos modos disponíveis para transportar diretamente o produto  $p \in P$  do ponto de produção  $i \in I$  para qualquer ponto consumidor  $j \in J$ ;
- $M_{pi}^{ent}$  : conjunto de modos disponíveis para transportar o produto  $p \in P$  do ponto de produção  $i \in I$  para qualquer CIL  $k \in K$ ; e,
- $M_{pk}^{sai}$  : conjunto de modos disponíveis para transportar o produto  $p \in P$  do CIL  $k \in K$  para qualquer ponto de demanda  $j \in J$ .

Em relação ao fluxo direto, Costa (2014) estabelece que o produto  $p \in P$  pode ser enviado diretamente a um ponto de consumo  $j \in J$ , a partir do ponto de produção  $i \in I$ , por meio de um modo  $m \in M_{pi}^{dir}$ . Já o fluxo que passa por um CIL  $k \in K$  precisa, obrigatoriamente, realizar pelo menos uma transferência modal.

Considerando a descrição acima, têm-se os parâmetros que são utilizados no modelo:

- $C_{pijm}^{dir}$  : custo unitário de transporte do produto  $p \in P$  da zona de produção  $i \in I$  para o ponto de consumo  $j \in J$ , de maneira direta pelo modo de transporte  $m \in M$ , ou seja, sem a utilização do CIL;
- $C_{pikm}^{ent}$  : custo unitário de transporte do produto  $p \in P$  da zona de produção  $i \in I$  para o CIL  $k \in K$ , pelo modo de transporte  $m \in M_{pi}^{ent}$ . Costa (2014) explica que  $C_{pikm}^{ent}$  pode ser escrito como  $C_{pikm}^{ent} = C_{pikm}^{un} d_{pikm}^{ent} \varepsilon_{pik}^{ent}$ , onde:
  - $C_{pikm}^{un}$  se refere ao custo unitário de transporte do produto  $p \in P$  entre

a zona de produção  $i \in I$  e o CIL  $k \in K$  pelo modo  $m \in M_{ent}$ ;

- $d_{pikm}^{ent}$  se refere à distância entre a origem  $i \in I$  e o CIL  $k \in K$ , pelo modo  $m \in M_{ent}$ ; e
- $\varepsilon_{pik}^{ent}$  está relacionado ao fator de desconto devido à economia de escala;

- $C_{pkjm}^{sai}$ : custo unitário de transporte do produto  $p \in P$  do CIL  $k \in K$  até a zona de consumo  $j \in J$ , pelo modo de transporte  $m \in M_{pk}^{sai}$ . De forma análoga ao anterior, Costa (2014) explica que  $C_{pkjm}^{sai}$  pode ser escrito como

$$C_{pkjm}^{sai} = C_{pkjm}^{un} d_{pkjm}^{sai} \varepsilon_{pkj}^{sai}, \text{ onde:}$$

- $C_{pkjm}^{un}$  se refere ao custo unitário de transporte do produto  $p \in P$  do CIL  $k \in K$  para o ponto de consumo  $j \in J$ , pelo modo de transporte  $m \in M_{sai}$ ;
  - $d_{pkjm}^{sai}$  representa a distância entre o CIL  $k \in K$  e a zona de consumo  $j \in J$ ; e
  - $\varepsilon_{pkj}^{sai}$  está associado ao fator de desconto aplicado pela economia de escala;
- $CT_{pkjm}^{sai}$ : custo do(s) transbordo(s) do produto  $p \in P$ , entre o CIL  $k \in K$  e a zona de consumo  $j \in J$  para o modo  $m \in M_{pk}^{sai}$ . Este custo está relacionado à troca modal proporcionada pelo CIL, tendo em vista que mais de uma troca pode ser feita ao longo do trajeto entre  $k \in K$  e  $j \in J$ , desde que proporcione redução no custo total de transporte;
  - $g_{pk}$ : custo fixo de utilização do CIL  $k \in K$  pelo produto  $p \in P$ ;
  - $v_{pk}$ : custo variável de utilização do CIL  $k \in K$  pelo produto  $p \in P$ ;
  - $v_k^{\min}$ : representa o volume mínimo para abertura do CIL  $k \in K$ ;
  - $v_k^{\max}$ : representa o volume máximo para abertura do CIL  $k \in K$ ;
  - $P_{pi}$ : representa a quantidade total de produto  $p \in P$  ofertado na zona  $i \in I$ ; e
  - $D_{pj}$ : representa a quantidade total de produto  $p \in P$  demandado na zona  $j \in J$ .

Com relação às variáveis de decisão, têm-se:

- $x_{pijm}^{dir}$ : volume do produto  $p \in P$  transportado diretamente do ponto de produção  $i \in I$  até o ponto de consumo  $j \in J$  pelo modo  $m \in M_{pi}^{dir}$ ;

- $x_{pikm}^{ent}$  : volume do produto  $p \in P$  transportado do ponto de produção  $i \in I$  até o CIL  $k \in K$  pelo modo  $m \in M_{pi}^{ent}$  (representa o fluxo de entrada de produtos no CIL);
- $x_{pkjm}^{sai}$  : volume do produto  $p \in P$  transportado do CIL  $k \in K$  até o ponto de consumo  $j \in J$  pelo modo  $m \in M_{pk}^{sai}$  (representa o fluxo de saída do CIL); e
- $z_k$  : variável binária que indica se o CIL  $k \in K$  deve ser aberto ( $z_k=1$ ) ou não ( $z_k = 0$ ).

Destaca-se que faz parte da solução do problema saber qual a quantidade de cada produto que deve ser enviada entre dois pontos e por qual modo. Por isso a escolha de qual modo de transporte utilizar está associada às variáveis de decisão de volume apresentadas.

Para o CIL ser utilizado é necessário que o custo para transportar o produto  $p \in P$  entre a zona de produção  $i \in I$  e a zona de consumo  $j \in J$ , passando pelo CIL  $k \in K$ , seja menor que o custo de transportar esse produto entre tais zonas, de forma direta. Isto posto, apresenta-se a formulação matemática proposta por Costa (2014) na sequência.

**Minimizar**  $v(\text{CILCosta}) =$

$$\begin{aligned}
 & \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M_{pi}^{dir}} C_{pijm}^{dir} x_{pijm}^{dir} + \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} C_{pikm}^{ent} x_{pikm}^{ent} \\
 & + \sum_{p \in P} \sum_{k \in K} \left( g_{pk} z_k + v_{pk} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M_{pk}^{sai}} x_{pikm}^{sai} \right) \\
 & + \sum_{p \in P} \sum_{k \in K} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M_{pk}^{sai}} (C_{pkjm}^{sai} + CT_{pkjm}^{sai}) x_{pkjm}^{sai}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Sujeito a:

$$\sum_{k \in K} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{pikm}^{ent} + \sum_{j \in J} \sum_{m \in M_{pi}^{dir}} x_{pijm}^{dir} \leq P_{pi} \quad \forall p \in P, i \in I \quad (2)$$

$$V_k^{min} z_k \leq \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{pikm}^{ent} \leq V_k^{max} z_k \quad \forall k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{pikm}^{ent} = \sum_{p \in P} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M_{pk}^{sai}} x_{pkjm}^{sai} \quad \forall k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{m \in M_{pk}^{sai}} x_{pkjm}^{sai} + \sum_{i \in I} \sum_{m \in M_{pi}^{dir}} x_{pijm}^{dir} = D_{pj} \quad \forall p \in P, j \in J \quad (5)$$

$$x_{pijm}^{dir} \geq 0 \quad \forall p \in P, i \in I, j \in J, m \in M_{pi}^{dir} \quad (6)$$

$$x_{pikm}^{ent} \geq 0 \quad \forall p \in P, i \in I, k \in K, m \in M_{pi}^{ent} \quad (7)$$

$$x_{pkjm}^{sai} \geq 0 \quad \forall p \in P, k \in K, j \in J, m \in M_{pk}^{sai} \quad (8)$$

$$z_k \in \{0,1\} \quad \forall k \in K \quad (9)$$

A Função Objetivo (1) busca minimizar os custos globais de transporte, considerando tanto os custos associados ao transporte direto quanto os custos de transporte pelo CIL. Levam-se em conta, também, os custos operacionais (fixos e variáveis) desta estrutura e de transbordo.

A Restrição (2) garante que: todo volume do produto  $p \in P$  enviado do ponto de produção  $i \in I$  para um CIL  $k \in K$  e/ou diretamente para um ponto de consumo  $j \in J$ , será menor ou igual à capacidade de produção do produto  $p$  no ponto de produção  $i$  ( $P_{pi}$ ). Ou seja, seu objetivo é garantir que será transportado para os pontos de demanda apenas a quantidade ofertada, uma vez que não haveria produtos para atender um volume maior de demanda.

A Restrição (3) está relacionada às capacidades máximas e mínimas de utilização do CIL, as quais implicam diretamente na sua condição de abertura ( $z_k$ ). Assim, a variável  $z_k$  recebe "1" se for aberto um CIL em  $k$ ; caso contrário,  $z_k$  recebe "0". Se,  $z_k = 1$ , as variáveis  $x_{pikm}^{ent}$  devem assumir valores positivos que somados devem estar entre  $V_k^{min}$  e  $V_k^{max}$ . Caso contrário,  $z_k = 0$ , ou seja, o CIL não é aberto e, portanto, não há volumes de produtos passando por ele.

A Restrição (4) é conhecida como de conservação de fluxo, pois garante que todo fluxo de produtos que entra em um CIL  $k \in K$  é igual a todo o fluxo de produtos que sai deste ponto concentrador, ou seja,  $\sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{pikm}^{ent} = \sum_{p \in P} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M_{pk}^{sai}} x_{pkjm}^{sai}$ . Neste caso, o CIL é considerado um terminal de transbordo, em que não é previsto o serviço de armazenagem.

De forma análoga à Restrição (2), a Restrição (5) garante que todo volume do produto  $p \in P$  recebido no ponto de consumo  $j \in J$ , seja de maneira direta ou por meio do CIL, deve ser igual ao total demandado por este produto no ponto de consumo. Esta restrição é de igualdade, pois a demanda de todas as zonas de consumo deve ser atendida, sem exceção. Além disso, essa restrição garante também que, mesmo que haja um excesso de produção, só será enviada aos consumidores a quantidade exata à solicitada.

As demais restrições estão relacionadas ao domínio das variáveis. O modelo matemático proposto por Costa (2014) é classificado como um modelo de Programação Linear Inteira Mista – PLIM.

Destaca-se que caso haja restrição orçamentária e se queira limitar os investimentos em CIL, a Restrição (10) deve ser incluída.

$$\sum_{k \in K} f_k z_k \leq F \quad (10)$$

Onde:

$f_k$ : valor de investimento requerido para abertura de um CIL em  $k \in K$ ; e

$F$ : valor máximo (ou total) de recursos disponíveis para investir na abertura de CILs.

Nota-se que  $f_k$  não está incluído na função objetivo, pois se considera que a abertura de CILs é de interesse estratégico governamental independente do custo a ele associado. Entretanto, como há recursos finitos no orçamento público, é importante que seja previsto um montante máximo de investimentos que poderiam ser dedicados à implantação dessas estruturas, limitando, assim, o número de CILs a serem abertos, e, possivelmente, suas localizações.

Costa (2014) indica, ainda, a inserção da Restrição (11) do tipo  $p$ -medianas (veja relatório da Etapa 2 para maiores detalhes), caso seja necessário definir um número máximo  $\bar{p}$  de CILs abertos.

$$\sum_{k \in K} z_k \leq \bar{p} \quad (11)$$

Assim, avaliando o modelo proposto por Costa (2014), percebe-se que não há uma restrição que garanta que o volume demandado pela zona de demanda  $j_1 \in J$  do produto  $p \in P$  da zona de produção  $i_1 \in I$ , será atendido por esta zona. Seu modelo garante apenas que a demanda de  $j_1 \in J$  será atendida, não importando por qual zona de produção.

Dessa forma, o CIL seria um terminal concentrador de cargas, recebendo produtos de várias origens e enviando-os para múltiplos destinos, conforme a quantidade demandada, sem considerar que possa haver qualquer relação entre produtores e consumidores. O que importa no modelo é que as demandas totais sejam satisfeitas, condição válida para o planejamento estratégico no qual se deseja, inicialmente, avaliar locais concentradores na rede (Guimarães, 2015).

Isso significa que os fluxos par-a-par entre origens e destinos não são considerados explicitamente, ou seja, o ofertante de determinado produto pode enviá-lo a qualquer ponto de demanda que também utilize o mesmo CIL como intermediário. Desconsidera-se, desta forma, a existência de contratos formalizados entre fornecedores de bens (e serviços) e clientes, as diferenças de qualidade de produtos (especialmente *commodities*, como o café) produzidos em diferentes regiões e as preferências explícitas dos consumidores (Guimarães, 2015).

Dessa forma, tomando o trabalho de Costa (2014) como base, Guimarães (2015) desenvolveu uma modelagem matemática para localização-alocação de CILs que respeita as demandas par-a-par identificadas nas matrizes de origem-destino de carga do PNLT. Ou seja, se um determinado produto deve deixar um local de produção e chegar a um local de consumo específico, esse fluxo não deve ser alterado mesmo se uma estrutura concentradora do tipo CIL for utilizada.

Essa característica identificada por Guimarães (2015) torna o modelo mais aderente à realidade econômica em que: (1) fornecedores de bens e serviços preocupam-se em atender clientes específicos e/ou respeitar contratos já

estabelecidos; e (2) pode haver relação de confiança entre produtores e consumidores, não estando os clientes dispostos a ter sua demanda satisfeita por outros fornecedores. Dessa maneira, na subseção que se segue, detalha-se o modelo proposto pela autora.

### 3.2.1.1 Modelo com Demandas Par-a-Par

Tomando como base o modelo de Costa (2014) e, com intuito de garantir que as demandas par-a-par serão atendidas, Guimarães (2015) propôs o modelo (12) – (16).

**Minimizar**  $v(\text{CILGuimarães}) =$

$$\begin{aligned} & \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M_{pi}^{dir}} C_{pijm}^{dir} x_{pijm}^{dir} + \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} C_{pikm}^{ent} x_{pikm}^{ent} \\ & + \sum_{p \in P} \sum_{k \in K} \left( g_{pk} z_k + v_{pk} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M_{pk}^{sai}} x_{pikm}^{sai} \right) \\ & + \sum_{p \in P} \sum_{k \in K} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M_{pk}^{sai}} (C_{pkjm}^{sai} + CT_{pkjm}^{sai}) x_{pkjm}^{sai} \end{aligned} \quad (12)$$

**Sujeito a:** (3), (6) – (9),

$$\sum_{m \in M_{pi}^{dir}} x_{pijm}^{dir} + \sum_{k \in K} y_{pikj} = d_{pij} \quad \forall p \in P, i \in I, j \in J \quad (13)$$

$$\sum_{j \in J} y_{ipkj} = \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{pikm}^{ent} \quad \forall i \in I, p \in P, k \in K \quad (14)$$

$$\sum_{i \in I} y_{ipkj} = \sum_{m \in M_{pk}^{sai}} x_{pkjm}^{sai} \quad \forall j \in J, p \in P, k \in K \quad (15)$$

$$\sum_{i \in I} y_{ipkj} \geq 0 \quad \forall j \in J, p \in P, k \in K \quad (16)$$

Onde:

- $y_{ipkj}$ : refere-se ao volume de produto  $p \in P$  transportado de  $i \in I$  para  $j \in J$ , que utiliza o CIL  $k \in K$ . Trata-se de uma variável de decisão que garante que as demandas par-a-par serão respeitadas, ou seja, que determinado produto  $p \in P$  demandado por  $j \in J$  de uma zona  $i \in I$  específica terá naquele ponto sua demanda específica atendida por esta zona, mesmo se qualquer CIL  $k \in K$  estiver aberto; e
- $d_{ipj}$ : refere-se à quantidade total do produto  $p \in P$  demandada pela zona de consumo  $j \in J$ , proveniente da zona de produção  $i \in I$ .

No modelo de Costa (2014), apenas as demandas atendidas de maneira direta (sem passar pelo CIL) consideravam os fluxos de mercadorias determinados entre  $i \in I$  e  $j \in J$ . Todo o fluxo que passava pelo CIL, por sua vez, não garantia o atendimento das demandas par-a-par: a única consideração feita era que toda a demanda precisava ser atendida, não importando, contudo, por qual zona de produção.

Nota-se que a função objetivo (12) permanece igual à anterior, pois o intuito continua sendo a minimização do custo global de transportes. A diferença, portanto, está nas restrições, as quais garantem não apenas que as demandas serão atendidas e a capacidade de produção da zona de oferta será respeitada, como também que cada zona de demanda receberá o produto exatamente da zona de produção da qual está solicitando.

As Restrições (2), (3) e (4) de Costa (2014) foram substituídas pelas Restrições (13), (14) e (15). A Restrição (13) garante que a demanda total de cada zona de consumo ( $d_{pij}$ ) será atendida, seja por transporte direto entre a zona de produção e a de consumo ( $x_{pijm}^{dir}$ ), seja passando pelo CIL ( $y_{pikj}$ ). Garante também que, independente do CIL usado ( $\forall k \in K$ ), a demanda par-a-par será respeitada, ou seja, cada zona de consumo  $j \in J$  receberá o(s) produto(s)  $p \in P$  especificamente das zonas de produção  $i \in I$  que solicitar.

Já a Restrição (14) garante que toda a quantidade do produto  $p \in P$  que vai da zona de produção  $i \in I$  para a zona de consumo  $j \in J$  passando pelo CIL  $k \in K$  será exatamente igual a toda a quantidade de produto  $p \in P$  que entra no CIL  $k \in K$  tendo como origem a zona de produção  $i \in I$ . Isso significa que toda a quantidade de produto

$p \in P$  que entra no CIL  $k \in K$  já tem uma destinação específica, não podendo ser usado para atender a demanda de outra zona de consumo  $j \in J$ .

A Restrição (15) garante que toda a quantidade do produto  $p \in P$  que vai da zona de produção  $i \in I$  para a zona de consumo  $j \in J$  passando pelo CIL  $k \in K$  será exatamente igual a toda a quantidade de produto  $p \in P$  que sai no CIL  $k \in K$  tendo como destino a zona de consumo  $j \in J$ . A interpretação é análoga à da Restrição (14). Assim, combinando as Restrições (14) e (15) tem-se uma equação de conservação de fluxo, a qual não foi apresentada explicitamente no modelo, pois seria redundante. A combinação dessas restrições garante, portanto, que todo volume de produtos  $p \in P$  que entra em um determinado CIL  $k \in K$  precisa ir para uma determinada zona de consumo  $j \in J$ : ou seja, tudo que entra, sai.

Dessa forma, as Restrições (13), (14) e (15), em conjunto, garantem que determinada zona de consumo  $j \in J$  só poderá ser atendida pelas zonas de produção  $i \in I$  das quais demanda algum produto  $p \in P$ . Em relação aos modos de transportes, as mesmas considerações feitas por Costa (2014) foram replicadas neste modelo.

A Restrição (16), por sua vez, está relacionada ao domínio das variáveis associadas às demandas par-a-par. Com isso, o modelo matemático proposto também é considerado um modelo de Programação Linear Inteira Mista – PLIM.

Destaca-se que é possível realizar um pré-processamento, facilitando o processo de solução do modelo matemático. Assim, ele funciona como uma “restrição virtual” para o modelo apresentado. Assume-se que quando o custo para transportar o produto  $p \in P$  entre a zona de produção  $i \in I$  e a zona de consumo  $j \in J$ , passando por qualquer candidato a CIL  $k \in K$ , for maior que o custo de transportar o produto  $p \in P$  entre a zona de produção  $i \in I$  e a zona de consumo  $j \in J$  de forma direta, o transportador sempre optará por enviar o produto de forma direta. Dessa maneira, todas as situações em que isso acontece são retiradas da base de dados, ficando para o processo de otimização apenas aqueles casos em que passar por um ou mais candidatos a CILs  $k \in K$  for mais atrativo, promovendo, assim, uma redução do custo total. Isso faz com que haja uma redução da capacidade computacional exigida para a resolução do modelo.

Por fim, caso haja restrição orçamentária e se queira limitar os investimentos em implantação de CILs, pode-se adotar a Restrição (10), e, caso deseje-se definir um número máximo  $\bar{p}$  de CILs abertos, pode-se usar a Restrição (11).

Salienta-se, entretanto, que apesar do modelo desenvolvido por Guimarães (2015) ser mais aderente à realidade econômica, por inserir as demandas par-a-par, ele apresenta algumas limitações. Por exemplo, carece de restrições que garantam que os agentes que utilizarão os CILs sempre escolherão a opção mais economicamente vantajosa para transportar os seus produtos. Ou seja, que escolherão utilizar o CIL que proporciona o menor custo para transportar o seu produto e não o que proporciona o menor custo global de transporte.

Da maneira como o modelo está apresentado, ele permite que determinado ponto de produção seja indicado a utilizar um CIL que não seria aquele de menor custo, a fim de viabilizar a quantidade mínima de carga para a abertura de outra estrutura, minimizando, assim, o custo total de transporte. Contudo, na prática, o agente não está disposto a assumir um custo maior para proporcionar a abertura de um novo CIL (a menos que ele receba outro tipo de vantagem econômico-financeira, como isenção de algum tipo de imposto).

Dessa forma, a subseção seguinte apresenta uma nova versão do modelo, desenvolvida no âmbito deste projeto, levando em conta este fator que não se encontra presente nos modelos anteriores.

### 3.2.1.2 Modelo com restrições de livre mercado

A fim de garantir que os princípios básicos de livre comércio serão considerados, os modelos propostos por Costa (2014) e Guimarães (2015) foram aperfeiçoados para incorporar algumas restrições ainda não consideradas.

O modelo, até o momento, permite que uma demanda  $d_{ipj}$  seja alocada a um CIL  $k \in K$  com a soma do custo  $C_{pikm}^{ent} + C_{pkjm}^{sai} + CT_{pkjm}^{sai} + v_{pk}$  maior que o custo para transportar diretamente  $C_{pijm}^{dir}$ . Isso ocorre devido à Restrição (3), que impõe que uma quantidade mínima de produtos deve ser alocada em um dado CIL para que ele seja aberto.

Assim sendo, se: (i) um CIL possuir uma quantidade próxima à mínima para ser aberto e a economia total gerada por ele for maior que a perda particular dos agentes que demandam este transporte e, ao mesmo tempo, se (ii) a alocação destes agentes a este CIL proporcionar a quantidade mínima para sua abertura; os agentes serão

"forçados" a utilizarem esta estrutura de integração (mesmo não sendo aquele de menor custo).

Claramente essa não é uma alternativa vantajosa para os agentes demandadores de transporte. Portanto, essa premissa não deve ser assumida do ponto de vista de planejamento, pois os agentes envolvidos não devem optar pela utilização desse CIL (ainda que ele esteja aberto). Na prática, a estrutura seria aberta contando com a demanda destes atores, mas ficaria ociosa, prejudicando a rentabilidade do operador, tendo em vista que o demandador pelo transporte tende a não optar por uma alternativa mais custosa para beneficiar outros atores envolvidos no processo.

Uma forma de evitar que isso ocorra consiste em pré-processar o modelo, removendo as variáveis  $y_{ipkj}$  cujo custo total  $\hat{C}_{pikj} = C_{pikm}^{ent} + C_{pkjm}^{sai} + CT_{pkjm}^{sai} + v_{pk}$  é maior que  $C_{pijm}^{dir}$ . Com isso, o modelo não poderá alocar volume de produtos com origem em  $i \in I$  e destino em  $j \in J$  utilizando o CIL  $k \in K$ , caso este CIL não seja aquele que proporcione o menor custo para o transportador. .

Salienta-se que, mesmo com o pré-processamento, um dado conjunto de CILs com custo total menor que o transporte direto para uma demanda  $d_{pij}$ , pelo mesmo motivo explicado anteriormente, poderia ter essa demanda alocada em um CIL que não é o mais vantajoso dentre todos os abertos para favorecer a abertura de outros CILs. Isso acontece porque esses novos CILs a serem abertos proporcionariam uma economia global maior para o modelo. Contudo, reforça-se que, em uma situação de livre comércio, os agentes privados tendem a optar pela opção mais econômica para eles, e não a melhor para o todo.

Dessa forma, foi criado um grupo de restrições para impor que uma demanda só poderá ser alocada no CIL aberto mais vantajoso economicamente, desde que esse não esteja operando em sua capacidade máxima. Para tal, considera-se para cada demanda  $d_{pij}$  um conjunto  $O_{pij} = \{l \in N | k_l \in K \text{ e } \hat{C}_{pik_1j} \leq \hat{C}_{pik_2j} \leq \dots \leq \hat{C}_{pik_{|K|}j}\}$  contendo os índices  $k \in K$  em ordem crescente do respectivo custo total  $\hat{C}_{pikj}$ .

Além desse conjunto, foram inseridas também novas variáveis binárias  $\tau_k$ , as quais assumem valor igual a um (1) se o CIL está aberto e não está operando em sua capacidade máxima; e igual à zero (0) se o CIL estiver fechado ou com o volume máximo alocado. Com esses conjuntos de ordenação e as novas variáveis, foi desenvolvida a seguinte restrição:

$$\sum_{l=(s+1)}^{|O_{pij}|} y_{piklj} \leq d_{pij}(1 - \tau_{k_s}) \quad \forall p \in P, i \in I, j \in J, s \in O_{pij} \quad (17)$$

Esta restrição garante que, para uma dada demanda  $d_{ipj}$ , dentre todos os CILs abertos e não cheios (operando abaixo da sua capacidade máxima), essa demanda só poderá ser alocada no CIL com menor valor de  $s \in O_{pij}$ , ou seja, considerando o conjunto  $O_{pij}$ , deverá ser utilizado o CIL cujo valor  $\hat{C}_{pik_1j}$  seja o menor.

$$\tau_k \leq z_k \quad \forall k \in K \quad (18)$$

$$V_k^{max} z_k - \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{pik}^{ent} \leq V_k^{max} \tau_k \quad \forall k \in K \quad (19)$$

A Restrição (18) impõe que, se um CIL  $k \in K$  estiver fechado,  $z_k = 0$ , então  $\tau_k = 0$ . Caso contrário, o valor de  $\tau_k \in \{0,1\}$ . Isso porque, se o CIL estiver aberto e operando na sua capacidade máxima,  $\tau_k$  assumirá valor igual a “0”, não sendo possível alocar carga neste CIL; caso contrário, assume valor “1” indicando que o CIL pode ser usado. Já a Restrição (19) garante que se o CIL  $k \in K$  estiver aberto e sua capacidade não estiver esgotada, então  $0 < \tau_k$ . Como  $\tau_k \in \{0,1\}$ , temos que  $\tau_k = 1$ . Para o caso em que o CIL está aberto, mas operando na sua capacidade máxima, temos  $0 \leq \tau_k$ . Portanto, o valor de  $\tau_k$  pode assumir tanto valor igual a um (1) como igual a zero (0). Dessa forma, possibilita-se a alocação da demanda no próximo CIL segundo a ordenação  $O_{pij}$ , se isso for possível.

Sendo assim, após as considerações descritas acima, o modelo matemático que incorpora as restrições de livre comércio pode ser apresentado abaixo.

**Minimizar**  $v(\text{CIL-LivreMercado}) =$

$$\begin{aligned} & \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M_{pi}^{dir}} C_{pijm}^{dir} x_{pijm}^{dir} + \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} C_{pikm}^{ent} x_{pikm}^{ent} \\ & + \sum_{p \in P} \sum_{k \in K} \left( g_{pk} z_k + v_{pk} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M_{pk}^{sai}} x_{pkjm}^{sai} \right) \\ & + \sum_{p \in P} \sum_{k \in K} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M_{pk}^{sai}} (C_{pkjm}^{sai} + CT_{pkjm}^{sai}) x_{pkjm}^{sai} \end{aligned} \quad (20)$$

**Sujeito a:** (6) - (9), (16),

$$\sum_{m \in M_{pi}^{dir}} x_{pijm}^{dir} + \sum_{k \in K} y_{pikj} = d_{pij} \quad \forall p \in P, i \in I, j \in J \quad (21)$$

$$V_k^{min} z_k \leq \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{pikm}^{ent} \leq V_k^{max} z_k \quad \forall k \in K \quad (22)$$

$$\sum_{j \in J} y_{ipkj} = \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{pikm}^{ent} \quad \forall i \in I, p \in P, k \in K \quad (23)$$

$$\sum_{i \in I} y_{ipkj} = \sum_{m \in M_{pk}^{sai}} x_{pkjm}^{sai} \quad \forall j \in J, p \in P, k \in K \quad (24)$$

$$\sum_{k \in K} f_k z_k \leq F \quad (25)$$

$$\sum_{l=(s+1)}^{|O_{pij}|} y_{piklj} \leq d_{pij} (1 - \tau_{k_s}) \quad \forall p \in P, i \in I, j \in J, s \in O_{pij} \quad (26)$$

$$\tau_k \leq z_k \quad \forall k \in K \quad (27)$$

$$V_k^{max} z_k - \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{pikm}^{ent} \leq V_k^{max} \tau_k \quad \forall k \in K \quad (28)$$

$$\tau_k \in \{0,1\} \quad \forall k \in K \quad (29)$$

Dessa forma, as restrições de demandas, par-a-par, inseridas por Guimarães (2015) continuam sendo atendidas; contudo, determinado fluxo de carga só será alocado a um CIL de maior custo se as opções de menor custo estiverem saturadas (operando na capacidade máxima).

O modelo matemático com restrições de livre mercado não considera em que momento do tempo um CIL deve ser aberto. Entretanto, o PNLT realiza o planejamento de transportes de acordo com alguns horizontes de projeto (instantes de tempo). Sendo assim, para o CIL, a ideia consiste em indicar em qual horizonte de projeto um CIL deve ser aberto para que a economia seja a menor possível, dadas as diversas restrições, como, por exemplo, a orçamentária. Com isso, a próxima seção apresenta um modelo multiperíodo que permite definir em qual recorte temporal o CIL será aberto. Tal modelo tem como base a formulação matemática de livre mercado apresentada anteriormente.

## 3.2.1.3 Modelo multiperíodo

Para o modelo contemplando múltiplos períodos de tempo, prevendo o momento em que um CIL será aberto em uma escala temporal, foi inserido um índice  $t \in T$ , denotando o período de tempo que cada uma das variáveis, coeficientes e constantes do modelo se refere. Sendo assim, o modelo multiperíodo é apresentado a seguir.

**Minimizar**  $v(\text{CIL-Multiperíodo}) =$

$$\begin{aligned} & \sum_{t \in T} \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M_{pi}^{dir}} C_{tpijm}^{dir} x_{tpijm}^{dir} + \sum_{t \in T} \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} C_{tpikm}^{ent} x_{tpikm}^{ent} \\ & + \sum_{t \in T} \sum_{p \in P} \sum_{k \in K} \left( g_{tpk} z_{tk} + v_{tpk} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M_{pk}^{sai}} x_{tpkjm}^{sai} \right) \\ & + \sum_{t \in T} \sum_{p \in P} \sum_{k \in K} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M_{pk}^{sai}} (C_{tpkjm}^{sai} + C_{tpkjm}^T) x_{tpkjm}^{sai} \end{aligned} \quad (31)$$

**Sujeito a:**

$$\sum_{m \in M_{pi}^{dir}} x_{tpijm}^{dir} + \sum_{k \in K} y_{tpikj} = d_{tpij} \quad \forall t \in T, p \in P, i \in I, j \in J \quad (31)$$

$$V_{tk}^{min} \sum_{\theta=1}^t z_{\theta k} \leq \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{tpikm}^{ent} \leq V_{tk}^{max} \sum_{\theta=1}^t z_{\theta k} \quad \forall t \in T, k \in K \quad (32)$$

$$\sum_{j \in J} y_{tipkj} = \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{tpikm}^{ent} \quad \forall t \in T, i \in I, p \in P, k \in K \quad (33)$$

$$\sum_{i \in I} y_{tipkj} = \sum_{m \in M_{pk}^{sai}} x_{tpkjm}^{sai} \quad \forall t \in T, j \in J, p \in P, k \in K \quad (34)$$

$$\sum_{k \in K} f_{tk} z_{tk} \leq F_t \quad \forall t \in T \quad (35)$$

$$\sum_{l=(s+1)}^{|O_{tpij}|} y_{tpiklj} \leq d_{tpij} (1 - \tau_{tk_s}) \quad \forall p \in P, i \in I, j \in J, s \in O_{tpij} \quad (36)$$

$$\tau_{tk} \leq \sum_{\theta=1}^t z_{\theta k} \quad \forall t \in T, k \in K \quad (37)$$

$$V_{tk}^{max} \sum_{\theta=1}^t z_{\theta k} - \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{tpikm}^{ent} \leq V_{tk}^{max} \tau_{tk} \quad \forall t \in T, k \in K \quad (38)$$

$$\sum_{t \in T} z_{tk} = 1 \quad \forall k \in K \quad (39)$$

$$x_{tpijm}^{dir} \geq 0 \quad \forall t \in T, p \in P, i \in I, j \in J, m \in M_{pi}^{dir} \quad (40)$$

$$x_{tpikm}^{ent} \geq 0 \quad \forall t \in T, p \in P, i \in I, k \in K, m \in M_{pi}^{ent} \quad (41)$$

$$x_{tpkjm}^{sai} \geq 0 \quad \forall t \in T, p \in P, k \in K, j \in J, m \in M_{pk}^{sai} \quad (42)$$

$$y_{tpikj} \geq 0 \quad \forall t \in T, p \in P, k \in K, j \in J \quad (43)$$

$$z_{tk} \in \{0,1\} \quad \forall t \in T, k \in K \quad (44)$$

$$\tau_{tk} \in \{0,1\} \quad \forall t \in T, k \in K \quad (45)$$

A Restrição (39) garante que, para cada CIL  $k \in K$ , apenas uma variável  $z_{tk}$  assumirá valor igual a um (1), indicando em qual período de tempo o CIL será aberto. O termo  $\sum_{\theta=1}^t z_{\theta k}$  presente nas Restrições (32), (37) e (38), garante que após a abertura de um CIL em um período  $t$ , este se manterá aberto até o último período de tempo em análise. As demais restrições são semelhantes às anteriormente apresentadas.

O modelo matemático (30) - (45) se constitui como sendo aquele proposto para atender a Etapa 5 do Termo de Referência para localização de CIL. Destaca-se a sua elevada complexidade; entretanto, está de acordo com as premissas do PNLT, bem como das demais informações obtidas com as Etapas 2, 3 e 4 do projeto.

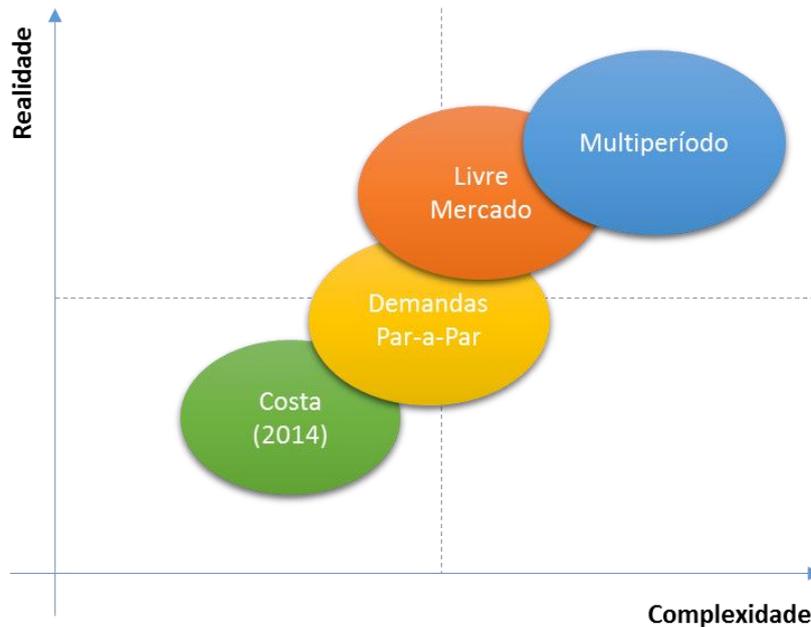
### 3.2.2 Descrição Sintética do Modelo

Os modelos matemáticos desenvolvidos apresentam grande complexidade e estão correlacionados. Sendo assim, para facilitar o entendimento, o Quadro 3.12 indica, para cada modelo, suas características e suas limitações.

**Quadro 3.12** – Análise resumida dos modelos matemáticos.

Modelo	Descrição
Modelo de Costa (2014)	<p><u>Características:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelo matemático que considera a estrutura do PNLT</li> <li>- Considera a produção e o consumo das microrregiões de maneira agrupada</li> <li>- Apresenta restrições de volume máximo e de volume mínimo</li> <li>- Assegura o fluxo de produtos passando por um CIL</li> <li>- Considera uma rede multimodal</li> <li>- Permite restringir um número máximo de CILs</li> <li>- Permite restringir a quantidade de CILs abertos se houver restrição orçamentária (restrição de investimento)</li> <li>- A formulação matemática necessita de um tempo computacional reduzido para ser solucionada</li> </ul> <p><u>Limitações:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Não considera as demandas Par-a-Par definidas no PNLT</li> <li>- Não considera as restrições de livre mercado, identificada pelos <i>Stakeholders</i> (Etapa 3)</li> <li>- Não considera o momento de abertura de um CIL (aspecto temporal)</li> </ul>
Modelo de Demandas Par-a-Par	<p><u>Características:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresenta todas as características do modelo de Costa (2014)</li> <li>- Introduz o conceito de demandas Par-a-Par</li> <li>- Representa melhor a realidade do PNLT</li> <li>- Considera várias das informações obtidas junto aos <i>Stakeholders</i> (Etapa 3)</li> </ul> <p><u>Limitações:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Não considera as restrições de livre mercado, identificadas pelos <i>Stakeholders</i> (Etapa 3)</li> <li>- Não considera o momento de abertura de um CIL (aspecto temporal)</li> <li>- A formulação matemática necessita de um tempo computacional maior para ser solucionada</li> </ul>
Modelo com Restrições de Livre Mercado	<p><u>Características:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresenta todas as características do modelo de Demandas Par-a-Par</li> <li>- Considera as restrições de livre mercado indicadas pelos <i>Stakeholders</i> (Etapa 3)</li> <li>- Possui melhor representação da realidade, aprimorando os passos metodológicos do próprio PNLT</li> </ul> <p><u>Limitações:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Não considera o momento de abertura de um CIL (aspecto temporal)</li> <li>- A formulação matemática necessita de um tempo computacional excessivo para ser solucionada</li> </ul>
Modelo Multiperíodo	<p><u>Características:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresenta todas as características do modelo com Restrições de Livre Mercado</li> <li>- Considera o momento de abertura de um CIL, ou seja, incorpora características temporais que podem ser exploradas em outras necessidades do Ministério dos Transportes</li> <li>- Possui melhor representação da realidade, aprimorando os passos metodológicos do próprio PNLT</li> <li>- Atende a uma solicitação dos <i>Stakeholders</i> (Etapa 3) no que diz respeito ao Planejamento Estratégico do Ministério dos Transportes</li> </ul> <p><u>Limitações:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelo matemático de alta complexidade</li> <li>- A formulação matemática necessita de um tempo computacional excessivo para ser solucionada e técnicas específicas de otimização são indicadas</li> </ul>

O Quadro 3.12 resume a Seção 3.2.1 no que diz respeito à evolução do processo de desenvolvimento do modelo matemático de localização de CILs. A Figura 3.1 destaca, para cada um dos modelos, a relação existente entre a complexidade matemática e representação da realidade. Os modelos com maior representação de aspectos reais possuem maior complexidade sob o ponto de vista de formulação. Tal comportamento, embora ideal para situações práticas como as do CILs, requerem maior detalhamento dos dados e necessitam de técnicas específicas de solução.



**Figura 3.1** – Análise resumida dos modelos matemáticos.

Os modelos apresentados possuem diversas restrições que definem o espaço de soluções. Assim, para melhor entendimento, o Quadro 3.13 apresenta um detalhamento de cada uma das restrições dos modelos. O aumento gradativo do número de restrições, em cada um dos modelos, faz com que a formulação matemática resultante tenha um maior grau de realismo e, conseqüentemente, de complexidade, conforme apresentado na Figura 3.1.

Quadro 3.13 – Detalhamento das restrições do modelo.

Restrição	Formulação matemática	Descrição
<b>Modelo Costa (2014)</b>		
(2)	$\sum_{k \in K} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{pikm}^{ent} + \sum_{j \in J} \sum_{m \in M_{pi}^{dir}} x_{pijm}^{dir} \leq P_{pi}$ $\forall p \in P, i \in I$	Garante que todo volume do produto $p \in P$ enviado do ponto de produção $i \in I$ para um CIL $k \in K$ e/ou diretamente para um ponto de consumo $j \in J$ , será menor ou igual à capacidade de produção do produto $p$ no ponto de produção $i$ ( $P_{pi}$ ). Ou seja, seu objetivo é garantir que será transportado para os pontos de demanda apenas a quantidade ofertada, uma vez que não haveria produtos para atender um volume maior de demanda.
(3)	$V_k^{min} z_k \leq \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{pikm}^{ent} \leq V_k^{max} z_k$ $\forall k \in K$	Relacionada às capacidades máximas e mínimas de utilização do CIL, as quais implicam diretamente na sua condição de abertura ( $z_k$ ). Assim, se um CIL for aberto em $k$ , $z_k$ assume valor igual "1"; caso contrário, $z_k = 0$ . Se $z_k = 1$ , as variáveis $x_{pikm}^{ent}$ devem assumir valores positivos que, somados, devem estar entre $V_k^{min}$ e $V_k^{max}$ . Em casos que $z_k = 0$ , o CIL não é aberto e, portanto, não há volumes de produtos passando por ele.
(4)	$\sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{pikm}^{ent} = \sum_{p \in P} \sum_{j \in J} \sum_{m \in M_{pk}^{sai}} x_{pkjm}^{sai}$ $\forall k \in K$	Conhecida como restrição de conservação de fluxo, garante que todo fluxo de produtos destinado a um CIL $k \in K$ é igual a todo o fluxo de produtos que sai deste ponto concentrador, ou seja, não há formação de estoque (serviço de armazenagem).
(5)	$\sum_{k \in K} \sum_{m \in M_{pk}^{sai}} x_{pkjm}^{sai} + \sum_{i \in I} \sum_{m \in M_{pi}^{dir}} x_{pijm}^{dir} = D_{pj}$ $\forall p \in P, j \in J$	Garante que todo volume do produto $p \in P$ recebido no ponto de consumo $j \in J$ (seja de maneira direta ou por meio do CIL) deve ser igual ao total demandado deste produto por este ponto de consumo. Assegura que a demanda de todas as zonas de consumo deve ser atendida, sem exceção; e que, mesmo havendo um excesso de produção, envia-se aos pontos de consumo a quantidade exata à solicitada.
(6)	$x_{pijm}^{dir} \geq 0$ $\forall p \in P, i \in I, j \in J, m \in M_{pi}^{dir}$	Garante que toda quantidade enviada diretamente de uma zona de produção para uma zona de consumo seja maior ou igual à zero, pois não é possível haver fluxos negativos de carga (ex. – 100 toneladas de A para B).
(7)	$x_{pikm}^{ent} \geq 0$ $\forall p \in P, i \in I, k \in K, m \in M_{pi}^{ent}$	Garante que toda quantidade enviada de uma zona de produção para um CIL, por qualquer modo de transporte, seja maior ou igual à zero, pois não é possível haver fluxos negativos de carga.
(8)	$x_{pkjm}^{sai} \geq 0$ $\forall p \in P, k \in K, j \in J, m \in M_{pk}^{sai}$	Garante que toda quantidade enviada de um CIL para uma zona de consumo, por qualquer modo de transporte, seja maior ou igual à zero, pois não é possível haver fluxos negativos de carga.

Restrição	Formulação matemática	Descrição
(9)	$z_k \in \{0,1\}$ $\forall k \in K$	Relacionada à condição de abertura de um CIL. Se o CIL estiver aberto, $z_k = 1$ i; caso contrário, $z_k = 0$ .
(10)	$\sum_{k \in K} f_k z_k \leq F$	Relacionada à existência de restrição orçamentária, em que se deseja limitar os investimentos em CIL ( $F$ ).
(11)	$\sum_{k \in K} z_k \leq \bar{p}$	Usada para definir um número máximo de CILs a serem abertos ( $\bar{p}$ ).
<b>Modelo de Guimarães (2015)<sup>1</sup></b>		
(13)	$\sum_{m \in M_{pi}^{dir}} x_{pijm}^{dir} + \sum_{k \in K} y_{pikj} = d_{pij}$ $\forall p \in P, i \in I, j \in J$	Garante que a demanda total de cada zona de consumo ( $d_{pij}$ ) será atendida, seja por transporte direto entre a zona de produção e a de consumo ( $x_{pijm}^{dir}$ ), seja passando pelo CIL ( $y_{pikj}$ ). Assegura também que, independente do CIL usado ( $\forall k \in K$ ), a demanda par-a-par será respeitada, ou seja, cada zona de consumo $j \in J$ receberá o(s) produto(s) $p \in P$ especificamente das zonas de produção $i \in I$ que solicitar.
(14)	$\sum_{j \in J} y_{ipkj} = \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{pikm}^{ent}$ $\forall i \in I, p \in P, k \in K$	Garante que toda a quantidade do produto $p \in P$ que vai da zona de produção $i \in I$ para a zona de consumo $j \in J$ passando pelo CIL $k \in K$ será exatamente igual a toda a quantidade de produto $p \in P$ que entra no CIL $k \in K$ tendo como origem a zona de produção $i \in I$ . Isso significa que toda a quantidade de produto $p \in P$ que entra no CIL $k \in K$ já tem uma destinação específica, não podendo ser usado para atender a demanda de outra zona de consumo $j \in J$ .
(15)	$\sum_{i \in I} y_{ipkj} = \sum_{m \in M_{pk}^{sai}} x_{pkmj}^{sai}$ $\forall j \in J, p \in P, k \in K$	Garante que toda a quantidade do produto $p \in P$ que vai da zona de produção $i \in I$ para a zona de consumo $j \in J$ passando pelo CIL $k \in K$ será exatamente igual a toda a quantidade de produto $p \in P$ que sai no CIL $k \in K$ tendo como destino a zona de consumo $j \in J$ . A interpretação é análoga à Restrição (14). A combinação das Restrições (14) e (15) garante, portanto, que todo volume de produtos $p \in P$ que entra em um determinado CIL $k \in K$ precisa ir para uma determinada zona de consumo $j \in J$ : ou seja, tudo que entra, sai.
(16)	$\sum_{i \in I} y_{ipkj} \geq 0$ $\forall j \in J, p \in P, k \in K$	Relacionada ao domínio das variáveis associadas às demandas par-a-par, os quais não podem ser negativos.

Restrição	Formulação matemática	Descrição
<b>Modelo de Livre Mercado<sup>2</sup></b>		
(17)	$\sum_{l=(s+1)}^{ O_{pij} } y_{piklj} \leq d_{pij}(1 - \tau_{k_s})$ $\forall p \in P, i \in I, j \in J, s \in O_{pij}$	Garante que, para uma dada demanda $d_{ipj}$ , dentre todos os CILs abertos e operando abaixo da sua capacidade máxima, essa demanda só poderá ser alocada no CIL com menor valor de $s \in O_{pij}$ , ou seja, considerando o conjunto $O_{pij}$ , deverá ser utilizado o CIL cujo valor do custo total ( $\hat{C}_{piklj}$ ) seja o menor.
(18)	$\tau_k \leq z_k \quad \forall k \in K$	Impõe que, se um CIL $k \in K$ estiver fechado, $z_k = 0$ , então $\tau_k = 0$ . Caso contrário, o valor de $\tau_k \in \{0,1\}$ . Isso porque, se o CIL estiver aberto e operando na sua capacidade máxima, $\tau_k$ assumirá valor igual a “0”, não sendo possível alocar carga neste CIL; caso contrário, assume valor “1” indicando que o CIL pode ser usado.
(19)	$V_k^{max} z_k - \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{pikm}^{ent} \leq V_k^{max} \tau_k$ $\forall k \in K$	Garante que se o CIL $k \in K$ estiver aberto e sua capacidade não estiver esgotada, então $0 < \tau_k$ . Como $\tau_k \in \{0,1\}$ , temos que $\tau_k = 1$ . Para o caso em que o CIL está aberto, mas operando na sua capacidade máxima, temos $0 \leq \tau_k$ . Dessa forma, possibilita-se a alocação da demanda no próximo CIL segundo a ordenação $O_{pij}$ , se isso for possível.
(22)	$V_k^{min} z_k \leq \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{pikm}^{ent} \leq V_k^{max} z_k$ $\forall k \in K$	Relacionada às capacidades máximas e mínimas de utilização do CIL, as quais implicam diretamente na sua condição de abertura ( $z_k$ ). Assim, se um CIL for aberto em $k$ , $z_k$ assume valor igual “1”, caso contrário, $z_k = 0$ . Se $z_k = 1$ , as variáveis $x_{pikm}^{ent}$ devem assumir valores positivos que, somados, devem estar entre $V_k^{min}$ e $V_k^{max}$ . Em casos que $z_k = 0$ , o CIL não é aberto e, portanto, não há volumes de produtos passando por ele. Esta restrição trabalha em conjunto com a Restrição (19).
(29)	$\tau_k \in \{0,1\}$	Relacionada à condição de abertura de um CIL. Se o CIL estiver aberto, mas operando abaixo da capacidade máxima $\tau_k = 1$ ; caso contrário, $\tau_k = 0$ .
<b>Modelo Multiperíodo</b>		
(31)	$\sum_{m \in M_{pi}^{dir}} x_{tpijm}^{dir} + \sum_{k \in K} y_{tpikj} = d_{tpij}$ $\forall t \in T, p \in P, i \in I, j \in J$	De interpretação semelhante à Restrição (13), incluindo apenas a dimensão temporal na análise.

Restrição	Formulação matemática	Descrição
(32)	$V_{tk}^{min} \sum_{\theta=1}^t z_{\theta k} \leq \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{tpikm}^{ent} \leq V_{tk}^{max} \sum_{\theta=1}^t z_{\theta k}$ $\forall t \in T, k \in K$	O termo $\sum_{\theta=1}^t z_{\theta k}$ garante que após a abertura de um CIL em um período $t$ (atendendo aos critérios de capacidades mínima e máxima), este se manterá aberto até o último período de tempo em análise.
(33)	$\sum_{j \in J} y_{tipkj} = \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{tpikm}^{ent}$ $\forall t \in T, i \in I, p \in P, k \in K$	De interpretação semelhante à Restrição (14), incluindo apenas a dimensão temporal na análise.
(34)	$\sum_{i \in I} y_{tipkj} = \sum_{m \in M_{pk}^{sai}} x_{tpkjm}^{sai}$ $\forall t \in T, j \in J, p \in P, k \in K$	De interpretação semelhante à Restrição (15), incluindo apenas a dimensão temporal na análise.
(35)	$\sum_{k \in K} f_{tk} z_{tk} \leq F_t$ $\forall t \in T$	De interpretação semelhante à Restrição (10), incluindo apenas a dimensão temporal na análise.
(36)	$\sum_{l=(s+1)}^{ O_{tpij} } y_{tpiklj} \leq d_{tpij}(1 - \tau_{tk_s})$ $\forall p \in P, i \in I, j \in J, s \in O_{tpij}$	De interpretação semelhante à Restrição (17), incluindo apenas a dimensão temporal na análise.
(37)	$\tau_{tk} \leq \sum_{\theta=1}^t z_{\theta k}$ $\forall t \in T, k \in K$	O termo $\sum_{\theta=1}^t z_{\theta k}$ garante que após a abertura de um CIL em um período $t$ (respeitando a saturação máxima da estrutura), este se manterá aberto até o último período de tempo em análise.
(38)	$V_{tk}^{max} \sum_{\theta=1}^t z_{\theta k} - \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M_{pi}^{ent}} x_{tpikm}^{ent} \leq V_{tk}^{max} \tau_{tk}$ $\forall t \in T, k \in K$	O termo $\sum_{\theta=1}^t z_{\theta k}$ garante que após a abertura de um CIL em um período $t$ , este se manterá aberto até o último período de tempo em análise. Deve-se respeitar a opção pelo CIL de menor custo, se este não estiver saturado.
(39)	$\sum_{t \in T} z_{tk} = 1$ $\forall k \in K$	Essa restrição garante que, para cada CIL $k \in K$ , apenas uma variável $z_{tk}$ assumirá valor igual a um (1), indicando em qual período de tempo o CIL será aberto.

Restrição	Formulação matemática	Descrição
(40)	$x_{tpijm}^{dir} \geq 0$ $\forall t \in T, p \in P, i \in I, j \in J, m \in M_{pi}^{dir}$	De interpretação semelhante à Restrição (6), incluindo apenas a dimensão temporal na análise. Relaciona-se ao domínio da variável.
(41)	$x_{tpikm}^{ent} \geq 0$ $\forall t \in T, p \in P, i \in I, k \in K, m \in M_{pi}^{ent}$	De interpretação semelhante à Restrição (7), incluindo apenas a dimensão temporal na análise. Relaciona-se ao domínio da variável.
(42)	$x_{tpkjm}^{sai} \geq 0$ $\forall t \in T, p \in P, k \in K, j \in J, m \in M_{pk}^{sai}$	De interpretação semelhante à Restrição (8), incluindo apenas a dimensão temporal na análise. Relaciona-se ao domínio da variável.
(43)	$y_{tpikj} \geq 0$ $\forall t \in T, p \in P, k \in K, j \in J$	De interpretação semelhante à Restrição (16), incluindo apenas a dimensão temporal na análise. Relaciona-se ao domínio da variável.
(44)	$z_{tk} \in \{0,1\}$ $\forall t \in T, k \in K$	De interpretação semelhante à Restrição (9), incluindo apenas a dimensão temporal na análise. Relaciona-se ao domínio da variável.
(45)	$\tau_{tk} \in \{0,1\}$ $\forall t \in T, k \in K$	De interpretação semelhante à Restrição (29), incluindo apenas a dimensão temporal na análise. Relacionada ao domínio da variável, diz respeito à condição de abertura de um CIL atrelando-a a sua saturação.

<sup>1</sup> As Restrições (3) e (6)-(9) de Costa (2014) compõem o modelo de Guimarães (2015). Já as Restrições (10) e (11), embora não sejam obrigatórias, são aplicáveis com o mesmo intuito. <sup>2</sup> Tendo como base o Modelo de Guimarães (2015) acrescentam-se as restrições de livre mercado.

### 3.3 PARÂMETROS PARA APLICAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO

Uma vez apresentadas as etapas de desenvolvimento do modelo matemático aplicado para indicação dos CILs a serem abertos e/ou priorizados (conforme resultados apresentados na Seção 3.5), torna-se necessário discorrer sobre a base de dados e os parâmetros estabelecidos para dos resultados. Destaca-se que, preliminarmente, na Versão 1.0 deste relatório, uma rodada de aplicação do modelo foi realizada considerando a base de dados do PNLT 2009, com ano base 2023, visando à calibração do modelo matemático. Os resultados obtidos durante a calibração se apresentam em cenários, os quais estão descritos no Apêndice 3 do Tomo IV.

Nessa nova revisão (Versão 2.0), está sendo utilizada a base de dados do PNLT 2011 (MT, 2011), que também é utilizado como fonte principal para elaboração de cenários. Para isso, utilizaram-se as informações do PNLT 2011 com ano base 2031. É importante destacar que a escolha do ano base como 2031 se deve ao fato de que, os resultados e análises deste estudo não devem interferir no planejamento já estabelecido pelo PNLT.

De maneira complementar, com objetivo de garantir a acuracidade dos resultados encontrados e análises realizadas, a base de dados georreferenciada do PNLT 2011 (MT, 2011) foi revisada e ajustada. Os resultados desse processo de revisão e ajuste estão apresentados no Apêndice I do Tomo II.

Dessa forma, as subseções que se seguem se dedicam ao detalhamento dos dados de entrada necessários à aplicação do modelo matemático: (i) do zoneamento da área de estudo; (ii) dos produtos, seus respectivos grupos e correspondentes matrizes de produção e consumo; (iii) das redes de transporte utilizadas; (iv) dos custos logísticos (fixo, variável e operacional) associados à utilização dos CILs e da infraestrutura de transportes; (v) a composição dos cenários propostos para análise; e, (vi) demais parâmetros.

### 3.3.1 Zoneamento da Área de Estudo

Em função da dimensão geográfica, da distribuição das zonas de produção e consumo e da infraestrutura de transporte disponível, nota-se que as diferentes regiões que compõem o território brasileiro possuem características heterogêneas (Bomfim, 2014; Guimarães, 2015), as quais precisam ser levadas em consideração na aplicação do modelo proposto no presente relatório.

Costa (2014) ressalta que a segmentação da área de estudo em zonas deve permitir a representação de regiões com características homogêneas, em relação à demanda por transportes. Assim, em consonância com o PNLT 2011 (MT, 2011), adotaram-se os seguintes critérios para definição dos zoneamentos do território nacional:

- 1) A unidade espacial mínima de cada zona de transporte deve abranger os limites municipais, ou seja, nenhuma zona pode ser formada por parte de um município (ou partes de diferentes municípios). Portanto, a extensão territorial municipal deve ser considerada em sua totalidade;
- 2) As zonas de transporte podem agregar um ou mais municípios, sendo recomendável a correspondência a alguma unidade espacial adotada pelo IBGE (microrregiões ou mesorregiões homogêneas). Este critério tem como objetivo facilitar a obtenção dos dados socioeconômicos e de produção e consumo;
- 3) A densidade da malha de transporte deve ser considerada para fins de zoneamento. Assim, regiões com maior densidade – como áreas do Sudeste brasileiro – devem ser subdivididas em um maior número de loteamentos (conforme ilustrado na Figura 3.2); e
- 4) Os fluxos de importação (ou exportação) também devem ser considerados.



**Figura 3.2** – Zoneamento da área de estudo segundo o PNLT 2011.

Por meio da adoção dos quatro critérios acima definidos, a área de estudo é subdividida em 559 regiões consideradas homogêneas – de acordo com o PNLT (MT, 2011). Destas, 558 zonas estão localizadas dentro do território nacional e uma zona representa os fluxos de importação e exportação. A distribuição territorial das microrregiões está apresentada na Figura 3.2 e é detalhada quantitativamente, por estado e região do país no Quadro 3.14.

**Quadro 3.14** – Microrregiões por estado e região.

Região	Estado	Nº de microrregiões	Total por região
Norte	Rondônia	8	64
	Acre	5	
	Amazonas	13	
	Roraima	4	
	Pará	22	
	Amapá	4	
	Tocantins	8	
Nordeste	Maranhão	21	188
	Piauí	15	
	Ceará	33	
	Rio Grande do Norte	19	
	Paraíba	23	
	Pernambuco	19	
	Alagoas	13	
	Sergipe	13	
	Bahia	32	
Sudeste	Minas Gerais	66	160
	Espírito Santo	13	
	Rio de Janeiro	18	
	São Paulo	63	
Sul	Paraná	39	94
	Santa Catarina	20	
	Rio Grande do Sul	35	
Centro Oeste	Mato Grosso do Sul	11	52
	Mato Grosso	22	
	Goiás	18	
	Distrito Federal	1	
Exterior <sup>1</sup>		1	1
<b>Total</b>		<b>559</b>	<b>559</b>

<sup>1</sup> Considera-se o exterior como uma única região, por questões de simplificação. Dessa forma, não importa o país de origem e destino da carga e sim se ela é exportada, importada ou consumida internamente. Caso seja importada ou exportada, a microrregião considerada é a "exterior", independente da origem ou do destino final.

Fonte: Guimarães (2015).

Pela análise do PNLT 2011 (MT, 2011), nota-se que cada região (ou grupo de regiões) tem vocação para produção de determinado produto (ou serviço). De forma análoga, as demandas por carga variam entre as microrregiões definidas neste zoneamento. Assim, faz-se necessário apresentar os grupos de carga considerados no estudo, bem como sobre suas matrizes O/D. Este tema é abordado na Seção 3.3.2, que se segue.

### 3.3.2 Grupos de Produtos

De acordo com a versão mais recente do PNLT 2011 (MT, 2011), a escolha dos produtos a serem estudados foi baseada no Sistema de Contas Nacionais – SCN do IBGE. Esta classificação está integrada à Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE e à lista de produtos (PRODLIST) adotada nas pesquisas do IBGE e, também, em registros administrativos utilizados no SCN. Esta integração possibilita a leitura e tradução direta da base de dados básicos na classificação de produtos (e atividades) adotada no SCN. O SCN, ano referência 2000, utiliza dois níveis de agregação para a classificação adotada.

Ressalta-se que as singularidades relacionadas às cargas indicadas neste plano, aliadas às dificuldades de obtenção de informações, inviabilizam a possibilidade de haver uma uniformidade de bases e critérios para os 110 produtos da classificação do SCN. Assim, o PNLT 2011 (MT, 2011) indica a criação de grupos de produtos compatíveis, em termos de transportes, como solução para o estabelecimento de uma relação entre “valor monetário da carga” e “toneladas transportadas”.

Dessa forma, os produtos foram classificados em cinco grupos no que tange a transporte de cargas, considerando (MT, 2011):

- Forma de comercialização e distribuição dos produtos;
- Tipo de movimentação e portabilidade das cargas;
- A cada elo de uma cadeia produtiva, novos processos alteram a relação entre tonelada e valor monetário transportado; novos valores de produção e impostos são agregados; e novas “portabilidades” de carga podem requerer alternativas de modais; e
- Disponibilidade de informações confiáveis.

A lista com todos os produtos considerados no PNLT 2011 bem como o agrupamento de acordo com suas características foi apresentado no Relatório 2. No entanto, no que concerne aos grupos de produtos considerados para avaliação de CILs potenciais deste estudo, são consideradas as matrizes de produção e consumo de 89 dos 110 produtos indicados no PNLT, projetadas para o ano de 2031.

Ressalta-se que os 110 produtos mencionados, refere-se a bens e serviços, e desses, 89 referem-se efetivamente a produtos e que, associados a estes, existem

matrizes de produção e consumo em toneladas, enquanto que, os demais 21, referem-se a serviços, que são caracterizados por matrizes financeiras.

Portanto, como os produtos representados por matrizes financeiras não podem ser alocados em rede da mesma forma que aqueles caracterizados em toneladas, para fins de análise, somente os 89 produtos cujas matrizes de produção e consumo estão registradas em toneladas no PNLT 2011 (MT, 2011) foram considerados nesse estudo.

Esses produtos foram agrupados em cinco categorias, conforme exposto no Quadro 3.15. A categoria 1 reúne 14 produtos classificados como graneis vegetais, as categorias 2 e 3 reúnem 7 produtos cada, classificados como graneis sólidos e graneis líquidos, respectivamente, e a categoria 4 é composta por 5 produtos classificados como neogranéis. Para os 33 produtos destas 4 categorias, o PNLT disponibiliza matrizes de produção e consumo individuais.

Cabe salientar que a Categoria 5, composta por produtos classificados como Carga Geral, possui três subgrupos de produtos: 21 produtos caracterizados como “Carga Geral”, que possuem matrizes de produção e consumo individuais; 7 produtos caracterizados como “Carga Geral de alto valor agregado” para os quais o PNLT só disponibiliza uma matriz de volumes agregada; e outros 28 produtos caracterizados como “Carga Geral de médio valor agregado” para os quais o PNLT também só disponibiliza uma matriz de volumes agregada.

**Quadro 3.15** – Grupos de produtos considerados para elaboração dos cenários.

Grupo de Carga	Código IBGE	Produto
Categoria 1	1	Arroz em casca
	2	Milho em grão
	3	Trigo em grão e outros cereais
	4	Cana-de-açúcar
	5	Soja em grão
	6	Outros produtos e serviços da lavoura
	7	Mandioca
	8	Fumo em folha
	9	Algodão herbáceo
	10	Frutas cítricas
	11	Café em grão
	12	Produtos da exploração florestal e da silvicultura
	29	Óleo de soja bruto, tortas, bagaços e farelo de soja
	51	Celulose e outras pastas para fabricação de papel

Grupo de Carga		Código IBGE	Produto
Categoria 2	Granéis Sólidos	20	Minério de ferro
		21	Carvão mineral
		22	Minerais metálicos não ferrosos (bauxita)
		23	Minerais não metálicos
		61	Produtos químicos inorgânicos
		62	Produtos químicos orgânicos
		63	Fabricação de resina e elastômeros
Categoria 3	Granéis Líquidos	19	Petróleo e gás natural
		55	Gasolina automotiva
		56	Gasó-álcool
		57	Óleo combustível
		58	Óleo diesel
		59	Outros produtos do refino de petróleo e coque
		60	Álcool
Categoria 4	Neogranéis	73	Gusa e ferro-liga
		74	Semiacabados, laminados planos, longos e tubos de aço
		84	Automóveis, camionetas e utilitários (eq. 1 ton.)
		85	Caminhões e ônibus (eq. 7 ton.)
		89	Sucatas recicladas
Categoria 5	Carga Geral	13	Bovinos e outros animais vivos
		14	Leite de vaca e de outros animais
		15	Suínos vivos
		16	Aves vivas
		17	Ovos de galinha e de outras aves
		18	Pesca e aquicultura
		24	Abate e preparação de produtos de carne
		25	Carne de suíno fresca, refrigerada ou congelada
		26	Carne de aves fresca, refrigerada ou congelada
		31	Óleo de soja refinado
		34	Arroz beneficiado e produtos derivados
		35	Farinha de trigo e derivados
		36	Farinha de mandioca e outros
		37	Óleos de milho, amidos e féculas vegetais; e rações
		38	Produtos das usinas e do refino de açúcar
		39	Café torrado e moído
		40	Café solúvel
		43	Produtos do fumo
		52	Papel e papelão, embalagens e artefatos
		54	Gás liquefeito de petróleo
71	Cimento		

Grupo de Carga		Código IBGE	Produto
Categoria 5	Carga Geral de alto valor agregado <sup>1</sup>	47	Artigos do vestuário e acessórios
		48	Preparação do couro e fabricação de artefatos - exclusive calçados
		49	Fabricação de calçados
		64	Produtos farmacêuticos
		80	Máquinas para escritório e equipamentos de informática
		82	Material eletrônico e equipamentos de comunicações
		83	Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico
Categoria 5	Carga Geral de médio valor agregado <sup>2</sup>	27	Pescado industrializado
		28	Conservas de frutas, legumes e outros vegetais
		30	Outros óleos e gordura vegetal e animal exclusive milho
		32	Leite resfriado, esterilizado e pasteurizado
		33	Produtos do laticínio e sorvetes
		41	Outros produtos alimentares
		42	Bebidas
		44	Beneficiamento de algodão e de outros têxteis; e fiação
		45	Tecelagem
		46	Fabricação outros produtos têxteis
		50	Produtos de madeira - exclusive móveis
		53	Jornais, revistas, discos e outros produtos gravados
		65	Defensivos agrícolas
		66	Perfumaria, sabões e artigos de limpeza
		67	Tintas, vernizes, esmaltes e lacas
		68	Produtos e preparados químicos diversos
		69	Artigos de borracha
		70	Artigos de plástico
		72	Outros produtos de minerais não metálicos
		75	Produtos da metalurgia de metais não ferrosos
		76	Fundidos de aço
		77	Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamento
		78	Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos
		79	Eletrodomésticos
		81	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos
		86	Peças e acessórios para veículos automotores
87	Outros equipamentos de transporte		
88	Móveis e produtos das indústrias diversas		

Nota: Para maiores detalhes sobre as características de cada grupo de produto indicado no PNLT recomenda-se a leitura do Relatório 2, o qual aborda as nuances deste plano.

<sup>1</sup> As cargas de alto valor agregado, representadas por uma matriz de produção e consumo única – agregada a partir das informações da matriz financeira – são alocadas no PNLT 2011 tanto no ano base como nos anos futuros, apenas na malha rodoviária.

<sup>2</sup> As cargas de médio valor agregado, também representadas por uma matriz de produção e consumo única são alocadas no PNLT 2011 no ano base apenas na malha rodoviária, ficando para 2031 a alocação multimodal desta categoria de produtos.

Assim, embora 89 produtos tenham sido considerados, são avaliadas apenas 56 matrizes de produção e consumo (54 matrizes de produtos individuais + 2 matrizes de produtos agregados – Carga Geral de “alto” e “médio” valor agregado). Elucida-se que as matrizes de produção se referem à quantidade de cada tipo de produto a ser enviada de uma zona de demanda para uma zona de consumo (passando ou não por um CIL).

Definido o zoneamento em microrregiões, faz-se necessário apresentar a rede de transporte que as conecta (permitindo a circulação dos produtos apresentados nesta seção), visto que a infraestrutura de transporte disponível em determinada área impacta diretamente na decisão do transportador (MARTINS *et al.*, 2005). Dessa forma, a Seção 3.3.3 discorre sobre a rede de transportes multimodal georreferenciada do PNLT revisada e ajustada para este trabalho, conforme descrições apresentadas no Tomo II – Apêndice I.

### 3.3.3 Infraestrutura de Transporte

Para aplicação do modelo matemático proposto, toma-se como base a rede viária multimodal do PNLT 2011 (MT, 2011), considerando a necessidade de calibrações de custos operacionais nessa rede (com ênfase para o modo rodoviário, conforme descrito no Tomo II – Apêndice I) e apropriações de custos logísticos a serem praticados pelos CILs.

Ressalta-se que as atualizações na rede rodoviária foram feitas por meio do uso da metodologia HDM-4, que simula as condições de comportamento, desempenho e custos envolvidos no período de vida de um projeto rodoviário. Destaca-se que a metodologia do HDM-4 também permite a atualização geográfica da rede de oferta e também da base de custos, conforme detalhado no Tomo II – Apêndice I.

Além disso, foram feitas atualizações na rede ferroviária, com atenção especial à necessidade de caracterização do Programa de Investimento em Logística – PIL, que não havia sido contemplado na última versão do PNLT (tendo em vista que seu lançamento foi posterior à elaboração deste plano). Além disso, houve revisões e inserções de bases referentes a objetos logísticos de interesse para análise dos CILs, conforme exposto no Tomo II – Apêndice I.

Salienta-se que, na aplicação, adota-se como rede multimodal referencial aquela composta pelos modos rodoviário, ferroviário e/ou hidroviário. Entretanto, para alguns

grupos de carga com foram habilitados a cabotagem e/ou o transporte dutoviário, de acordo com a tipologia da carga e a aderência ao cenário vigente.

A cabotagem foi habilitada, principalmente, para os produtos dos Grupos de Granéis Líquidos (com exceção do produto de código 59 – Quadro 3.15) e Carga Geral de “médio valor agregado” (todos os 28 produtos), mas também, para Minério de Ferro (Granéis Sólidos – código 20) e Milho em Grão (Granéis Vegetais – código 2). Já para o transporte dutoviário, contemplaram-se os produtos do Grupo de Granéis Líquidos referentes a combustíveis (códigos 55, 56, 57, 58, 59 e 60) e do Grupo Granéis Sólidos (minério de ferro – código 20).

Tendo em vista que os custos operacionais e de frete variam de acordo com o modo de transporte, a seção seguinte aborda esta temática, estendendo-se aos custos de utilização do CIL.

### **3.3.4 Custos Logísticos**

Os custos logísticos, incluindo custos de transportes e nos terminais, se referem aos custos de movimentação de determinada mercadoria da sua origem ao seu destino final. Dessa forma, diversos fatores podem influenciá-lo, como: o tipo de mercadoria (características físicas e morfológicas influenciam na maneira de transportar e de manusear a carga), o valor associado (sistema de segurança diferenciado, por tipo de carga) e a localização dos pontos de produção e consumo (distância, condição das estradas, número de pedágios, entre outros).

Já os custos operacionais estão relacionados a variáveis, tais como os tipos de via; pavimento; relevo; e veículo; que influenciam diretamente na escolha de rotas, gerando em alguns casos, custos distintos para distâncias iguais. Enquanto que, o valor do frete, está relacionado ao valor pago a terceiros para o transporte de mercadorias, incluindo, portanto, a remuneração do transportador e, em alguns casos, os custos nos terminais. (NTC, 2001; Castro, 2003; Costa, 2014; Guimarães, 2015).

Cabe salientar que o modelo matemático é balizado pelo custo operacional para definição do caminho mínimo, ou seja, busca-se identificar a conexão entre zonas de produção e consumo de menor custo operacional (e não de menor distância). Isso porque o caminho mais curto entre pontos de origem e destino não significa, necessariamente, que este é a conexão de menor custo, tendo em vista que as

condições das vias, a existência de pedágios, balsas, entre outros fatores podem elevar o custo total deste *link*.

Sendo assim, o modelo matemático proposto aborda os custos operacionais relacionados a cada modo de transporte, os valores dos fretes aplicados para compor o custo logístico, bem como os custos de utilização e implantação de CILs.

Em relação ao custo operacional, relacionado ao modo rodoviário, a atualização da base de dados de custos do PNLT 2011 (MT, 2011) tem maior relevância quando comparado aos demais modos. Tal fato se justifica porque, a extensa malha de rodovias (95% da rede de transportes) gera um número elevado de possibilidades de rotas, enquanto que nos demais modo existe pouca, ou nenhuma, concorrência (competição) de rotas. Isso faz com que as decisões de uso e análises de caminho/custo mínimo, para o modo rodoviário, sejam mais sensíveis aos custos operacionais, por consequência, seja mais relevante à atualização desses custos nas rodovias.

Ressalta-se ainda que, para tanto, a base de dados rodoviária do PNLT (MT, 2011) foi atualizada por meio do HDM-4 (Tomo II – Apêndice I), a fim de tornar tais custos mais aderentes à realidade das rodovias nacionais. Isso é importante porque a malha rodoviária brasileira apresenta diferentes opções de conexão entre pontos de origem e destino, sendo que o custo influencia diretamente na escolha da rodovia a ser utilizada. Destaca-se que o HDM-4 considera as características geométricas das rodovias e seu estado de conservação, a existência de pedágios, entre outros fatores, para determinar o custo operacional associado.

Por esses motivos, para os demais modos, pode-se utilizar a base de custos operacionais do PNLT 2011 (MT, 2011) com segurança. Assim, os Quadros 3.16, 3.17 e 3.18 apresentam os custos operacionais adotados para os modos ferroviário, hidroviário e cabotagem, respectivamente. Quando ao modo dutoviário, adotou-se o valor de R\$ 0,032/t.km (MT, 2011).

No que concerne aos custos cobrados pelo transporte das mercadorias especificamente foram adotadas as curvas de frete do PNLT 2011. As curvas relacionam o preço do frete ao conforme o tipo de produto e a distância percorrida, por modo de transporte, conforme apresentado nas Figuras 3.3 a 3.7.

**Quadro 3.16** – Custos operacionais associados ao modo ferroviário

Operadora ferroviária	Custo operacional (R\$/t.km)
FCA	0,060
EFC – Carajás	0,013
FNS	0,025
MRS	0,023
FTC	0,219
EFVM	0,015
TLSA	0,080
Ferroeste	0,041
ALL	0,037
Novas ferrovias <sup>1</sup>	0,025

<sup>1</sup> Para novas ferrovias (em projeto, mas ainda não concessionadas), adotou-se o valor da ferrovia FNS.

**Quadro 3.17** – Custos operacionais associados ao modo hidroviário

Hidrovia	Custo operacional (R\$/t.km)
Rio Madeira	0,0081
Tocantins-Araguaia	0,0117
Teles Pires-Tapajós	0,0117
São Francisco	0,0117
Tietê-Paraná	0,0117
Paraguai-Paraná	0,0084
Taquari	0,0084

**Quadro 3.18** – Custos operacionais associados à cabotagem

Cabotagem	Custo operacional
Custo Fixo <sup>1</sup> (R\$/t)	52,44
Custo Variável (R\$/t.km)	0,001

<sup>1</sup> O custo fixo equivale à taxa portuária.

Destaca-se que para elaboração das curvas de frete usadas pelo PNLT e aplicadas neste trabalho, tomaram-se como fontes de dados (MT, 2011):

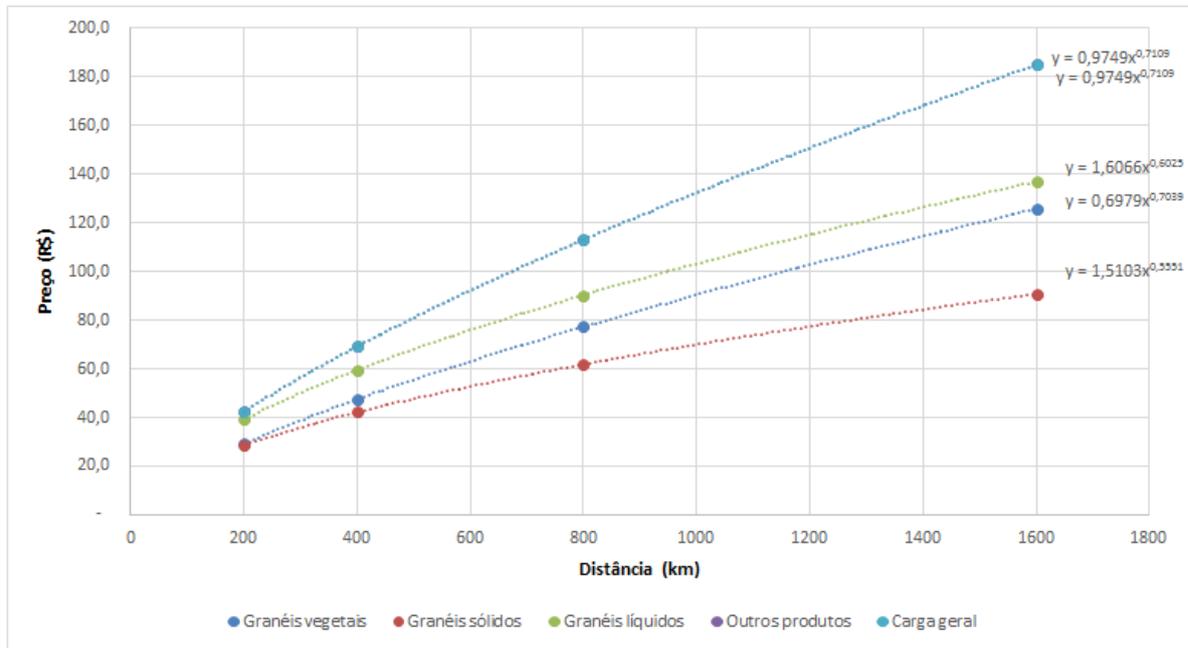
- Banco de dados do Sistema de Informação de Fretes Agrícolas, do Departamento de Economia, Administração e Sociologia – SIFRECA da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo – ESALQ/USP.
- Tabela de fretes ferroviários máximos autorizados pela ANTT, para as diferentes concessionárias;
- Custos de transporte dutoviário, divulgados pela Transpetro.

- Pesquisa de Mercado, aplicado para a calibração da curva de todos os modos de transporte.

Dessa forma, as curvas de frete rodoviário e hidroviário (por tipo de produto) foram elaboradas com base nos dados obtidos no SIFRECA, os quais foram calibrados por meio de pesquisa de mercado. As curvas de frete ferroviário, por sua vez, foram estabelecidas com base nos valores de frete máximo autorizados pela ANTT e, também, nos resultados da pesquisa de mercado. Em relação às curvas de frete dutoviário, foram levantados dados da Transpetro e, de forma análoga aos modos anteriores, foram feitas pesquisas de mercado. Por fim, para as curvas de cabotagem utilizaram-se as mesmas fontes, acrescidas dos dados SIFRECA.

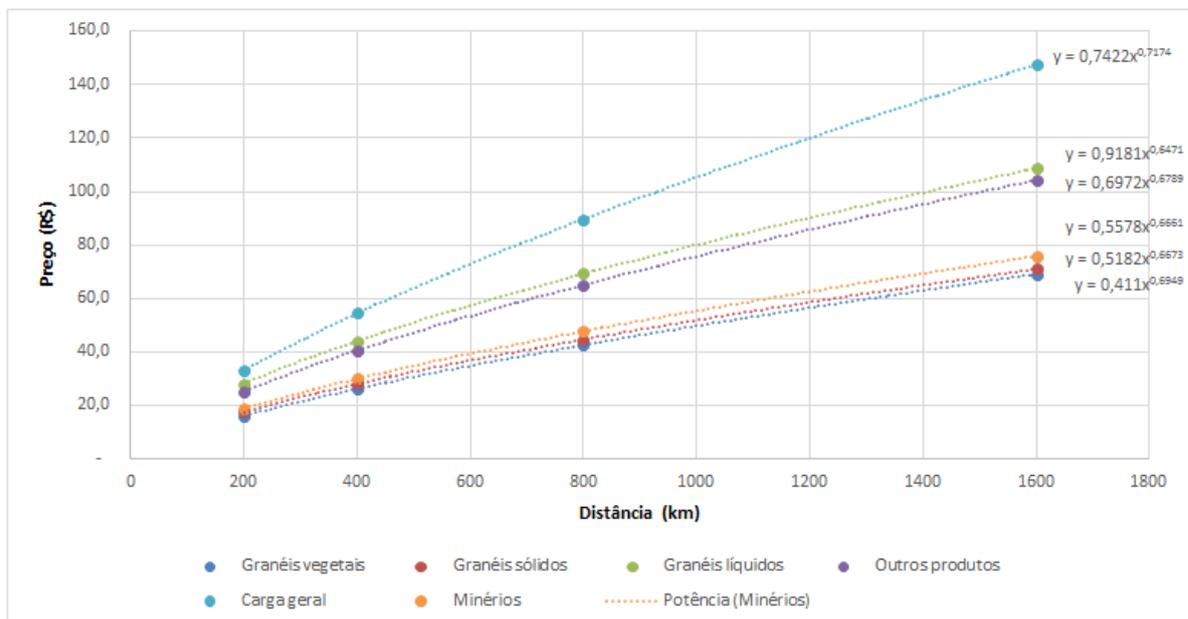
Em relação aos aspectos metodológicos da definição de cada curva, em linhas gerais, o relatório do PNLT (MT, 2001) indica que os produtos foram agregados em função das características de transporte e de mercado. A partir disso, calculou-se uma curva média que permitiu o estabelecimento da função frete. Além disso, a fim de eliminar eventuais distorções causadas por fluxos de pequena proporção (tais como tarifas excessivamente alta ou baixas associadas à quantidade movimentada e a fretes de retorno), os volumes transportados foram considerados elementos de ponderação para a montagem das curvas.

Destaca-se que o frete de cabotagem se relaciona somente com a distância (não variando por tipo de produto), contudo considera como custo fixo as taxas portuárias às quais este tipo de transporte está sujeito ao utilizar os portos marítimos como pontos de embarque e desembarque das mercadorias – taxas estas que não são observadas nos demais modos. Já para o modo dutoviário, consideram-se apenas os granéis líquidos, no caso os combustíveis, como cargas com potencial de utilização deste modo na alocação da produção para determinação de localização de CILs. Os volumes daqueles produtos que utilizam redes dutoviárias específicas são desconsiderados nesta análise visto que não agregam volumes que possam sensibilizar a abertura de CILs.



**Figura 3.3** – Curvas de frete rodoviário.

Fonte: PNLT 2011 (MT, 2011).



**Figura 3.4** – Curvas de frete ferroviário.

Fonte: PNLT 2011 (MT, 2011).

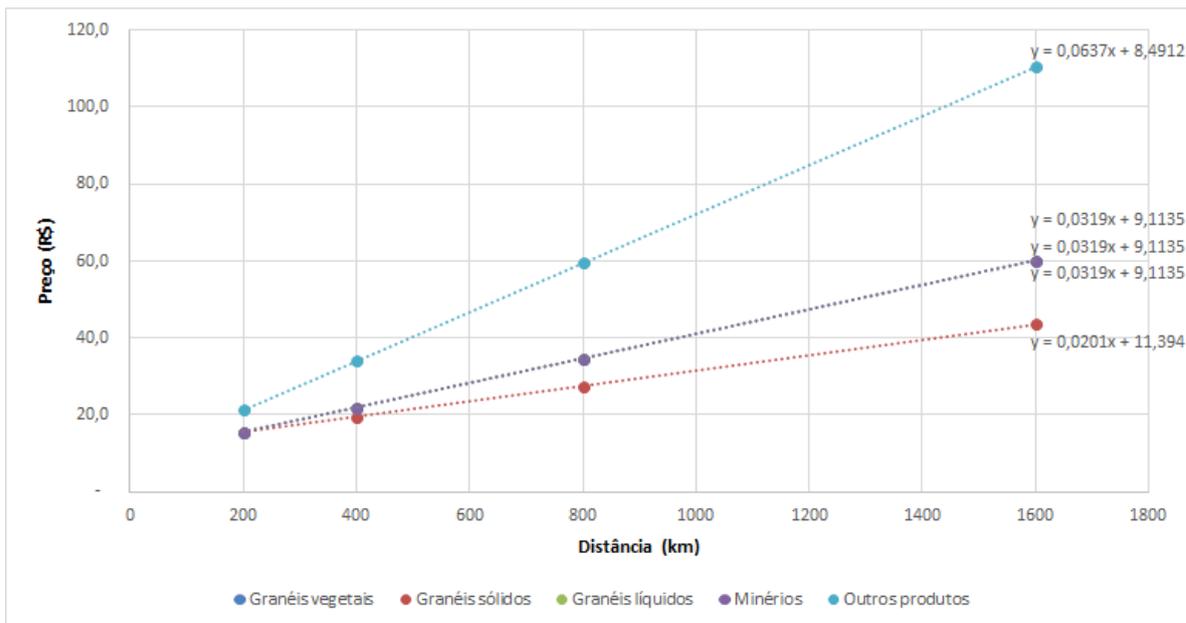


Figura 3.5 – Curvas de frete hidroviário.

Fonte: PNLT 2011 (MT, 2011).

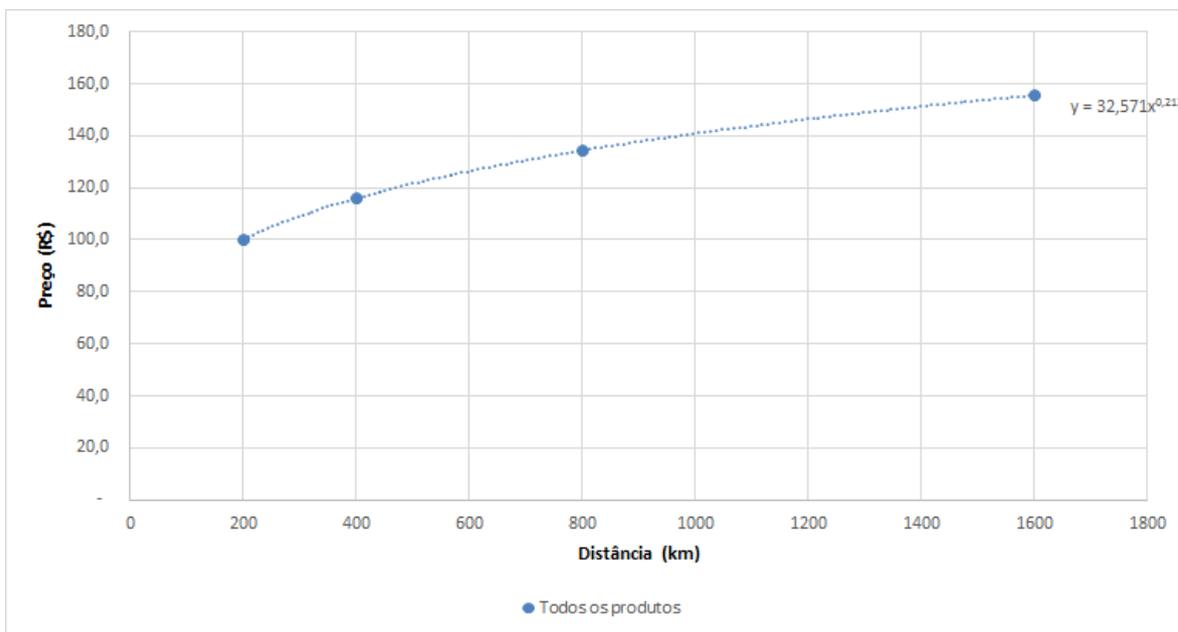
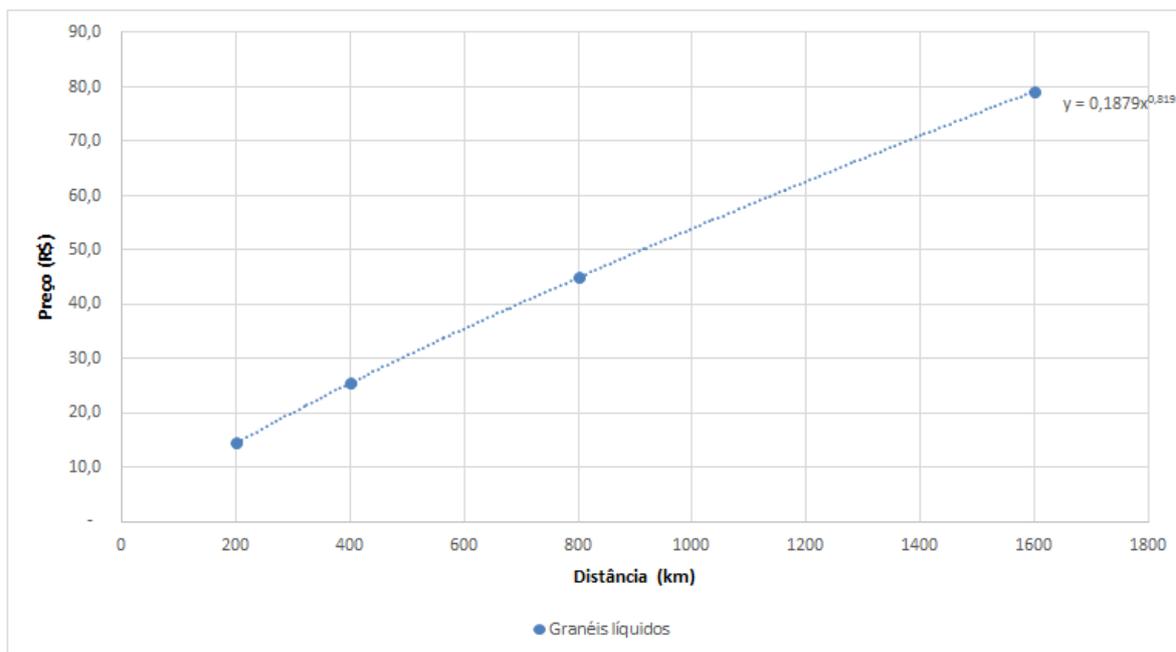


Figura 3.6 – Curvas de frete para cabotagem.

Fonte: PNLT 2011 (MT, 2011).



**Figura 3.7** – Curvas de frete para o modo dutoviário.

Fonte: PNLT 2011 (MT, 2011).

Além dos custos operacionais e de frete, são considerados no modelo matemático os custos de utilização das estruturas de integração logística, os quais se dividem em custos variáveis (R\$/t), custos fixos (em R\$, associados à manutenção do CIL) e os custos de transbordo (R\$/t).

Em relação aos custos de utilização do CIL, com base nos dados da CONAB (2013), também utilizados por Costa (2014) e Guimarães (2015), assume-se que os custos variáveis são equivalentes a R\$ 8,17/t e consideram: (1) custo de recebimento e expedição; (2) custos de armazenagem e conservação quinzenal para grânéis; (3) custos relacionados às operações ferroviárias e hidroviárias; e, (4) taxa administrativa, estipulada em 10% do subtotal, composto pelos itens (1), (2) e (3), para representar os custos de manutenção da estrutura e emissão de documentos.

Já para os custos fixos de utilização do CIL é adotado, de forma simbólica, o valor de R\$1,00 que é considerado apenas para fins de modelagem visto que os custos administrativos já estão incorporados no custo variável descrito e, portanto, não precisam ser explicitados como custos fixos.

Em relação aos custos de transbordo, considerados na transferência de cargas entre modos distintos, foi adotado o mesmo custo de transbordo do PNLT 2011, ou seja, o valor de R\$3,00/t para todos os tipos de carga.

Por fim, no que se refere aos custos de implantação de CILs, estes são considerados iguais à zero sugerindo que, independente do custo de instalação o Governo Federal deva investir em tais estruturas. Cabe destacar que no modelo matemático proposto, os custos de implantação entram como uma restrição à abertura dos CILs, ou seja, entram na modelagem para avaliar cenários com restrições de investimento, limitando as opções de locais para sua abertura, o que se entende como uma opção para estudo de cenários específicos, mas não adequados ao estudo de proposição de locais para avaliação e futura elaboração de propostas em um cenário de planejamento futuro.

Como justificativa, parte-se do princípio que estas estruturas são fundamentais para o desenvolvimento estratégico do setor de transporte no país, gerando reflexos positivos em outros setores. Tais reflexos são decorrentes do aumento da eficiência (tanto no que concerne aos custos totais de transporte, quanto ao tempo de viagem) e, conseqüentemente, aumentam a competitividade da economia nacional.

Salienta-se, no entanto, que o modelo matemático pode considerar estes custos (por meio das restrições 10 - limitação orçamentária - e 11 - número limitado de CILs a serem instalados) e, assim, avaliar a sensibilidade dos resultados de redução de custos a partir da aplicação de níveis diferenciados de investimentos.

Apresentados os custos associados ao modelo matemático proposto para definição de localização de CILs, a próxima seção se dedica a descrição de outros parâmetros gerais adotados nesta aplicação.

### **3.3.5 Composição dos Cenários Propostos**

A composição dos cenários propostos para análise, cujos resultados são apresentados na Seção 3.5, consideram, principalmente, informações dos Grupos de Produtos (Seção 3.3.2) e Infraestrutura de Transporte (Seção 3.3.3). Dessa forma, foram estabelecidos seis cenários: (1) Granéis Vegetais; (2) Neogranéis; (3) Granéis Líquidos; (4) Granéis Sólidos; (5) Carga Geral; e (6) Todos os Produtos; sendo que, o Cenário 6 é formado pela agregação dos resultados obtidos nos cinco primeiros cenários. A composição de cada um dos cenários é apresentada a seguir.

Salienta-se que aqueles produtos cuja vocação de transporte é exclusivamente rodoviária, como “mandioca” para granéis vegetais e “bovinos e outros animais vivos”

para carga geral, não foram considerados para obtenção dos resultados. Inicialmente, optou-se por considerar as matrizes de produção e consumo destes produtos como vocacionais para integração rodo-ferroviária, a fim de verificar o comportamento dos resultados. Notou-se que os volumes de carga ficam pulverizados, sendo necessária a consolidação de vários grupos de cargas (algumas vezes com características não homogêneas) para viabilizar a abertura de um CIL.

Diante disso, tendo em vista que um CIL tem como objetivo principal a promoção de integração logística intermodal e as cargas mencionadas têm maior aderência ao transporte unicamente rodoviário, conforme preconizado pelos estudos anteriores do PNLT, optou-se por não as considerar nos cenários propostos. Ademais, uma vez que o Termo de Referência do presente estudo impõe a adequação às diretrizes e políticas indicadas pelo PNLT, e o referido plano não considerou os produtos de código 4, 6, 7 e 10 (para granéis vegetais), 89 (para neogranéis), 13, 14, 15, 16, 17, 18, 31, 35, 36, 37, 39, 40, 43, 47, 48, 49, 52, 64, 80, 82, 83 (para carga geral), estes também não foram considerados para avaliação de localização de CILs.

Cabe salientar, ainda, que o tempo computacional para resolução dos cenários envolvendo os produtos mencionados elevou consideravelmente, em função da pulverização das matrizes O/D. A única exceção a esta regra foi aplicada ao produto “veículos” (categoria neogranéis), pois se considera que estes podem ser containerizados (conforme identificado nas visitas técnicas nacionais e internacionais feitas para elaboração do Relatório 4) e, desta forma, teriam vocação para ser transportados pela ferrovia. Portanto, usou-se a rede rodo-ferro para o produto “veículos” (o qual, engloba tanto automóveis quanto caminhões – códigos 84 e 85 do IBGE) de modo a fomentar o uso de alternativas integradas de transporte, no futuro, a fim de obter ganhos relacionados à eficiência de escala.

As seções 3.3.5.1 a 3.3.5.5 detalham os parâmetros adotados para a avaliação dos cinco primeiros cenários propostos. Já o cenário considerando todos os produtos consiste na consolidação dos resultados cenários individuais, portanto, não carece de apresentação de informações específicas.

## 3.3.5.1 Cenário 1

Para o Grupo de Granéis Vegetais, foram considerados 10 produtos (códigos - 1, 2, 3, 5, 8, 9, 11, 12, 29, 51) conforme Quadro 3.19.

**Quadro 3.19** – Composição de produtos do cenário de Granéis Vegetais.

Grupo	Cód.	Produtos	Modos				Curva de Frete
Granéis Vegetais	4	Cana-de-açúcar	R				Outros Produtos
	6	Outros produtos e serviços da lavoura	R				Outros Produtos
	7	Mandioca	R				Outros Produtos
	10	Frutas cítricas	R				Outros Produtos
	9	Algodão herbáceo	R	F			Outros Produtos
	11	Café em grão	R	F			Outros Produtos
	12	Produtos da exploração florestal e da silvicultura	R	F			Outros Produtos
	1	Arroz em casca	R	F	H		Granéis Vegetais
	3	Trigo em grão e outros cereais	R	F	H		Granéis Vegetais
	5	Soja em grão	R	F	H		Granéis Vegetais
	8	Fumo em folha	R	F	H		Granéis Vegetais
	29	Óleo de soja em bruto, tortas, bagaços e farelo de soja	R	F	H		Granéis Vegetais
	51	Celulose e outras pastas para fabricação de papel	R	F	H		Outros Produtos
	2	Milho em grão	R	F	H	C	Granéis Vegetais

Como explicado anteriormente, os produtos 4, 6, 7 e 10 não foram considerados por serem vocacionalmente rodoviários, segundo as matrizes do PNLT. Assim, dentre os produtos selecionados para este grupo (cujos códigos estão marcados em verde no Quadro 3.19), algodão herbáceo, café em grão e produtos da exploração florestal e da silvicultura foram rodados considerando a possibilidade de integração rodo-ferroviária. No que concerne à curva de frete, selecionou-se a curva relacionada à categoria “outros produtos” para ambos os modos (Figuras 3.3 e 3.4).

Para os demais produtos, considerou-se a possibilidade de integração rodo-ferro-hidroviária, aplicando-se a curva de frete de “granéis vegetais” para os três modos, com exceção dos produtos de código: (a) 51 (Celulose e outras pastas para fabricação de papel) – em que se adotou a curva para “outros produtos”; e (b) 2 (Milho em grão) – que, embora tenha adotado a curva de frete para “granéis vegetais” considerou também a cabotagem como alternativa de transporte.

3.3.5.2 *Cenário 2*

Para o Grupo de Neogranéis, foram todos os produtos, com exceção da sucata em função da sua vocação rodoviária e da pulverização dos seus pontos de produção, conforme apresentado no Quadro 3.20.

**Quadro 3.20** – Composição de produtos do cenário de Neogranéis.

Grupo	Cód.	Produtos	Modos			Curva de Frete
Neogranéis	84	Automóveis, camionetas e utilitários (eq. 1 ton.)	R	F <sup>(1)</sup>		Carga Geral
	85	Caminhões e ônibus (eq. 7 ton.)	R	F <sup>(1)</sup>		Carga Geral
	89	Sucatas recicladas	R			Outros Produtos
	73	Gusa e ferro-liga	R	F	H	Outros Produtos
	74	Semiacabacados, laminados planos, longos e tubos de aço	R	F	H	Outros Produtos

Nota: (1) Na indicação original do PNL 2011, apenas o modo rodoviário foi considerado.

Embora o PNL 2011 não indique possibilidade os produtos dos grupos 84 e 85 (veículos) serem transportados pelo modo ferroviário, pelos motivos já evidenciados (possibilidade de containerização para transporte ferroviário, conforme visto nas experiências internacionais), considerou-se a possibilidade de integração rodo-ferroviária. Em relação à curva de frete, selecionou-se a curva de “carga geral” como mais aderente a estes produtos.

Para os demais produtos, de origem siderúrgica, consideraram-se como alternativas de transporte os modos rodoviário, ferroviário e hidroviário, adotando-se a curva de frete da categoria “outros produtos”.

3.3.5.3 *Cenário 3*

Para o Grupo de Granéis Líquidos, com exceção de petróleo e gás natural, foram considerados todos os produtos, conforme apresentado no Quadro 3.21. Petróleo e gás natural na foram tratados por já terem uma logística estabelecida, com rede de distribuição própria, não sendo, portanto, atrativos para abertura de CILs.

Para este grupo, com exceção da categoria 59 (Outros produtos do refino de petróleo e coque), os modos rodoviário, ferroviário, hidroviário, dutoviário e cabotagem foram considerados como alternativas de transporte. Em relação à curva de frete,

adotou-se a curva de “granéis líquidos”. Já para os produtos de código 59, a cabotagem não foi considerada como uma alternativa de transporte e, no que concerne ao frete, adotou-se a curva de “outros produtos”.

**Quadro 3.21** – Composição de produtos do cenário de Granéis Líquidos.

Grupo	Cód.	Produtos	Modos					Curva de Frete
Granéis Líquidos	19	Petróleo e gás natural	-	-	-	-	-	
	60	Álcool	R	F	H	C	D <sup>(1)</sup>	Granéis Líquidos
	55	Gasolina automotiva	R	F	H	C	D <sup>(2)</sup>	Granéis Líquidos
	56	Gasoolcool	R	F	H	C	D <sup>(2)</sup>	Granéis Líquidos
	57	Óleo combustível	R	F	H	C	D <sup>(2)</sup>	Granéis Líquidos
	58	Óleo diesel	R	F	H	C	D <sup>(2)</sup>	Granéis Líquidos
	59	Outros produtos do refino de petróleo e coque	R	F	H		D <sup>(2)</sup>	Outros Produtos

Nota: (1) Dutoviário somente para álcool; e (2) Dutoviário combinado.

#### 3.3.5.4 Cenário 4

Quanto ao Grupo de Granéis sólidos, foram consideradas as matrizes O/D de todos os produtos que o compõem, conforme apresentado no Quadro 3.22.

**Quadro 3.22** – Composição de produtos do cenário de Granéis Sólidos.

Grupos	Cód.	Produtos	Modos					Curva de Frete
Granéis Sólidos	20	Minério de ferro	R	F	H <sup>(1)</sup>	C	D <sup>(2)</sup>	Minérios
	23	Minerais não metálicos	R	F				Outros Produtos
	21	Carvão mineral	R	F	H			Outros Produtos
	22	Minerais metálicos não ferrosos (bauxita)	R	F	H			Minérios
	61	Produtos químicos inorgânicos	R	F		C		Granéis Sólidos
	62	Produtos químicos orgânicos	R	F		C		Granéis Sólidos
	63	Fabricação de resina e elastômeros	R	F		C		Granéis Sólidos

Nota: (1) A rede hidroviária neste caso se limitou à Hidrovia Paraguai-Paraná; e (2) Nesse caso, considerou-se nesse caso somente a rede de minerodutos.

A composição das alternativas de transporte varia de acordo com o tipo de produto. No caso do minério de ferro, foram consideradas todas as alternativas disponíveis (rodoviária, ferroviária, hidroviária, dutoviária e cabotagem) foram considerados com alternativas de transporte. Já o carvão mineral e os minerais metálicos não ferrosos (bauxita) adotam a rede rodo-ferro-hidroviária enquanto produtos de código 61 – 63 (químicos orgânicos e inorgânicos e resina) têm como alternativas de transporte os modos rodoviário, ferroviário e a cabotagem. Apenas os

produtos minerais não metálicos têm uma rede com duas alternativas de transporte: rodoviária e ferroviária.

Quanto às curvas de frete, o minério de ferro e os minerais metálicos não ferrosos (bauxita) adotam a curva de “minérios”; minerais não metálicos e carvão mineral aplicam a curva “outros produtos” e os demais usam a curva de “granéis sólidos”.

### 3.3.5.5 Cenário 5

Quanto ao Grupo de Granéis Vegetais, foram considerados 35 produtos, sendo que 28 deles estão consolidados na matriz de produtos de “médio valor agregado”, conforme apresentado no Quadro 3.23. Destaca-se que, embora o Quadro apresente todos os produtos que compõem a categoria “granéis vegetais”, foram selecionados apenas aqueles cujo código está marcado de verde.

**Quadro 3.23** – Composição de produtos do cenário de Carga Geral

Grupo	Cód.	Produtos	Modos			Curva de Frete
Carga Geral	13	Bovinos e outros animais vivos	R			Outros Produtos
	14	Leite de vaca e de outros animais	R			Outros Produtos
	15	Suínos vivos	R			Outros Produtos
	16	Aves vivas	R			Outros Produtos
	17	Ovos de galinha e de outras aves	R			Outros Produtos
	18	Pesca e aquicultura	R			Outros Produtos
	31	Óleo de soja refinado	R			Outros Produtos
	35	Farinha de trigo e derivados	R			Outros Produtos
	36	Farinha de mandioca e outros	R			Outros Produtos
	37	Óleos de milho, amidos e féculas vegetais e rações	R			Outros Produtos
	39	Café torrado e moído	R			Outros Produtos
	40	Café solúvel	R			Outros Produtos
	43	Produtos do fumo	R			Outros Produtos
	52	Papel e papelão, embalagens e artefatos	R			Outros Produtos
	24	Abate e preparação de produtos de carne	R	F		Outros Produtos
	25	Carne de suíno fresca, refrigerada ou congelada	R	F		Outros Produtos
	26	Carne de aves fresca, refrigerada ou congelada	R	F		Outros Produtos
	34	Arroz beneficiado e produtos derivados	R	F		Outros Produtos
	38	Produtos das usinas e do refino de açúcar	R	F		Granéis Vegetais
	54	Gás liquefeito de petróleo	R	F		Outros Produtos
71	Cimento	R	F		Outros Produtos	

Grupo	Cód.	Produtos	Modos				Curva de Frete
Carga Geral Alto Valor Agregado	47	Artigos do vestuário e acessórios	R				Carga Geral
	48	Preparação do couro e fabricação de artefatos - exclusive calçados					
	49	Fabricação de calçados					
	64	Produtos farmacêuticos					
	80	Máquinas para escritório e equipamentos de informática					
	82	Material eletrônico e equipamentos de comunicações					
	83	Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico					
Carga Geral Médio Valor Agregado	27	Pescado industrializado	R	F	H	C	Carga Geral
	28	Conservas de frutas, legumes e outros vegetais					
	30	Outros óleos e gordura vegetal e animal exclusive milho					
	32	Leite resfriado, esterilizado e pasteurizado					
	33	Produtos do laticínio e sorvetes					
	41	Outros produtos alimentares					
	42	Bebidas					
	44	Beneficiamento de algodão e de outros têxteis e fiação					
	45	Tecelagem					
	46	Fabricação outros produtos Têxteis					
	50	Produtos de madeira - exclusive móveis					
	53	Jornais, revistas, discos e outros produtos gravados					
	65	Defensivos agrícolas					
	66	Perfumaria, sabões e artigos de limpeza					
	67	Tintas, vernizes, esmaltes e lacas					
	68	Produtos e preparados químicos diversos					
	69	Artigos de borracha					
	70	Artigos de plástico					
	72	Outros produtos de minerais não metálicos					
	75	Produtos da metalurgia de metais não ferrosos					
	76	Fundidos de aço					
	77	Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamento					
	78	Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos					
	79	Eletrodomésticos					
81	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos						
86	Peças e acessórios para veículos automotores						
87	Outros equipamentos de transporte						
88	Móveis e produtos das indústrias diversas						

Conforme apresentado no início da Seção 3.3.5, os produtos de código 13, 14, 15, 16, 17, 18, 31, 35, 36, 37, 39, 40, 43, 47, 48, 49, 52, 64, 80, 82, 83 não foram considerados por terem vocação de transporte unicamente rodoviária.

Para os produtos que compreendem a subcategoria carga geral de médio valor agregado, foram consideradas como alternativas de transporte os modos rodoviário, ferroviário, hidroviário e cabotagem. Para este subgrupo, aplicou-se a curva de frete de “carga geral”. Quanto aos demais produtos, adotou-se a curva de frete de “outros produtos”, considerando como alternativas de transporte apenas os modos rodoviário e ferroviário.

Assim, uma vez apresentados o zoneamento logístico, os grupos de produtos em estudo, a rede de transporte, os custos empregados e as regras de definição dos cenários, a Seção 3.3.6 discorre sobre outros parâmetros relevantes para aplicação do modelo matemático. Além disso, apresenta o passo-a-passo metodológico que norteou a aplicação cujos resultados estão descritos na Seção 3.5.

### **3.3.6 Definição de Outros Parâmetros do Modelo**

Além das restrições, que foram apresentadas de forma detalhada no Quadro 3.13, é relevante a definição de outros parâmetros que compõem o modelo matemático adotado nesse estudo. Sobre esses parâmetros de entrada do modelo (os quais estão diretamente associados às restrições apresentadas), ressalta-se que não são consideradas capacidades máximas para abertura de CILs para que seja possível analisar as potencialidades totais de movimentação de cada estrutura, e, posteriormente, propor a priorização daquelas a serem estudadas no projeto piloto.

Quanto ao limitante inferior, define-se como volume mínimo a ser movimentado: 500 mil toneladas para CILs exclusivos de carga geral ou graneis líquidos; e 1 milhão de toneladas para os demais grupos de produtos. Isso é definido desta forma, pois caso não seja estabelecido um limite mínimo, o modelo pode indicar a abertura de um CIL para movimentação de pequenas quantidades (tais como 10 toneladas de soja), que não justificam o investimento e a manutenção de uma estrutura deste tipo.

Este valor mínimo de 1 milhão de toneladas é baseado em uma análise de mercado das estruturas existentes, abertas pela iniciativa privada com valores até abaixo deste limite, mas com uso cativo para seus produtos, o que aponta a

necessidade de um critério de limite inferior mais conservador na aplicação do modelo, de forma a garantir a utilização das estruturas propostas por um plano de governo.

Ainda sobre os critérios para abertura de CILs, esclarece-se que, inicialmente, qualquer microrregião pode sediar um centro de integração, uma vez que todas as regiões pertencentes ao zoneamento estabelecido estão conectadas ao sistema de transporte nacional. Entretanto, isso não faz sentido prático, tendo em vista que há locais em que não existe disponibilidade de modos de transporte alternativos ao rodoviário (não permitindo, portanto, a transferência modal) e/ou, ainda, que estão muito distantes dos mercados produtores e consumidores e a instalação de um CIL nelas não resultaria em uma economia significativa de custos.

Dessa forma, os pontos candidatos a CIL (microrregiões) são previamente declarados como pontos de conexões intermodais preferenciais para as instalações destas estruturas de integração (a quantidade de pontos candidatos pré-selecionados é apresentada no Quadro 3.24). Destaca-se que são considerados como critérios para seleção das microrregiões candidatas à instalação de CILs:

- Disponibilidade de conexão de, pelo menos, dois modos de transporte;
- Concentração de 80% da produção do grupo de cargas em estudo; e
- No caso específico da análise do grupo de carga geral, além das microrregiões habilitadas pelos critérios anteriores, são consideradas ainda como microrregiões candidatas, àquelas habilitadas para os demais grupos de carga.

Dessa forma, apresentados os parâmetros de aplicação do modelo matemático, o Fluxograma (Figura 3.8) discorre sobre o procedimento metodológico, de forma simplificada, que foi seguido para realização dos experimentos computacionais com os cenários estabelecidos na Seção 3.3.5.

Pela análise do fluxograma, verifica-se que o experimento foi dividido em quatro fases: levantamento dos dados e parâmetros do modelo matemático, os quais foram definidos com base em pesquisa bibliográfica e documental realizada ao longo das etapas anteriores, tendo como principal referência o PNLT 2011. Em seguida, na etapa de tratamento de dados que englobou o cálculo dos caminhos mínimos entre todas as

origens e destinos das matrizes de produtos selecionadas e a definição dos CILs candidatos para cada grupo de produto.

Na sequência, deu-se início a terceira etapa que envolve a aplicação do modelo matemático de localização-alocação de CILs com base em todos os parâmetros e cenários definidos nas etapas anteriores. E, por fim, tem-se a etapa de análise e refinamento dos dados, em que resultados destoantes da realidade foram tratados cuidadosamente.

Neste sentido, cabe ressaltar que após realização de experimentos computacionais e análise preliminar dos resultados obtidos nos testes, verificou-se a necessidade de tratativa especial para os produtos que possuem volumes de carga de importação a fim de tornar os resultados mais aderentes à realidade brasileira. Dessa forma, estabeleceu-se um procedimento diferenciado para realização dos experimentos computacionais das cargas provenientes de fluxos de importação, conforme apresentado no Fluxograma a seguir (Figura 3.9).

A justificativa para aplicação desse procedimento diferenciado para produtos de importação deve-se ao fato de que, o modelo adotado de zoneamento considera apenas um ponto exterior para toda carga que entra e sai do país (fluxos de importação e exportação), comprometendo e distorcendo os resultados obtidos, pois deveriam ser considerados todos os pontos de entrada do país – portos, aeroportos e áreas de fronteira.

Além disso, o critério adotado para seleção dos pontos candidatos a habilitar CILs considera a matriz de produção, e não a de consumo. Com isso, nos casos de produtos que são, principalmente, provenientes de importação, a escolha dos pontos candidatos fica comprometida. Assim, fez-se necessário o desenvolvimento de um método diferenciado para seleção de pontos candidatos para produtos importados.

Dessa forma, conforme apresentado no Fluxograma (Figura 3.9), para cada um dos produtos de importação, utilizou-se o Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior, denominado AliceWeb, da Secretaria de Comércio Exterior, do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior para identificar os pontos de entrada com estrutura adequada para importação desses produtos.

Em seguida, inverteu-se a matriz de Produção e Consumo, transformando as zonas de consumo em produção para identificar os pontos de entrada mais próximos da região de consumo. Assim, o procedimento metodológico principal (Figura 3.8) pode ser aplicado, no entanto, não se considerou um volume mínimo para abertura porque

eles já estão habilitados ou são pré-existent. No caso dos pré-existentes, considera-se estruturas, tais como portos, que naturalmente são CILs.

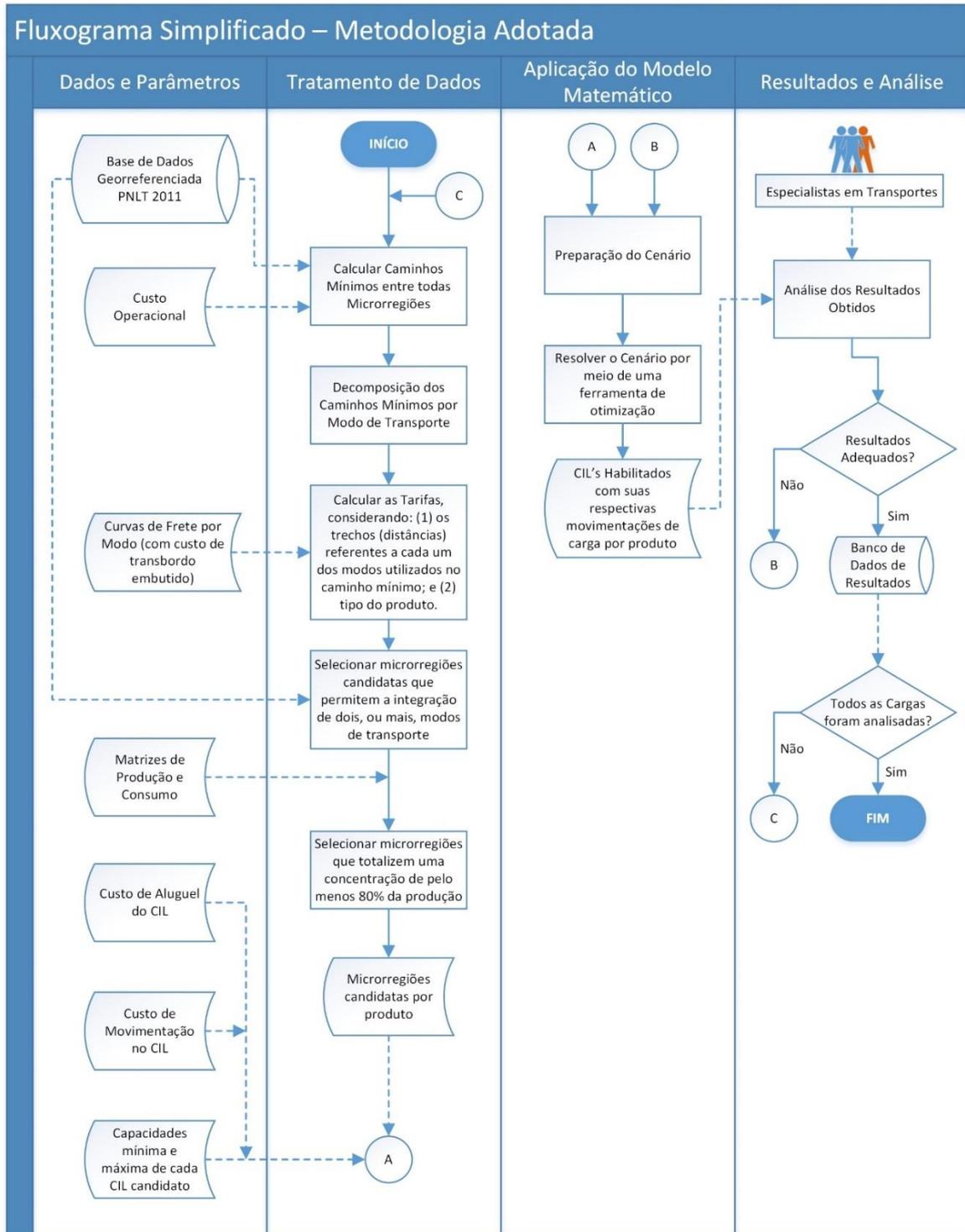
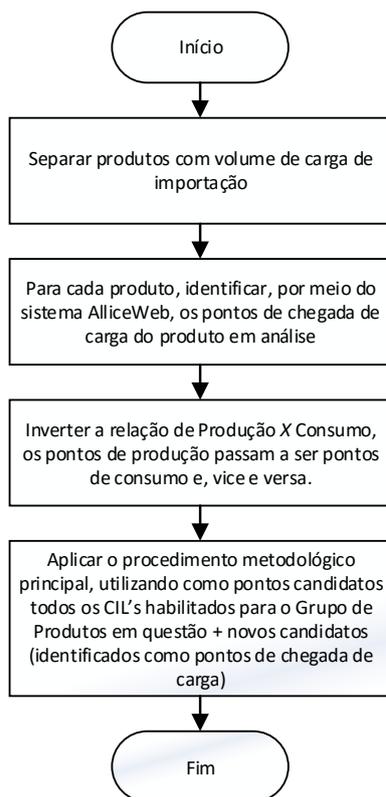


Figura 3.8 – Fluxograma simplificado da metodologia adotada



**Figura 3.9** – Procedimento produtos com volume de importação

Para a análise desses casos (produtos de importação), deve se considerar situações de quatro tipos: Tipo I, se os CILs habilitados, independente do volume indicado, estão localizados em microrregiões de portos, estes devem ser desconsiderados, pois se trata de estruturas pré-existentes; Tipo II, se os CILs indicados não estão em locais de estruturas pré-existentes, porém com volume de carga insuficiente para habilitar um CIL (volume inferior a 1 milhão de toneladas) e o local indicado não foi previamente habilitado para o grupo de produtos em questão. Nesse caso nada deve ser feito; Tipo III, se atende aos requisitos do Tipo II, diferenciando-se pelo seguinte fato, nos resultados do modelo para o grupo em análise (desconsiderando importação), a microrregião foi habilitada. Nesse caso, deve-se somar o volume de importação na microrregião indicada; e Tipo IV, se os CILs indicados não estão em locais de estruturas pré-existentes e possuem volume suficiente para habilitar um CIL, com isso, a microrregião indicada deve ser incluída na relação de CILs habilitados para o Grupo de produtos em análise.

Assim, por meio do modelo de localização-alocação multiproduto proposto na Seção 3.2, associado à base de dados e aos parâmetros apresentados na Seção 3.3, foi possível indicar microrregiões para instalação dos CILs (dentre aquelas pré-

selecionadas), determinar a composição destas estruturas quanto ao(s) tipo(s) de produto(s) a ser(em) movimentado(s) e seu(s) respectivo(s) volume(s), bem como estimar os custos totais de transporte e a economia advinda da utilização dos CILs. Os resultados estão descritos na Seção 3.5. Foram estipulados quatro foram estipulados quatro cenários para análise dos resultados, os quais estão descritos na Seção 3.5.

### 3.4 ABORDAGEM COMPUTACIONAL

Para resolução do modelo de localização-alocação proposto, com os parâmetros definidos na Seção 3.3, foi necessário desenvolver um programa em linguagem de programação C++ em função das diferentes bases de dados que o problema requer analisar. Além disso, usou-se o software de otimização IBM ILOG CPLEX 12.5 (IBM, 2014).

Tendo em vista que o problema envolve 559 zonas de produção e 559 zonas de consumo, mais as microrregiões candidatas à instalação de CILs, as variáveis representando o livre comércio e as variáveis temporais, a quantidade total de variáveis tornou o problema de escala excessiva para ser resolvido no sistema computacional disponível, não sendo possível resolvê-lo com o CPLEX. Para efeito de análise do modelo matemático, ressalta-se que foram 89 produtos consolidados em 56 matrizes de produção e consumo indicados no PNLT – versão 2011 (conforme apresentado na Seção 3.3.2) para o último ano do período de análise desse plano estratégico, ou seja, 2031.

Portanto, foram feitos três tipos de pré-processamento com o objetivo de eliminar variáveis e restrições redundantes ou desnecessárias:

1. Foram eliminadas todas as variáveis  $x_{tpijm}^{dir}$ ,  $x_{tpikm}^{ent}$ ,  $x_{tpkjm}^{sai}$  e  $y_{tpikj}$  que não estivessem envolvidas com uma demanda par-a-par;
2. Se o custo de transporte direto de um produto  $p \in P$  entre a zona de produção  $i \in I$  e a zona de consumo  $j \in J$  é menor que o custo de transportá-lo por meio de um CIL  $k \in K$ , seu transporte por meio de  $k \in K$  é então descartado; e
3. Removeram-se as variáveis  $y_{tpikj}$  cujo custo total  $\hat{C}_{tpikj} = C_{tpikm}^{ent} + C_{tpkjm}^{sai} + CT_{tpkjm}^{sai} + v_{tpk}$  é maior que  $C_{tpijm}^{dir}$ .

Entretanto, em função da distribuição dos fluxos de produção e consumo previstos para o ano de 2031, o pré-processamento não foi suficiente para minimizar o problema de escala das variáveis. Dessa forma, em comparação com os experimentos computacionais realizados na Versão 01.1 deste relatório, que utilizou a base de dados do PNLT 2009, foi necessário o aprimoramento das técnicas de otimização utilizadas para solução, com tempo computacional razoável e, principalmente, sem prejuízos na qualidade dos resultados finais obtidos. Destaca-se que durante os testes computacionais preliminares, já com a utilização da base de dados do PNLT 2011, mesmo com a decomposição dos grupos, em subgrupos menores, que em alguns casos, o modelo foi executado com apenas 1 produto, os tempos computacionais foram proibitivos. Em algumas situações, o modelo foi executado com tempo computacional superior a 2 semanas, e ainda assim, não foi possível obter uma solução adequada.

Nesse sentido, adotaram-se, prioritariamente, duas estratégias, na tentativa de obtenção de melhorias no procedimento de solução do problema: (1) análise e ajuste dos parâmetros do modelo; e (2) melhorias no processo de solução – eficiência do *software* de otimização. Para a estratégia (1), testes exaustivos realizados, com análise e ajuste de parâmetros, de forma individual por produtos, subgrupos e grupos de produtos, mostraram que, ao eliminar pares O/D da matriz de produção e consumo do PNLT 2011, com pequenos volumes de carga, a utilização da matriz resultante no modelo matemático apresentou melhoras significativas no esforço computacional, no entanto, sem prejuízos na qualidade das soluções obtidas.

Dessa forma, estabeleceu-se como intervalo percentual de consistência, de 0% a 20% de redução na matriz de produção e consumo. A eliminação de pares O/D deve ser realizado a partir da hierarquização dos volumes de carga dos pares, em ordenamento crescente, e os pares na parte superior da hierarquização devem ser eliminados de acordo com o percentual de consistência estabelecido para o produto, subgrupo ou grupo de produtos em questão. Contudo, apesar dos ganhos com a utilização da estratégia (1), para testes computacionais realizados com subgrupos e grupos com mais produtos envolvidos, a utilização do percentual de consistência não é suficiente. Já para a estratégia (2), foram realizados testes com procedimentos para utilização do *software* de otimização de maneira mais eficiente.

Dentre as técnicas, ou artifícios, implementados, os melhores resultados foram obtidos com o uso de *Lazy Constraints Callback*. A utilização desse artifício consiste

em adotar relaxações nas restrições do modelo, de maneira que, durante a execução do *branch-and-bound*, algoritmo utilizado para solução de Problemas de Programação Inteira-Mista – PPIM, algumas restrições, denominadas *Lazy Constraints* – LZ, são removidas do problema original e, durante o processo de solução, de maneira contínua, testes de violação nas restrições LZ são realizados. No caso de restrições LZ violadas, estas são novamente incorporadas ao modelo matemático. O processo de verificação de violação nas LZ deve se repetir até que o resultado obtido respeite todas as restrições do modelo matemático original com um GAP residual estabelecido (diferença percentual entre os limitantes, inferior e superior – *Lower Bound* e *Upper Bound*). A utilização de LZ permite reduções no espaço de busca que viabiliza obtenção de soluções com tempo computacional reduzido.

A implementação do artifício de *Lazy Constraints Callback* requer a definição do GAP residual máximo como critério de parada do *software* de otimização. Para tanto, a estratégia (1), análise e ajuste dos parâmetros, foi adotada novamente. Com isso, novos testes foram feitos e, constatou-se que um GAP residual máximo de até 2% não trouxe prejuízos significativos nas soluções obtidas, para todos os testes realizados. É importante destacar, que todos os experimentos computacionais foram realizados por meio de um computador equipado com processador Intel® Xeon® X5675 @ 3.07 Ghz e 48 GB de memória RAM rodando o sistema Operacional Ubuntu 12.04.5 LTS, sendo este, muito superior ao equipamento usado na Versão 01.1 (8 GB de memória RAM).

O Quadro 3.24 apresenta as quantidades de variáveis ( $x_{tpijm}^{dir}$ ,  $x_{tpikm}^{ent}$ ,  $x_{tpkjm}^{sai}$  e  $y_{tpikj}$ ), a quantidade de microrregiões candidatas para habilitar CILs ( $z_{tk}$ ) e o tempo de solução dos cenários, considerando cada um dos grupos de produtos. Por meio do Quadro 3.19, verifica-se também que, mesmo com as estratégias adotadas para aumentar a eficiência do processo de solução, para os Grupos de Granéis Líquidos, Granéis Sólidos e Carga Geral, foi necessária a subdivisão do cenário, agrupando produtos de maior afinidade e viabilizando a solução do modelo. Os tempos computacionais apresentados (Quadro 3.24) comprovam que a “dificuldade” de solução do problema (tempo e esforço computacional) está diretamente relacionada à quantidade de microrregiões selecionadas como candidatas do cenário. Ressalta-se também, que o tempo computacional total (30.033,56 segundos) é referente, somente, aos experimentos finais de cada cenário, e, portanto, não engloba o tempo dos testes exaustivos realizados pela equipe de Otimização, para calibração e melhorias no processo de solução.

Quadro 3.24 – Quantidade de variáveis associadas a cada grupo de produtos.

Grupos	Produtos	Quantidade de Variáveis				Quantidade de Microrregiões Candidatas	GAP	Tempo por Produtos (s)	Tempo Total Grupo (s)
		$x_{tpijm}^{dir}$	$x_{tpikm}^{ent}$	$x_{tpkjm}^{sai}$	$y_{tpikj}$				
Graneis Vegetais	1, 2, 3, 5, 8, 9, 11, 12, 29, 51	21.551	75.779	166.021	927.108	208	1,45%	1.262,34	1.262,34
Neogranéis	73, 74, 84, 85	3.121	946	12.925	25.794	22	0,00%	6,35	6,35
Granéis Líquidos	55, 56, 57, 58, 60	13.030	8.507	30.768	152.611	73	1,41%	499,24	499,48
	59	2.458	63	2.064	5.665	5	0,00%	0,24	
Granéis Sólidos	61, 62, 63	20.184	1.616	18.006	63.696	19	0,00%	24,51	2.722,22
	20	148	119	88	464	6	0,00%	0,03	
	23	12.132	7.950	14.697	111.065	52	1,98%	2.697,53	
	21, 22	73	17	35	48	4	0,00%	0,15	
Carga Geral	34, 38, 54, 71	9.281	27.606	88.465	368.203	142	1,99%	4.601,89	25.543,17
	24, 25, 26	12.477	32.801	80.474	412.573	138	1,95%	20.913,07	
	27, 28, 30, 32, 33, 41, 42, 44, 45, 46, 50, 53, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 86, 87, 88	1.831	9.179	11.997	44.258	141	0,77%	28,21	
<b>TOTAL</b>								<b>30.033,56</b>	

### 3.5 RESULTADO DOS CENÁRIOS PROPOSTOS

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos pela aplicação do modelo matemático, considerando os parâmetros definidos e a metodologia apresentada no Fluxograma da Figura 3.8.

#### 3.5.1 Análise Segregada dos Grupos de Produtos

Inicialmente, optou-se por desenvolver a análise segregada dos grupos de produtos indicados no PNLT tendo em vista que pode ser do interesse governamental fomentar ou priorizar um setor específico da economia. Dessa maneira, conforme proposto pelo PNLT, foram considerados cinco grupos de produtos: (i) graneis vegetais; (ii) graneis sólidos; (iii) graneis líquidos; (iv) neogranéis; e (v) carga geral (conforme apresentado na Seção 3.3.5).

##### 3.5.1.1 *Graneis vegetais – Cenário 1*

Ao considerar apenas os produtos que compõem o grupo de “graneis vegetais”, o modelo matemático indica a abertura de CILs em 72 microrregiões, com um total de carga movimentada de 166.576.870 toneladas. A Figura 3.10 apresenta, em ordem decrescente de carga movimentada, todas as microrregiões indicadas para abertura de CILs.

Por meio da Figura 3.10 é possível observar que 20 CILs concentram mais de 50% de toda movimentação de graneis vegetais, sendo as microrregiões de: Alto Teles Pires – MT (com 7,15% do total); Aripuana – MT (3,27%); e Belém – PA (3,08%); as mais representativas do grupo. De maneira análoga, observa-se que 45 dos CILs indicados, são responsáveis por mais de 80% da movimentação dos produtos de graneis vegetais.

É importante ressaltar que, seguindo a regra estipulada para o modelo, todos os CILs habilitados movimentam mais de 1 milhão de toneladas (sendo a menor movimentação em Santo Ângelo – RS, equivalente a 1.008.970 toneladas – 0,61%).

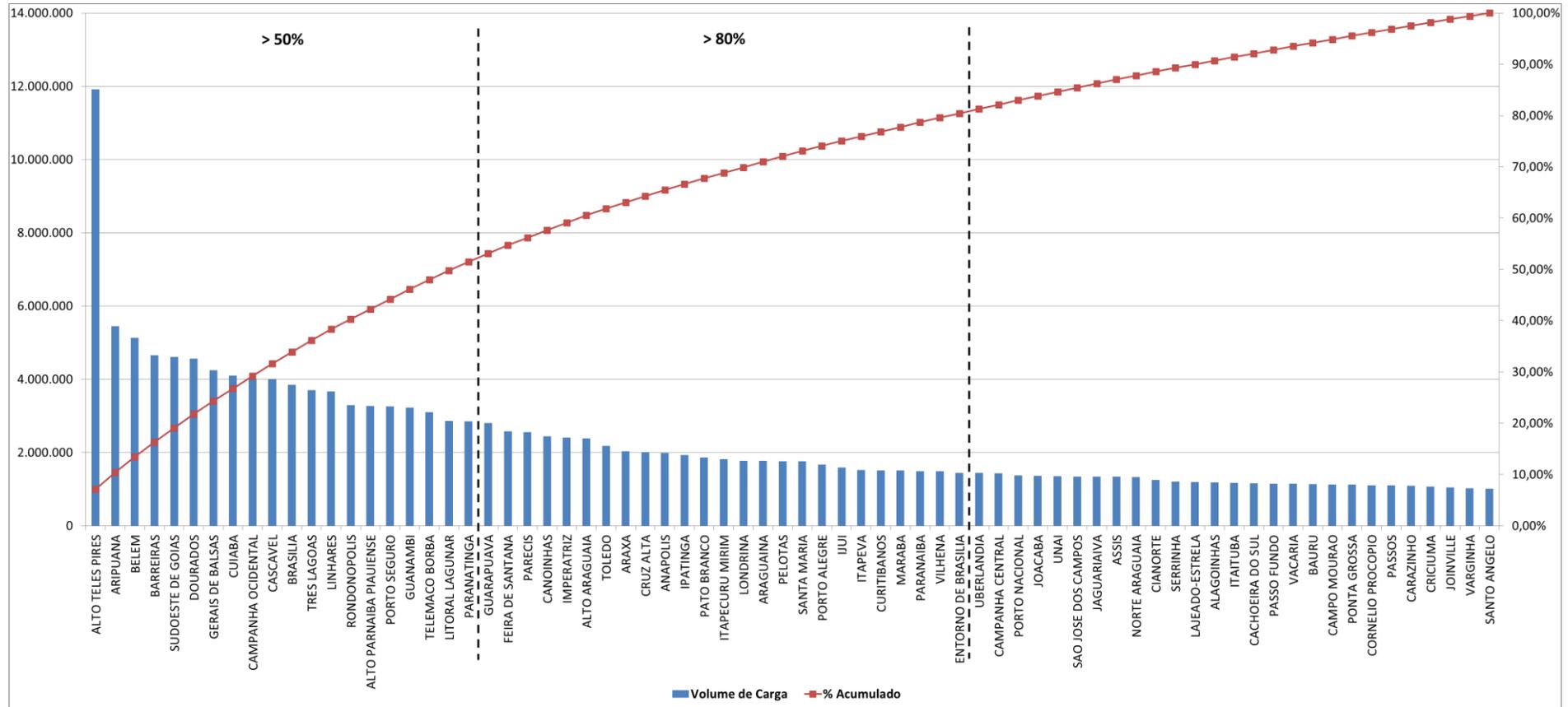
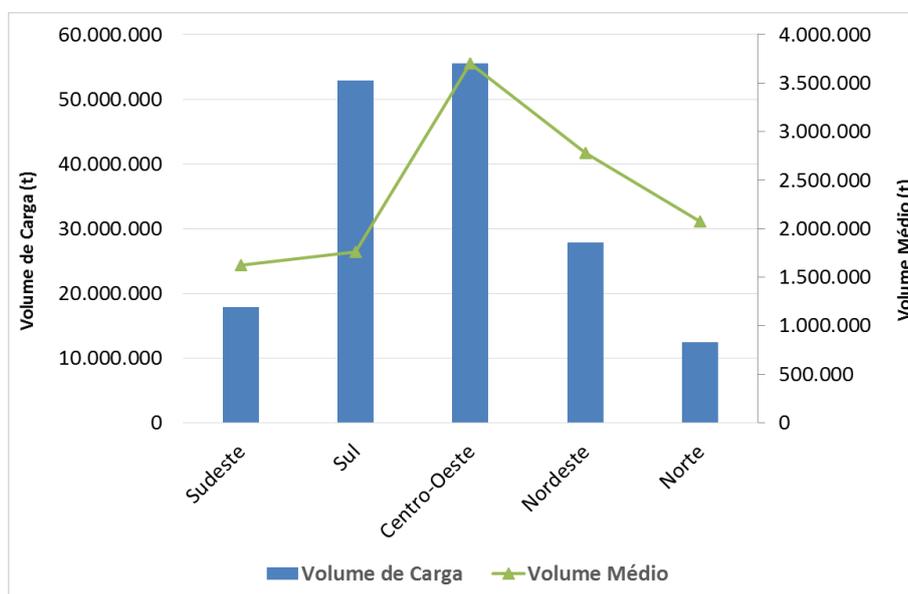


Figura 3.10 – Microrregiões de CILs habilitados – Granéis Vegetais.

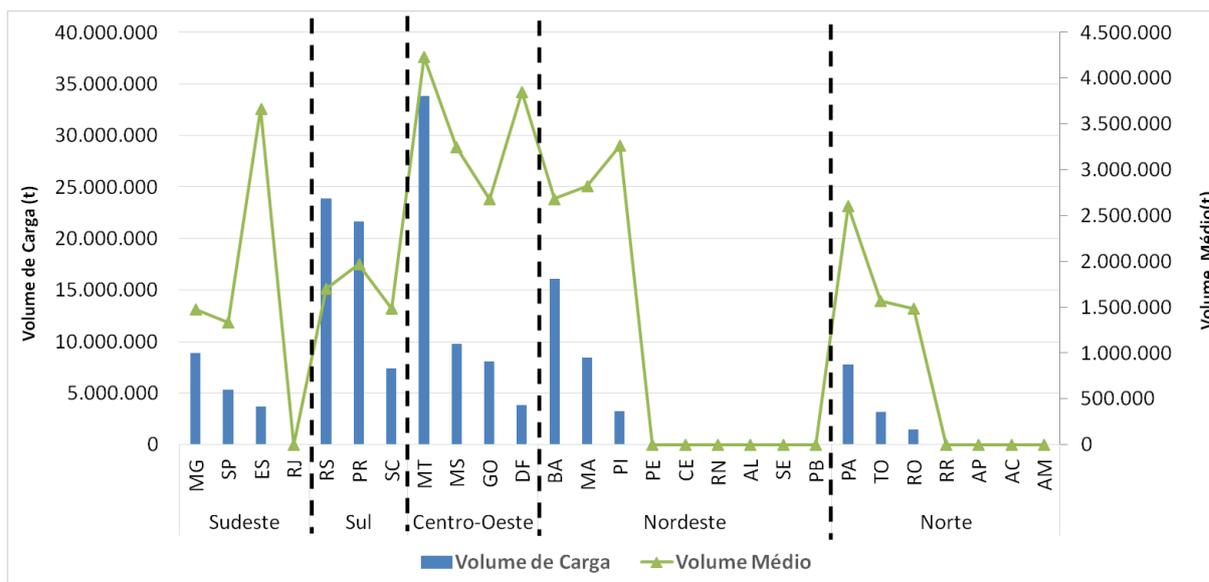
O elevado número de CILs indicados pelo modelo associado à distribuição percentual de cargas movimentadas, mostrado na Figura 3.10, caracteriza uma distribuição pulverizada dos produtos desse grupo. A Figura 3.11 apresenta a distribuição do volume de carga e volume médio de carga, em toneladas, dividido por Região do país.

Assim, é possível observar que, para o grupo de granéis vegetais, as Regiões Sul e Centro-Oeste possuem grande relevância na movimentação de cargas desse grupo. Juntas, essas duas regiões correspondem a 65,09% (108.418.560 toneladas) do total de carga de granéis vegetais. As demais regiões correspondem a 16,71% (Nordeste), 10,74% (Sudeste) e 7,46% (Norte).

Ao analisar o volume médio de carga, ainda na Figura 3.11, verifica-se indicativos de grande concentração de CILs, principalmente na Região Sul, devido ao grande volume de carga movimentado no Estado e, ao mesmo tempo, um volume médio de movimentação abaixo do volume apresentado por outras Regiões com volume de carga movimentada muito inferior (como as Regiões Norte e Nordeste).



**Figura 3.11** – Volume de carga total e médio movimentado por Região – Granéis Vegetais.

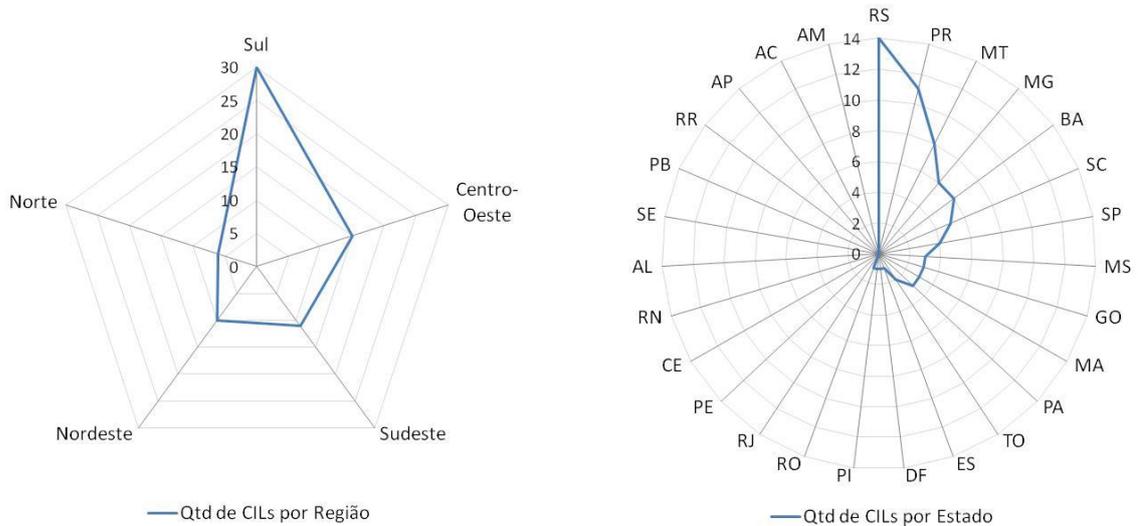


**Figura 3.12** – Volume de carga total e médio movimentado por Estado – Granéis Vegetais.

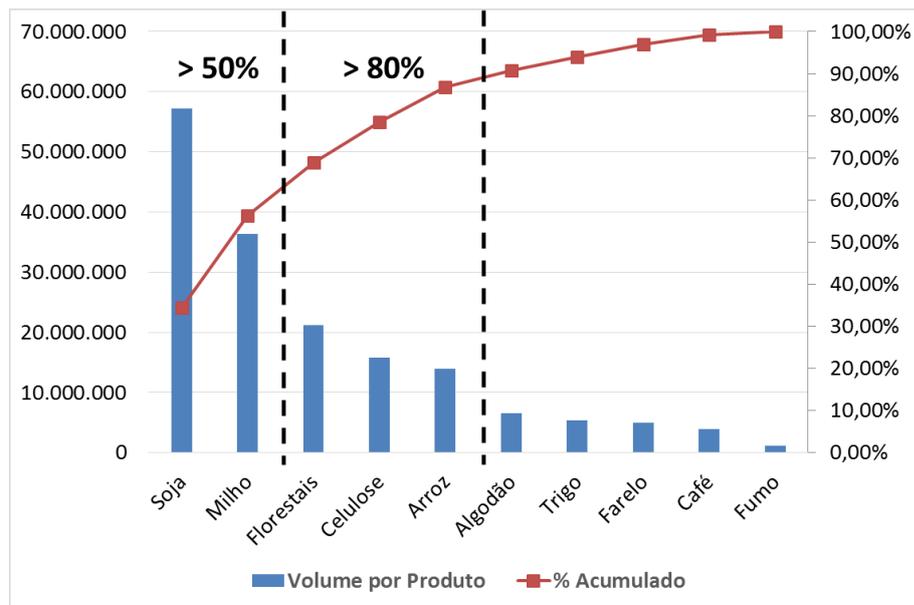
Já a Figura 3.12, apresenta a distribuição do volume de cargas movimentada por Estado. Nesse caso, destacam-se as movimentações de carga nos Estados de Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Paraná. Em contrapartida, quando se transfere o foco para o volume médio de carga, os Estados do Espírito Santo, Distrito Federal e Piauí, mostram-se relevantes, pois, apesar do baixo volume de carga movimentada, o alto volume médio indica que, nesses estados, espera-se uma alta movimentação de carga por CIL.

Nesse sentido, a Figura 3.13 confirma os indicativos das Figuras 3.11 e 3.12, mostrando que, relacionado às Regiões, a maior quantidade de CILs indicados está na Região Sul (com 30 CILs – 41,67%) seguido das Regiões Centro-Oeste (15 CILs – 20,83%), Sudeste (11 CILs – 15,28%), Nordeste (10 CILs – 16,80%) e Norte (6 CILs – 8,33%).

Já para a análise por estado, o Rio Grande do Sul (14 CILs – 19,44%), Paraná (11 CILs – 15,28%) e Mato Grosso (8 CILs – 11,11%) são os estados com maior representatividade, totalizando 33 CILs, equivalente a 45,83% do total. Da mesma forma, como se esperava, a Figura 3.13 mostra que, os Estados do Espírito Santo, Distrito Federal e Piauí, mesmo com um volume de movimentação de cargas sem muita representatividade, têm uma quantidade pequena de CILs, 1 em cada estado, faz com que o volume médio seja elevado.



**Figura 3.13** – Quantidade de CILs por Região e Estado do território nacional – Granéis Vegetais.



**Figura 3.14** – Volume de carga movimentada por produto – Granéis Vegetais.

Referente aos tipos de cargas movimentadas destacam-se a Soja (57.201.560 toneladas ou 34,34% do total) e o Milho (36.432.720 toneladas ou 21,87%), totalizando 936.342.280 toneladas ou 56,21% do total desse grupo de cargas (Figura 3.14). Para compor a faixa de, no mínimo, 80% de carga movimentada, acrescentam-se os Florestais, a Celulose e o Arroz (86,80%). Os demais produtos (Algodão, Trigo, Farelo, Café e Fumo) correspondem a 13,20% do total. Em média, cada um dos CILs indicados para esse grupo movimentam 6 produtos.

É importante destacar que, para os demais produtos que compõem o grupo de granéis vegetais (Cana-de-açúcar, Mandioca, Frutas Cítricas e Outros produtos e serviços da lavoura), conforme composição dos grupos de cargas (ver Quadro 3.19), não foram simulados cenários com esses produtos. Isso se justifica porque, de acordo com o PNLT 2011, esses produtos possuem vocação para transporte rodoviário o que implica em pouca, ou nenhuma, sensibilidade à multimodalidade.

No que se refere aos produtos com volume de importação na matriz de O/D, para o grupo de Granéis Vegetais, deve-se considerar uma análise diferenciada para o Trigo (conforme procedimento apresentado na Seção 3.3.6.). Dessa forma, aplicando o procedimento indicado no Fluxograma de metodologia para produtos importados (Figura 3.9), obtiveram-se como resultado, os CILs habilitados conforme Quadro 3.25.

**Quadro 3.25 – Produtos Importação – Granéis Vegetais.**

Microrregião	Estado	Produto	Volume de Carga	Tipo
Vitoria	ES	Trigo	7.767.110	Tipo I - Portos
Santos	SP	Trigo	1.265.650	
Maceió	AL	Trigo	1.098.970	
Itaguaí	RJ	Trigo	603.440	
Fortaleza	CE	Trigo	435.480	
Aglomeración Urbana de São Luís	MA	Trigo	288.470	
Natal	RN	Trigo	173.730	
Suape	PE	Trigo	86.290	
Aracaju	SE	Trigo	55.880	
Manaus	AM	Trigo	47.190	
João Pessoa	PB	Trigo	22.870	
Belém	PA	Trigo	21.900	
Porto alegre	RS	Trigo	8.630	
Iguatemi	MS	Trigo	56.750	Tipo II
Toledo	PR	Trigo	80.950	Tipo III

Dessa forma, observa-se que 13 CILs foram indicados em microrregiões com pré-existência de portos e os volumes indicados foram desconsiderados, o CIL de Iguatemi também foi desconsiderado por não ter volume suficiente para habilitar uma microrregião sozinho, e o volume indicado para Toledo foi incluído, pois, nos experimentos realizados para Granéis Vegetais, esta microrregião já tinha sido habilitada. Ressalta-se que esse volume indicado para Toledo já consta na relação de CILs apresentado na Figura 3.10.

### 3.5.1.2 Neogranéis – Cenário 2

Em relação aos produtos do grupo de Neogranéis, o modelo indica 17 microrregiões para abertura de CILs, com movimentação total de 72.665.510 toneladas em produtos (automóveis, caminhões, ferro e laminados). Na Figura 3.15 estão indicadas cada uma das microrregiões com suas respectivas movimentações de carga, em ordem decrescente.

Dos 17 CILs indicados, 5 concentram cerca de 57% do total de cargas movimentadas para neogranéis, sendo que, somente a microrregião de Campos dos Goytacazes – RJ, é responsável por quase metade desse valor (22,70% ou 16.496.250 toneladas). Para um percentual de 80,62% de toda a carga de neogranéis movimentadas, 10 CILs são necessários, sendo os mais representativos, além do CIL já apresentado acima, aqueles localizados em: Ipatinga – MG (9,25%, 6.722.540 toneladas); Marabá – PA (8,72%, 6.335.250 t), Santos – SP (8,53%, 6.195.860 t); Sete Lagoas – MG (7,74%, 5.620.940 t); Baixo Curu – CE (5,95%, 4.322.570 t); Divinópolis – MG (4,58%, 3.330.460 t); Vitória – ES (4,53%, 3.288.890 t); Conselheiro Lafaiete – MG (4,44%, 3.223.210 t); e Vale do Paraíba Fluminense – RJ (4,19%, 3.046.580 t).

Os demais CILs, movimentaram entre 3,71% e 1,65% cada, sendo o último, responsável por uma movimentação de 1.197.910 toneladas, respeitando assim, as regras estipuladas para o modelo matemático (mínimo de 1 milhão de toneladas para habilitar um CIL).

Com relação à distribuição das quantidades de carga movimentadas pelos CILs por Região, é possível observar que o Sudeste possui grande destaque para esse grupo de produtos, totalizando nessa Região, 57.568.980 toneladas (79,22%) de carga movimentada. Em segundo lugar, aparece a Região Nordeste com 8.761.280 toneladas (12,06%) e, em seguida, a Região Norte (8,72%, 6.335.250 t). As demais regiões não se mostraram sensíveis a abertura de CILs para o grupo de neogranéis (Figura 3.16).

Para uma análise voltada para o volume médio de carga (t), verifica-se que as Regiões Norte e Nordeste, apesar de baixa movimentação de cargas, comparado com a Região Sudeste, apresenta um volume médio elevado, indicando que a movimentação nessas regiões seja realizada por uma pequena quantidade de CILs.

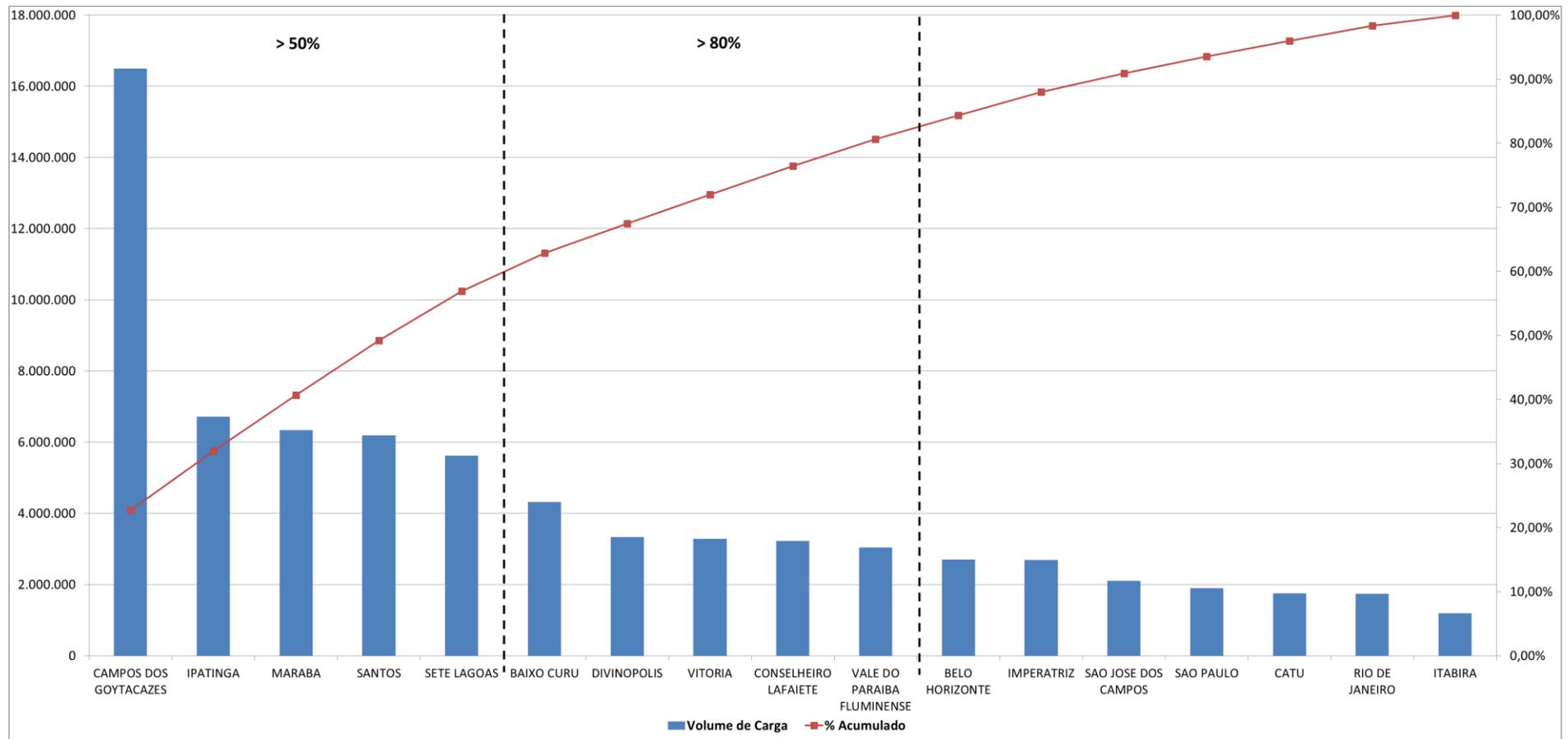


Figura 3.15 – Microrregiões de CILs habilitados – Neogranéis.

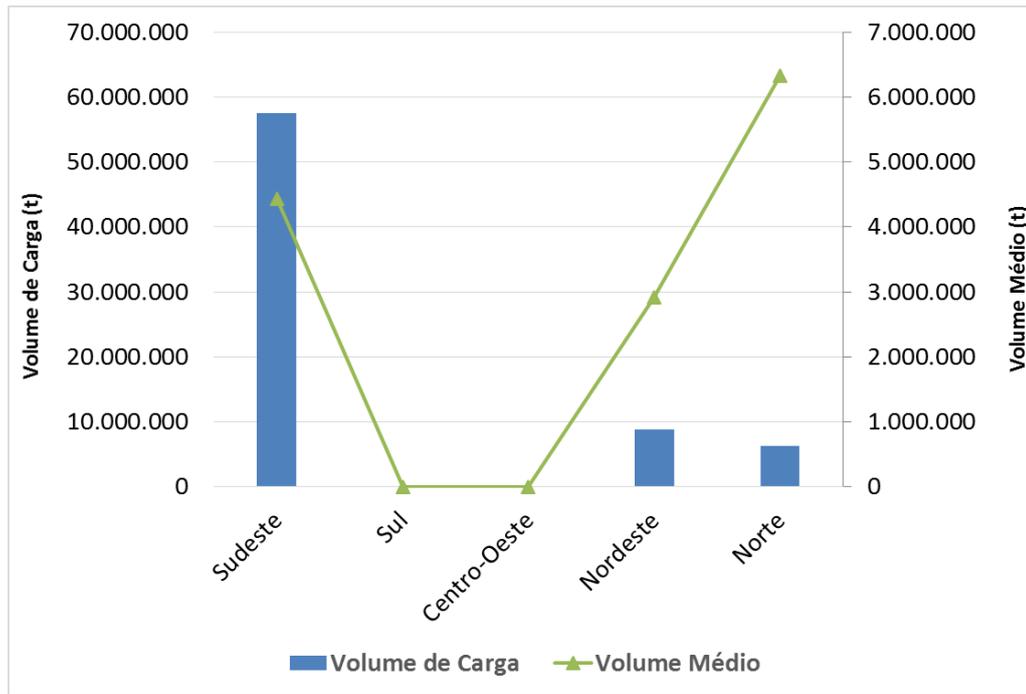


Figura 3.16 – Volume de carga total e médio movimentado por Região – Neogranéis.

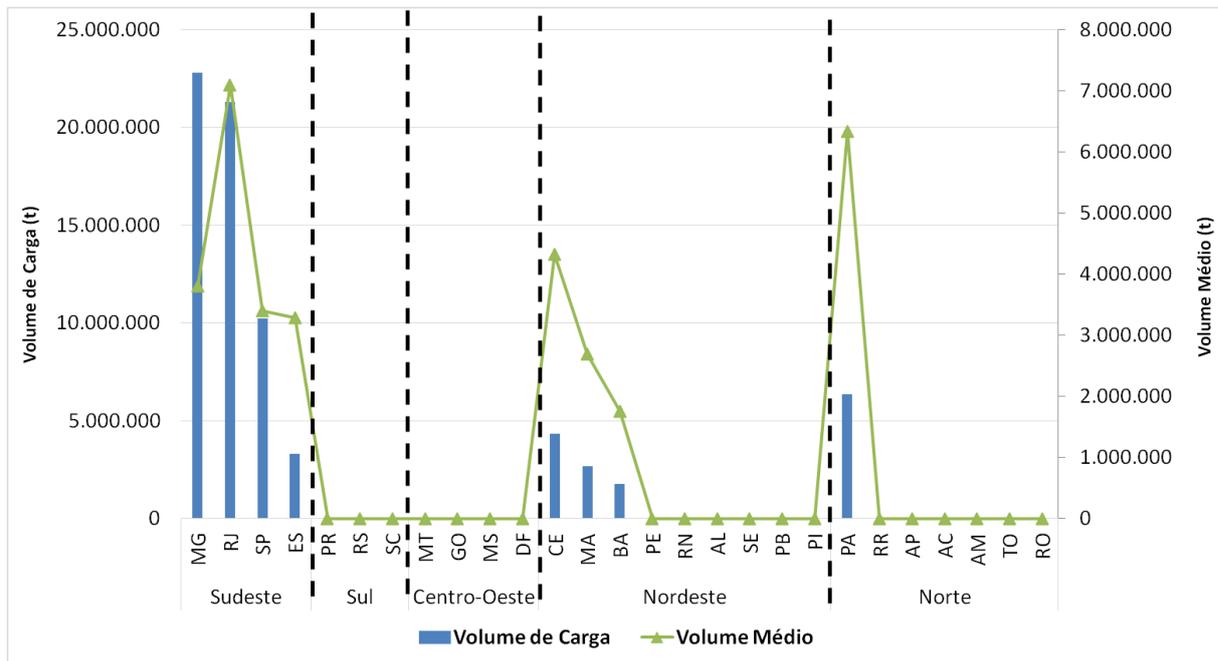


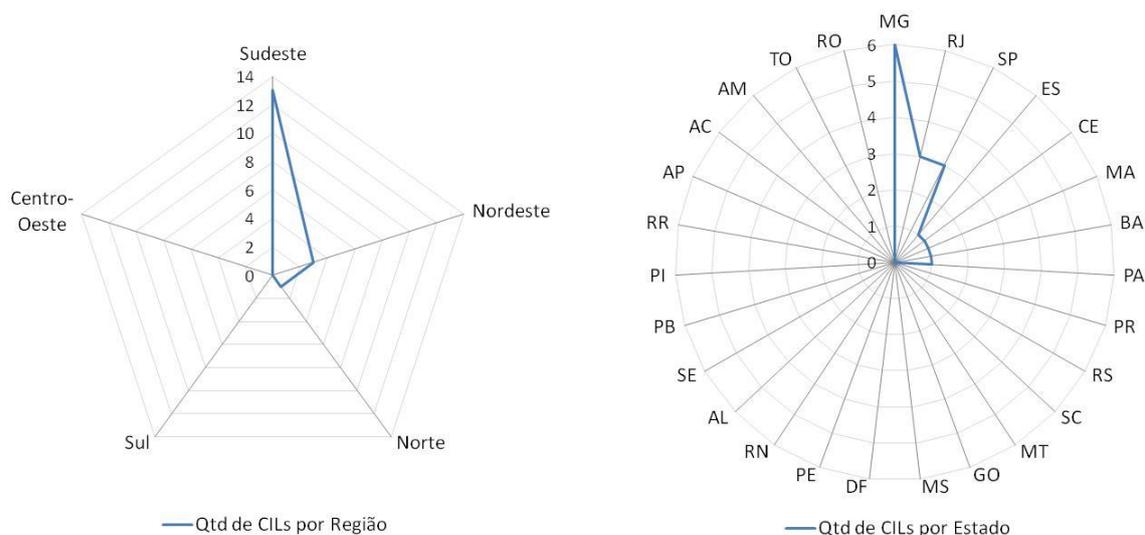
Figura 3.17 – Volume de carga total e médio movimentado por Estado – Neogranéis.

Já a Figura 3.17, apresenta a distribuição das cargas movimentadas por Estado. Por meio desta, verifica-se a predominância de movimentação nos Estados de Minas Gerais (31,37%, 22.792.240 t) e Rio de Janeiro (29,28%, 21.279.570 t). Os demais

estados da Região Sudeste, São Paulo e Espírito Santo, habilitaram CILs com movimentação de 14,05% e 4,53% (10.208.280 t e 3.288.890 t), respectivamente.

Para as outras regiões do país que habilitaram CILs para o grupo de neogranéis (Nordeste e Norte), poucos estados mostraram-se sensíveis a abertura de CILs (Ceará, Bahia, Maranhão e Pará). Ao analisar o volume médio de movimentação de cargas nos Estados (Figura 3.17), novamente, alguns estados com menor quantidade de carga movimentada, como Pará e Ceará, destacam-se pelo elevado volume médio, nesses dois casos, o volume médio foi superior ao estado de Minas Gerais que lidera as movimentações de carga para esse grupo de produtos.

Tal fato, pode ser melhor compreendido com a Figura 3.18, que apresenta a quantidade de CILs por Região e por Estado, respectivamente. A Região Sudeste lidera o ranking de CILs por região, com 13 habilitados. Destes, a maior quantidade está no Estado de Minas Gerais (6 CILs) seguido de Rio de Janeiro e São Paulo com 3 CILs em cada Estado.

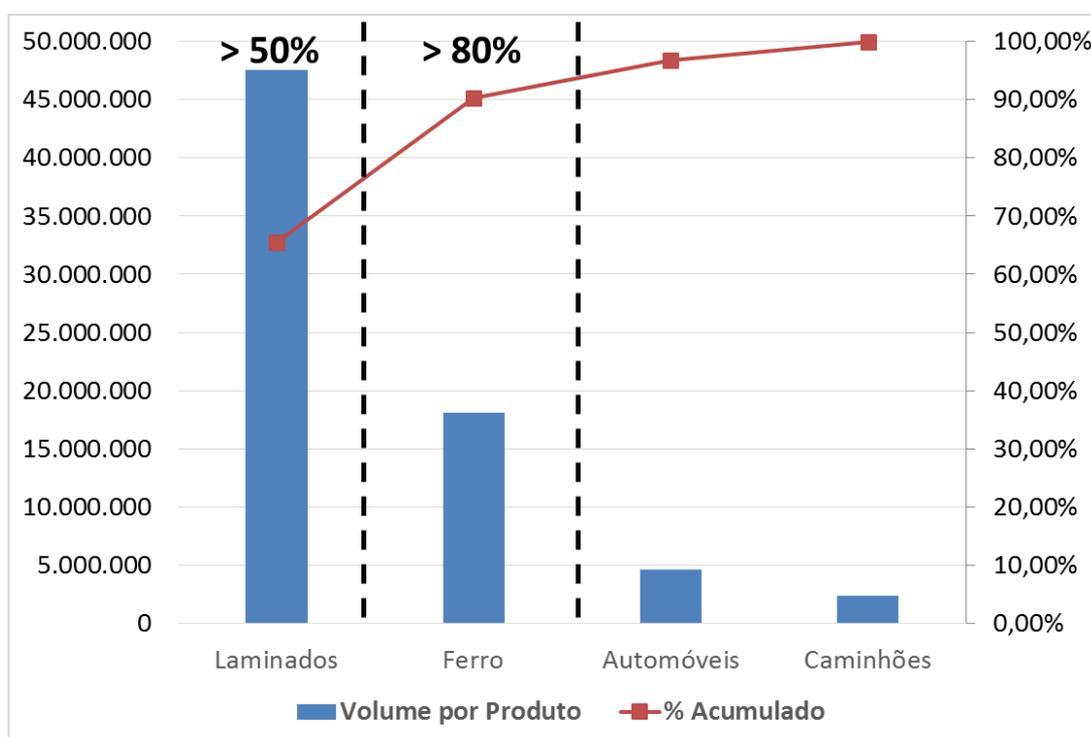


**Figura 3.18** – Quantidade de CILs por Região e Estado do território nacional – Neogranéis.

Apenas 4 CILs foram indicados para as demais regiões brasileiras, sendo que, para os Estados dessas regiões, 1 CIL foi habilitado em cada um dos casos. Isso justifica os elevados volumes médios movimentados nesses Estados, indicando que os CILs habilitados são de grande porte, concentradores de carga. Os CILs indicados para os Estados do Pará e Ceará correspondem a 8,72% e 5,95% (6.335.250 t e 4.322.570 t), respectivamente, do total de carga movimentada de neogranéis.

Relacionado aos produtos movimentados desse grupo, como mostrado na Figura 3.19, os Laminados correspondem a mais de 50% dos neogranéis (65,42%) e, juntamente com o Ferro, a mais de 80% (90,36%) da carga movimentada para o grupo. Os demais, Automóveis e Caminhões respondem por 6,38% e 3,26% (4.633.710 t e 2.369.770 t), respectivamente, da movimentação desses CILs.

Ainda referente aos produtos, destacam-se as quantidades de 16.496.250 toneladas de Laminados movimentadas no CIL habilitado na microrregião de Campos dos Goytacazes – RJ, 6.672.660 toneladas em Ipatinga – MG e 6.137.110 toneladas em Santos – SP. Já para o Ferro, destacam-se os CILs de Sete Lagoas – MG (5.517.670 t), Marabá – PA (3.348.430 t) e Divinópolis – MG (3.193.230 t).



**Figura 3.19** – Volume de carga movimentada por produto – Neogranéis.

Ressalta-se que, para as Sucatas recicladas, que também compõem o grupo de neogranéis, conforme composição dos grupos de cargas (ver Quadro 3.20), não foram simulados cenários com esses produtos. De acordo com o PNLT 2011, esses produtos possuem vocação para transporte rodoviário o que implica em pouca, ou nenhuma, sensibilidade à multimodalidade.

No que se refere aos produtos com volume de importação na matriz de O/D, para o grupo de Neogranéis, deve-se considerar uma análise diferenciada para os Laminados (conforme procedimento apresentado na Seção 3.3.6.). Dessa forma, aplicando o procedimento indicado no Fluxograma de metodologia para produtos importados (Figura 3.9), obtiveram-se como resultado, os CILs habilitados conforme Quadro 3.26. Assim, observa-se que 4 CILs foram indicados em microrregiões com pré-existência de portos e os volumes indicados foram desconsiderados.

**Quadro 3.26** – Produtos Importação – Neogranéis

Microrregião	Estado	Produto	Volume de Carga	Tipo
Vitória	ES	Laminados	512.310	Tipo I - Portos
Itapipoca	CE	Laminados	184.370	
Salvador	BA	Laminados	59.140	
Suape	PE	Laminados	22.090	

### 3.5.1.3 Granéis Líquidos – Cenário 3

Quanto aos produtos do grupo dos granéis líquidos (Álcool, Gasolina, Óleo combustível, Diesel e Refinos), 48 microrregiões foram habilitadas para receber CILs, atraindo um total de 213.964.550 toneladas. A Figura 3.20 apresenta os CILs habilitados e suas respectivas movimentações de granéis líquidos.

De acordo com a Figura 3.20, 9 CILs concentram mais de 50% de toda carga movimentada para este grupo de produtos. As microrregiões mais representativas são: Rosário – MA (10,10%, 21.612.630 t); Rio de Janeiro – RJ (9,23%, 19.753.770 t); Campinas – SP (7,95%, 17.012.050 t); Salvador – BA (5,77%, 12.355.850 t); São José dos Campos – SP (5,50%, 11.770.620 t); Fortaleza – CE (4,22%, 9.025.440 t); e Suape – PE (3,67%, 7.843.790 t); os demais CILs habilitados apresentam uma distribuição bem pulverizada com percentuais inferiores a 3%.

Para uma cobertura de 80% de carga movimentada de granéis líquidos são necessários 26 CILs habilitados, todos com volume de carga superior a 2.800.000 toneladas. Já a microrregião com menor quantidade de carga atraída, é a de Paranaíba – MS com 1.027.490 toneladas (0,48%).

Com relação à distribuição de carga movimentada por Região, o Sudeste e Nordeste destacam-se em relação às demais, 50,38% e 31,50% (107.804.260 t e 67.388.340 t), respectivamente (Figura 3.21). Cabe ressaltar que, a Região Nordeste, possui um volume médio de carga movimentada muito elevado (Figura 3.21), quase o dobro do valor apresentado pela Região Sudeste. Esse fato indica que poucos CILs, mas de grande porte, podem ser responsáveis pela movimentação de cargas no Nordeste.

As outras regiões correspondem juntas a 18,12% da movimentação de granéis líquidos nos CILs habilitados. Da mesma forma que o Nordeste, a Região Norte chama atenção pelo alto valor médio de carga movimentada (em toneladas) mesmo com apenas 1,58% de carga atraída.

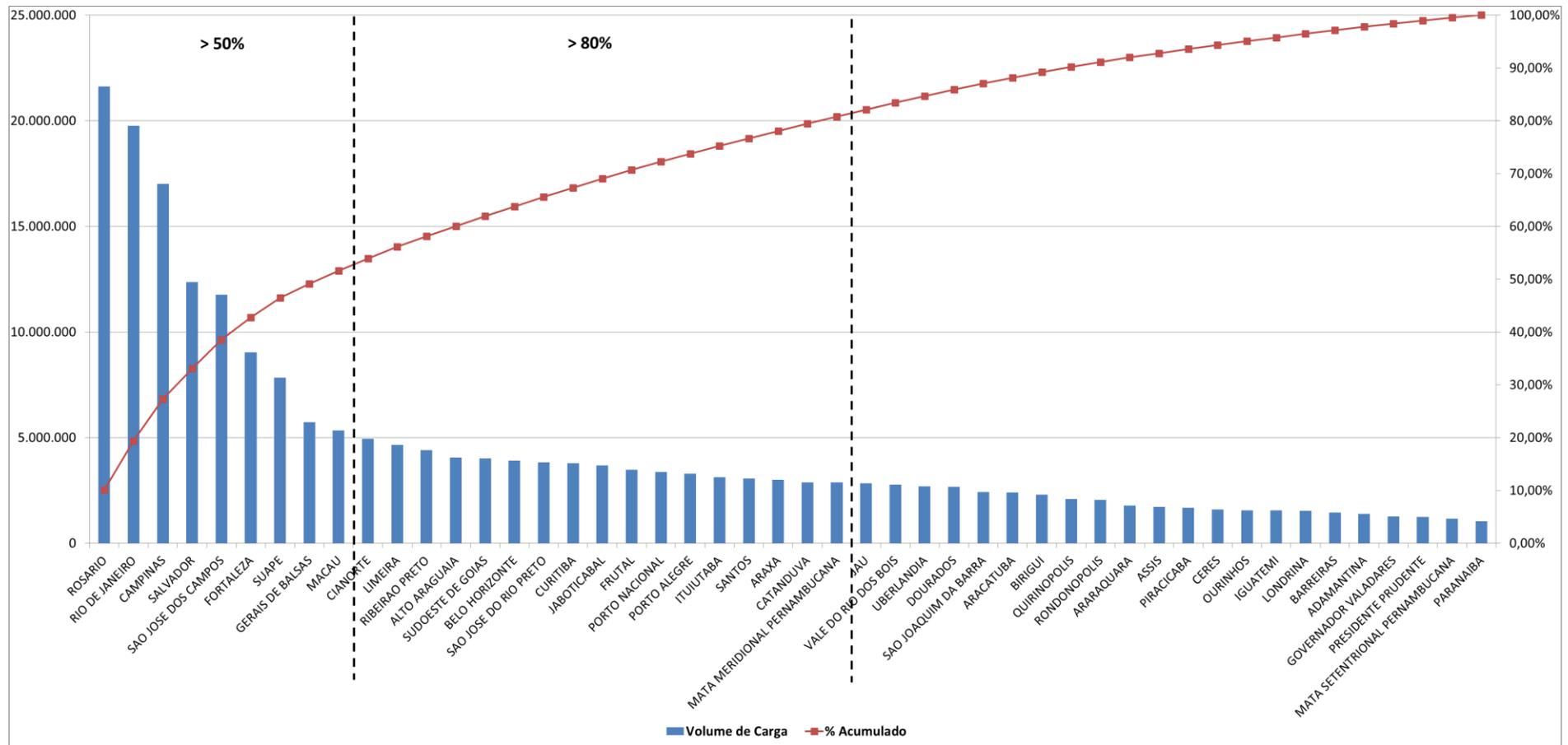
Analisando a distribuição de carga por Estado (Figura 3.22), São Paulo destaca-se com 17.456.130 toneladas de carga atraída (32,99%), valor que é superior ao dobro do segundo Estado com maior movimentação (Maranhão, 12,78% ou 27.337.390 t).

No entanto, o volume médio de carga atraída por este Estado é baixo, indicando que muitos CILs, com movimentação individual menor foram habilitados em São Paulo.

Por outro lado, os Estados do Rio de Janeiro, Bahia, Ceará, Maranhão, Rio Grande do Norte e Pernambuco destacam-se pelo alto valor médio de carga movimentada, valor superior ao Estado de São Paulo.

Nesses Estados, espera-se que prevaleçam CILs habilitados de grande porte, isso porque mesmo com uma quantidade menor de carga movimentada, o volume médio mostra-se bem elevado em alguns casos. A comprovação do exposto apresenta-se na Figura 3.23.

## Desenvolvimento de Metodologia para Implementação de Centros de Integração Logística - CIL



**Figura 3.20** – Microrregiões de CILs habilitadas – Granéis Líquidos.

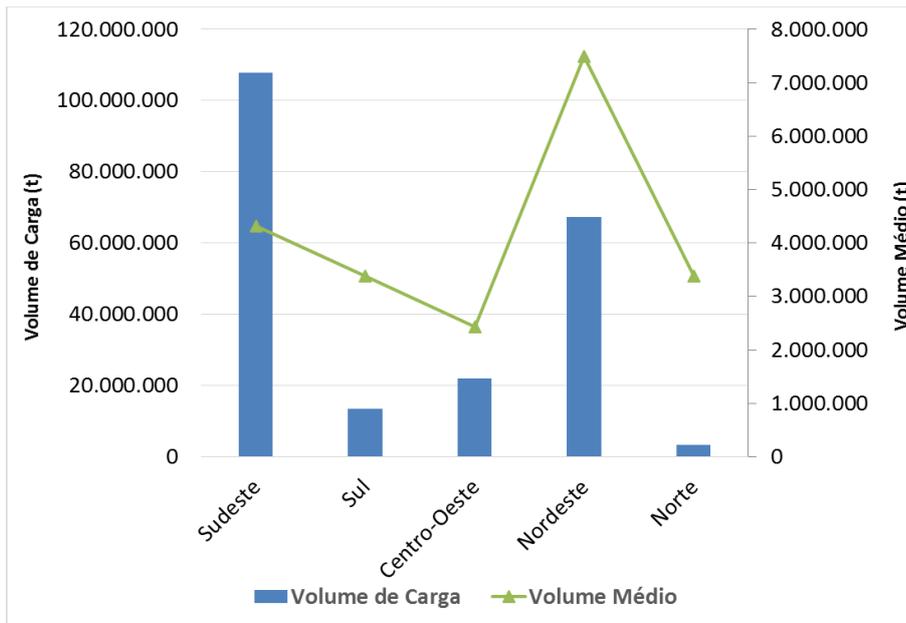


Figura 3.21 – Volume de carga total e médio movimentado por Região – Granéis Líquidos.

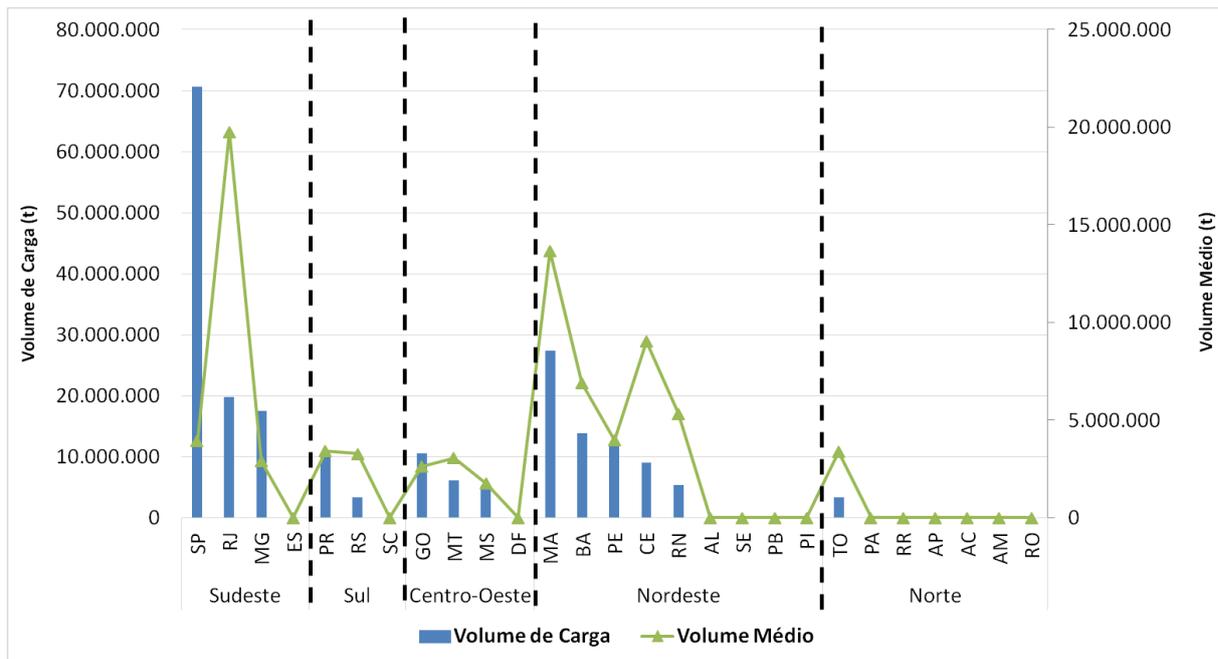
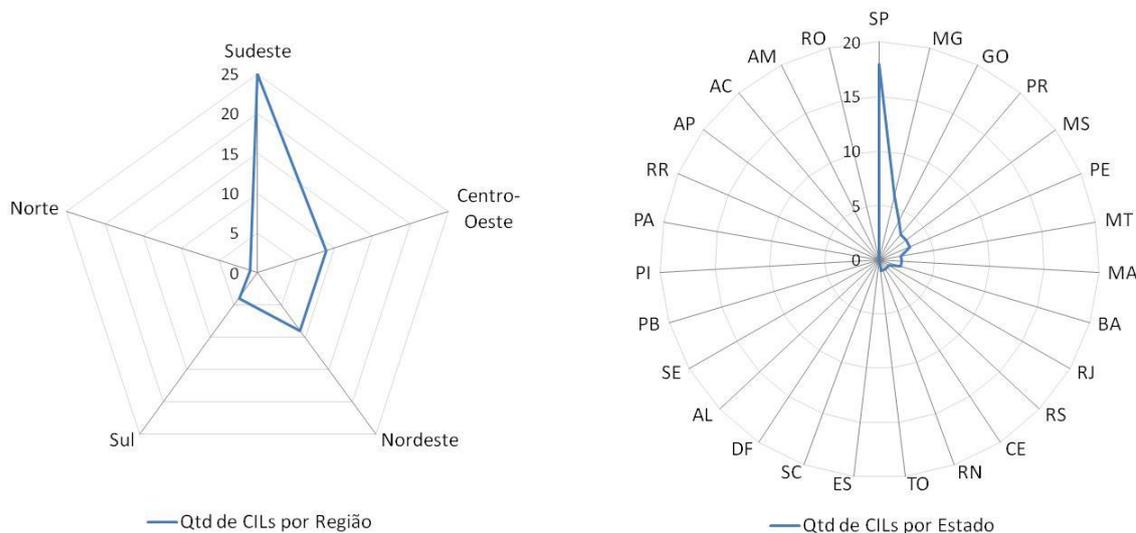


Figura 3.22 – Volume de carga total e médio movimentado por Estado – Granéis Líquidos.

Com a exposição da quantidade de CILs por Região e por Estado, fica evidente a predominância de estruturas habilitadas na Região Sudeste (25 CILs, 52,08% das estruturas), seguido de Nordeste e Centro-Oeste (ambas com 9 CILs ou 18,75%), Sul (4 CILs ou 8,33%) e Norte (1 CIL ou 2,08%) (Figura 3.23).

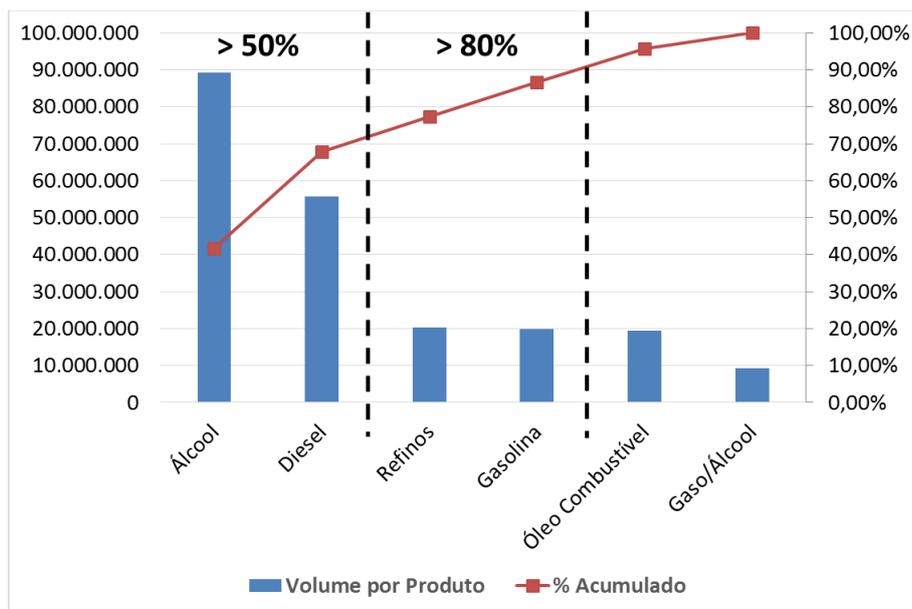
Além disso, observa-se a predominância dos CILs da Região Sudeste no Estado de São Paulo (18 CILs ou 37,50% do total), enquanto que, o Rio de Janeiro, que apresenta a terceira maior movimentação de Granéis Líquidos, habilitou apenas uma estrutura, justificando o maior volume médio de carga movimentado.



**Figura 3.23** – Quantidade de CILs por Região e Estado do território nacional – Granéis Líquidos.

No que concerne às cargas movimentadas no grupo de granéis líquidos, o Álcool aparece em primeiro lugar com 89.285.310 toneladas (41,73%) e, junto com o Diesel (26,08% ou 55.797.760 t) garantem mais de 50% (67,81%) de toda movimentação do grupo (Figura 3.24). Para garantir mais de 80% de carga movimentada, são necessários mais 2 produtos, Refinos (9,48% ou 20.284.540 t) e Gasolina (9,05% ou 19.862.350 t).

Para o Álcool, sua distribuição é bem pulverizada, estando presente em 44 CILs habilitados, com destaque para as microrregiões de Gerais de Balsas – MA (5.722.500 t) e Cianorte (4.829.050 t). Já o Diesel, presente em 13 CILs, a carga movimentada está mais concentrada, sendo que, em 5 desses CILs, a movimentação é superior a 5.300.000 toneladas, Rosário – MA (13.843.800 t), Rio de Janeiro – RJ (9.406.140 t), Campinas – SP (6.924.270 t), Fortaleza – CE (5.562.280 t) e Suape – PE (5.358.970 t). Cabe destacar, também, a presença dos Refinos em apenas 5 CILs, todos com mais de 2.000.000 de toneladas atraídas.



**Figura 3.24** – Volume de carga movimentada por produto – Granéis Líquidos.

Ressalta-se que, para os produtos Petróleo e Gás Natural, que também compõem o grupo de granéis líquidos, conforme composição dos grupos de cargas (ver Quadro 3.21), não foram simulados cenários com esses produtos. Optou-se por excluir tais produtos da simulação devido à utilização bem definida de gasodutos por estes, mostrando pouca, ou nenhuma, sensibilidade à multimodalidade.

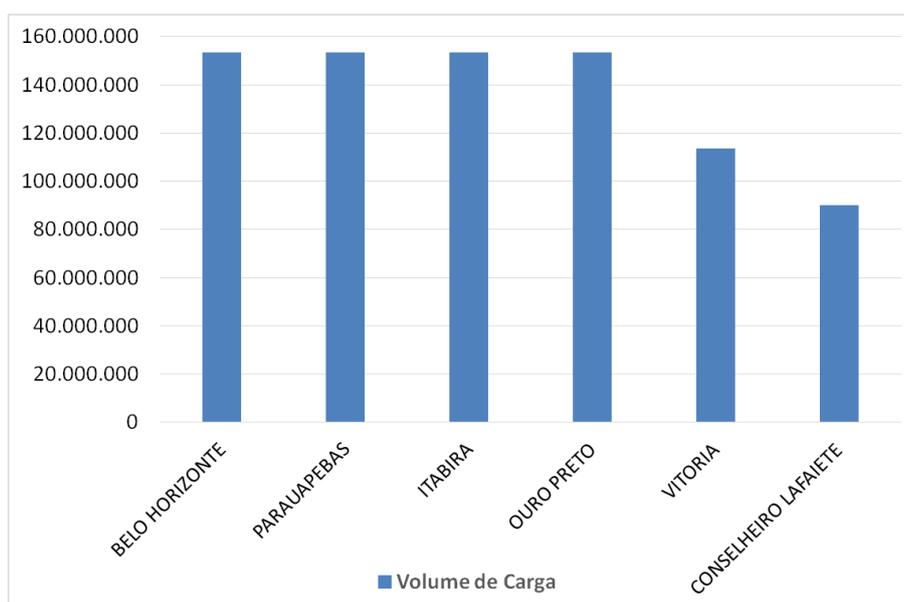
#### 3.5.1.4 Granéis Sólidos – Cenário 4

Para o grupo de granéis sólidos, foram adotados 3 cenários: (1) somente minério de ferro; (2) somente bauxita; e (3) demais produtos do grupo (não metálicos, carvão, químicos inorgânicos, químicos orgânicos e resinas). Esses diferentes cenários intragrupo foram adotados porque, o minério e a bauxita, devido aos seus elevados volumes de carga na matriz de produção, acabam influenciando negativamente nos resultados dos demais.

Além disso, esses produtos possuem uma logística própria com rede de transportes específica, tornando necessário, não somente a divisão em diferentes cenários, mas, principalmente, sua interpretação de maneira individual.

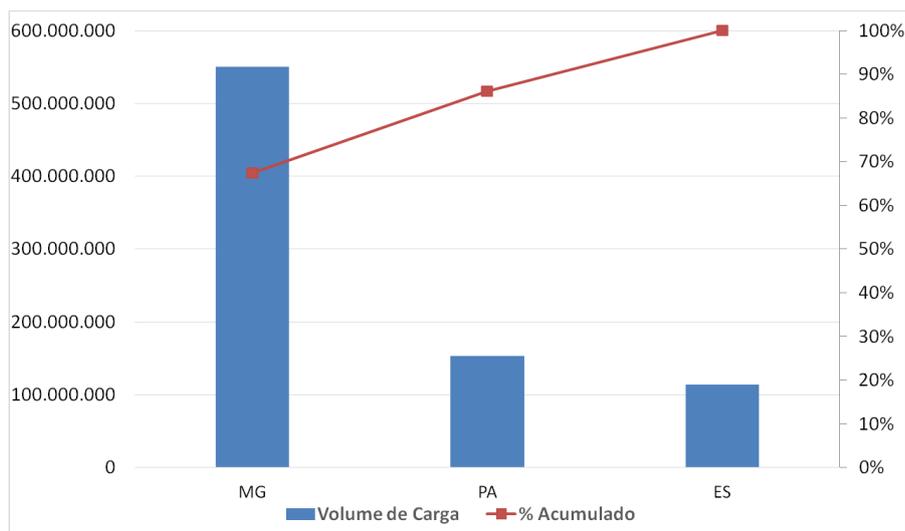
## 3.5.1.4.1 Granéis Sólidos – Minério de Ferro

Relacionado ao minério de ferro, 6 CILs foram habilitados, com movimentação total de carga de 817.241.616 toneladas. A Figura 3.25 mostra que a carga atraída pelos CILs habilitados é uniformemente distribuída na maioria dos casos. As microrregiões de Belo Horizonte – MG, Parauapebas – PA, Itabira – MG e Ouro Preto – MG, mostram-se como as mais relevantes, com um total que varia entre 153.380.304 e 153.380.320 toneladas de minério (18,77% em cada microrregião). As demais, Vitória – ES e Conselheiro Lafaiete – MG, atraíram 113.521.680 toneladas (13,89%) e 90.198.704 toneladas (11,04%), respectivamente.



**Figura 3.25** – Microrregiões de CILs habilitados – Granéis Sólidos – Minério de Ferro.

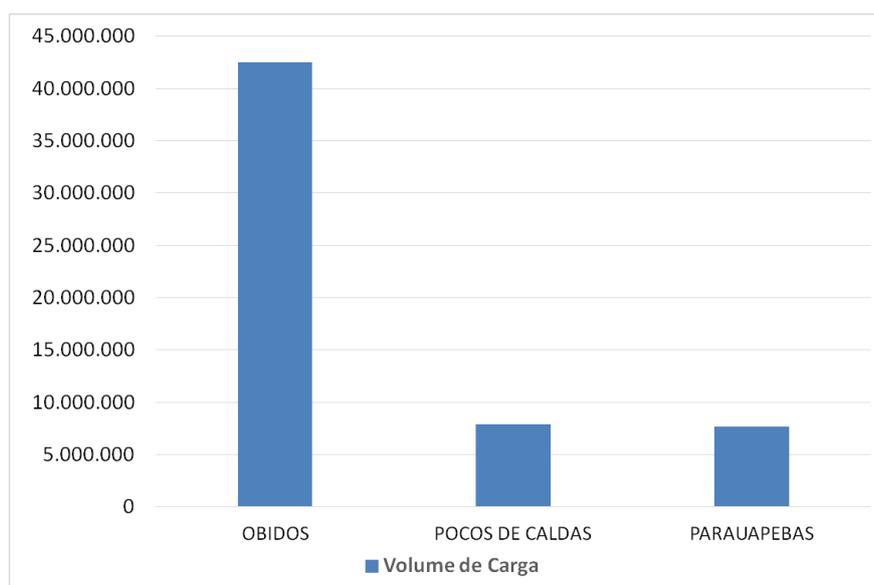
A distribuição dos CILs habilitados para o minério de ferro no território mostra-se muito bem definida. Por meio da Figura 3.26 pode-se observar que, a Região Sudeste destaca-se das demais com 81,83% do total, sendo que, o Estado de Minas Gerais, sozinho, corresponde a 67,34% de todo minério de ferro movimentado pelos CILs habilitados. Além da Região Sudeste, somente a Região Norte, com o Estado do Pará, apresentou CIL para movimentação de minério.



**Figura 3.26** – Volume de carga total e médio movimentado por Estado – Granéis Sólidos – Minério de Ferro.

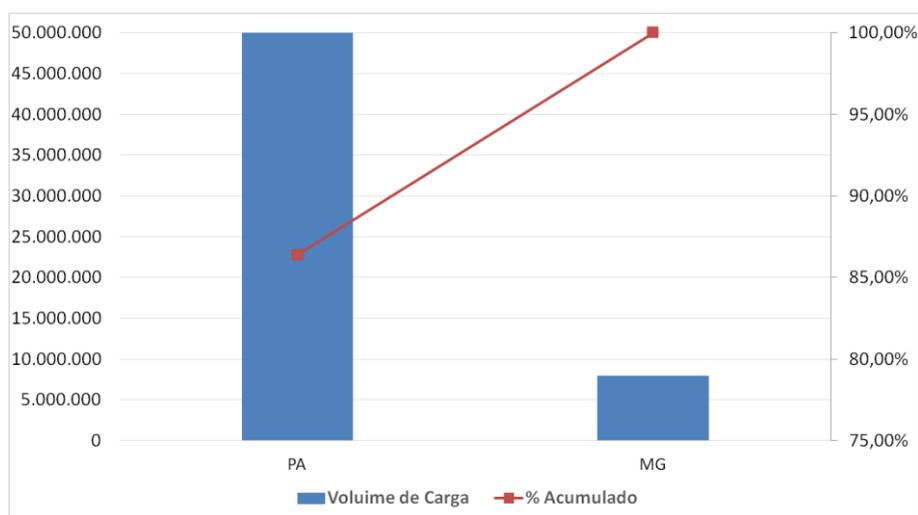
#### 3.5.1.4.2 Granéis Sólidos – Bauxita

Para a bauxita, apenas 3 CILs foram habilitados, Óbidos – PA, Poços de Caldas – MG e Parauebas – PA. O total de carga atraído por esses CILs foi de 58.060.242 toneladas. Deste total, conforme mostrado na Figura 3.27, somente a microrregião de Óbidos é responsável por 42.474.392 toneladas de movimentação (73,16%), seguido de Poços de Caldas (13,62%) e Parauapebas (13,22%).



**Figura 3.27** – Microrregiões de CILs habilitados – Granéis Sólidos – Bauxita.

Na divisão por Região e Estados (Figura 3.28), a Norte atraiu 50.150.222 toneladas (86,38%), representado pelo Estado do Pará, e a Região Sudeste 7.910.020 toneladas (13,62%).



**Figura 3.28** – Volume de carga total e médio movimentado por Estado – Granéis Sólidos – Bauxita.

#### 3.5.1.4.3 Granéis Sólidos – Demais Produtos

Em relação aos demais produtos do grupo de granéis sólidos, o modelo matemático habilitou 26 microrregiões para abertura de CILs, com movimentação total de 88.011.530 toneladas em produtos. A Figura 3.29 apresenta cada uma das microrregiões com suas respectivas movimentações de carga, em ordem decrescente.

Dos 26 CILs habilitados, 6 concentram mais de 50% do total de cargas movimentada para esse grupo de produtos, são eles: Salvador – BA (12.442.490 t, 14,14%); Santos – SP (8.492.390 t, 9,65%); Uberaba – MG (7.800.810 t, 8,86%); Litoral Lagunar – RS (6.501.110 t, 7,39%); Rio de Janeiro – RJ (4.893.470 t, 5,56%); e Curitiba – PR (4.561.850 t, 5,18%). Como grupo de CILs com maior relevância (movimentação de carga de mais de 80%), cita-se ainda, Rondonópolis – MT, Catalão – GO, São Jerônimo – RS, Araxá – MG, Maceió – AL, Campinas – SP, Baixo Cotinguiba – SE, Itajaí – SC e Belo Horizonte – MG, totalizando 15 CILs.

Os demais CILs habilitados atraem entre 1,22% e 2,07% da movimentação de cargas, sendo que, com exceção do CIL da microrregião de Porto Alegre – RS, todos estes movimentam apenas 1 produto do grupo de granéis sólidos. O de menor

movimentação é o CIL de Toledo – PR com 1.073.300 toneladas (1,22%), respeitando o mínimo de 1 milhão de toneladas para habilitar um CIL.

Com relação à distribuição por Região da movimentação de carga pelos CILs habilitados, como mostrado na Figura 3.30, 3 Regiões concentram entre 25,55% e 36,89% do total movimentado, correspondendo, juntas, a 85,71%. A Região Sudeste lidera esse *ranking* com 32.467.190 toneladas, seguido da Nordeste com 22.489.970 toneladas e Sul com 20.478.860 toneladas. A Região Centro-Oeste possui 12,39% da movimentação de produtos desse grupo, e a Região Norte, com a menor movimentação, apenas 1,89%.

Analisando o volume médio de carga movimentada (Figura 3.30), em toneladas, o *ranking* apresentado acima, para a movimentação por Região, é preservado. Destaca-se, no entanto, que o volume médio das Regiões Nordeste, Centro-Oeste e Norte, mostra-se elevado, indicando que nestas, os CILs habilitados são de maior porte, ou mesmo, que poucos CILs são responsáveis por toda movimentação. Já para uma análise individual dos Estados, como apresentado na Figura 3.31, os Estados de São Paulo (14.740.810 t, 16,75%) e Bahia (14.241.930 t, 16,18%) lideram entre aqueles com maior movimentação. Na sequência aparecem os Estados de Minas Gerais (12.832.910 t, 14,58%), Rio Grande do Sul (11.242.090 t, 12,77%) e Paraná (7.008.770 t, 7,96%).

Alguns Estados não se mostraram sensíveis à abertura de CILs para esse grupo de produtos, são eles: Espírito Santo – Região Sudeste; Mato Grosso do Sul – Região Centro-Oeste; Maranhão, Pernambuco, Ceará e Rio Grande do Norte – Região Nordeste; Amazonas, Tocantins, Rondônia, Roraima, Amapá e Acre – Região Norte. Ao analisar a quantidade de CILs por Região do país e por Estado, é possível melhor compreender o comportamento das curvas de volume médio de carga, mostradas nas Figuras 3.30 e 3.31. De acordo com a Figura 3.32, o Sudeste apresenta a maior quantidade de estruturas habilitadas (8 CILs), seguido da Região Sul (7 CILs), Nordeste (6 CILs), Centro-Oeste (4 CILs) e Norte (1 CIL).

Por Estado, a Figura 3.32 mostra que, São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, mesmo com grande movimentação, apresentam volumes médios inferiores a outros estados, por pulverizar a carga atraída entre os CILs, enquanto que, em Estados como BA, uma quantidade menor de CILs é responsável por toda movimentação do Estado.

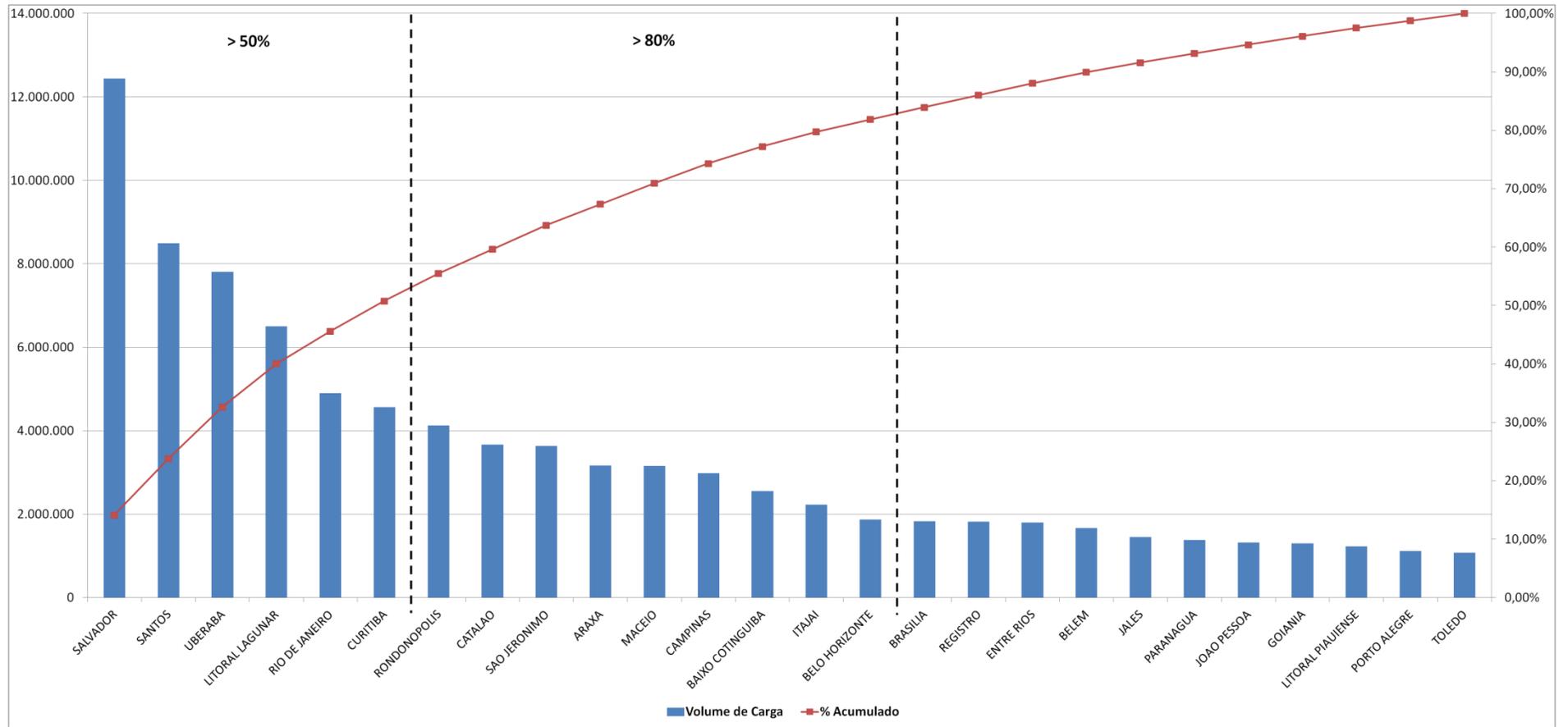
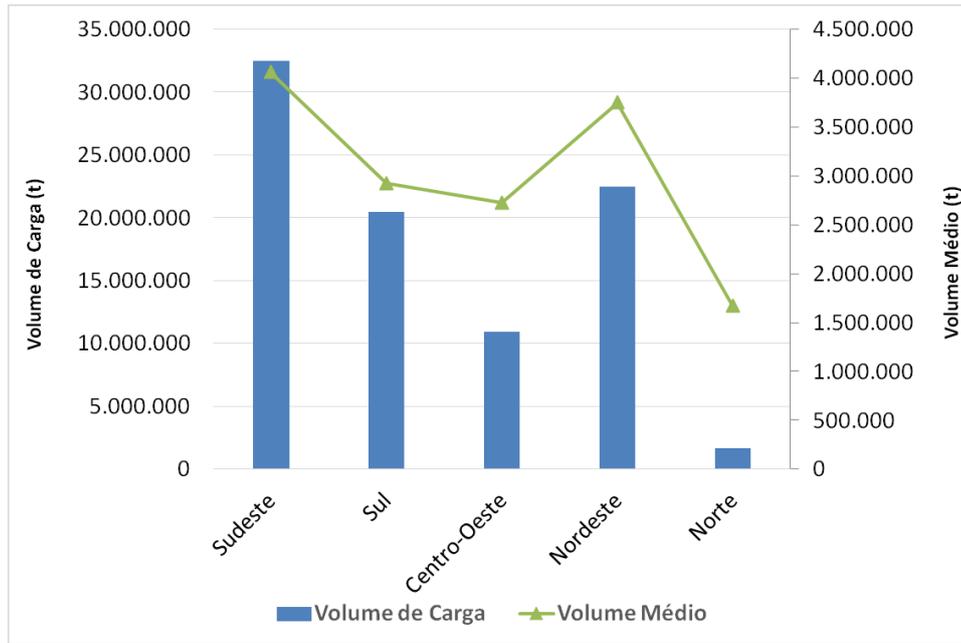
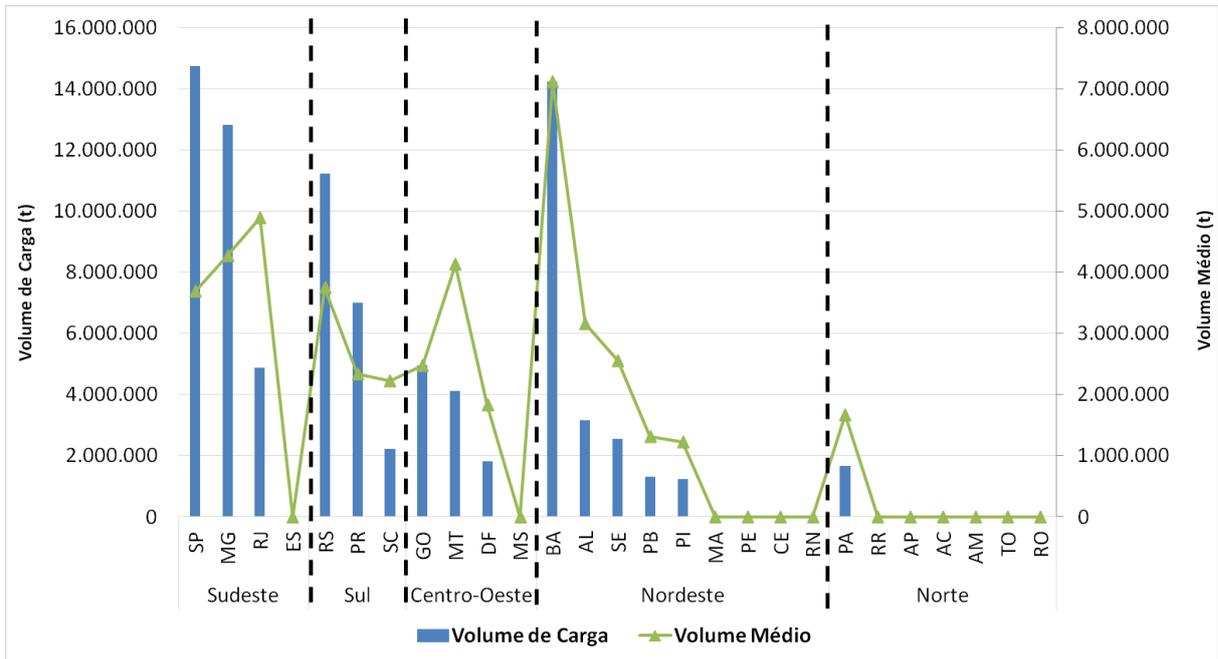


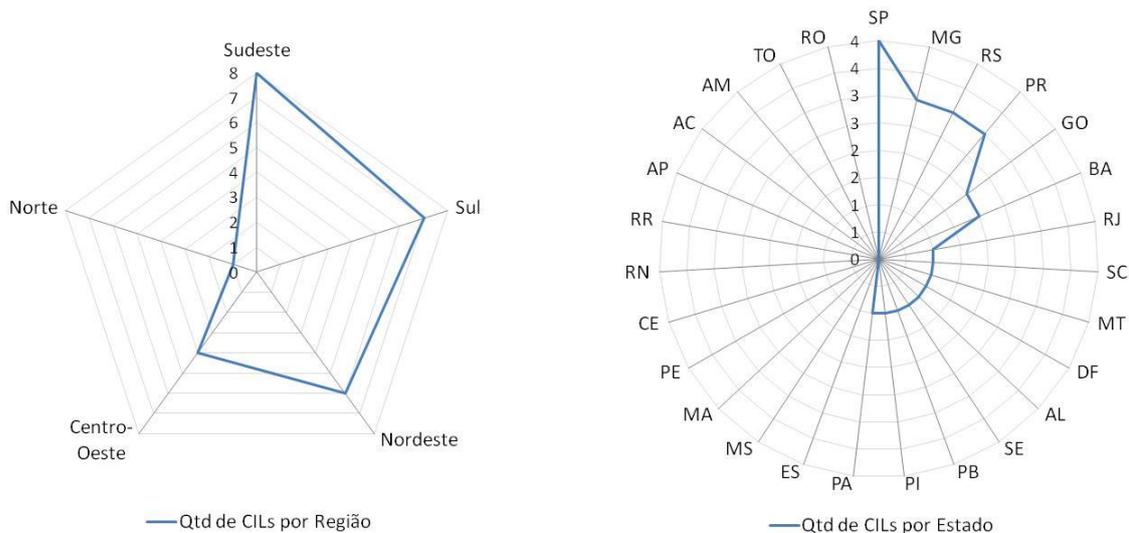
Figura 3.29 – Microrregiões de CILs habilitados – Granéis Sólidos – Demais Produtos.



**Figura 3.30** – Volume de carga total e médio movimentado por Região – Granéis Sólidos – Demais Produtos.



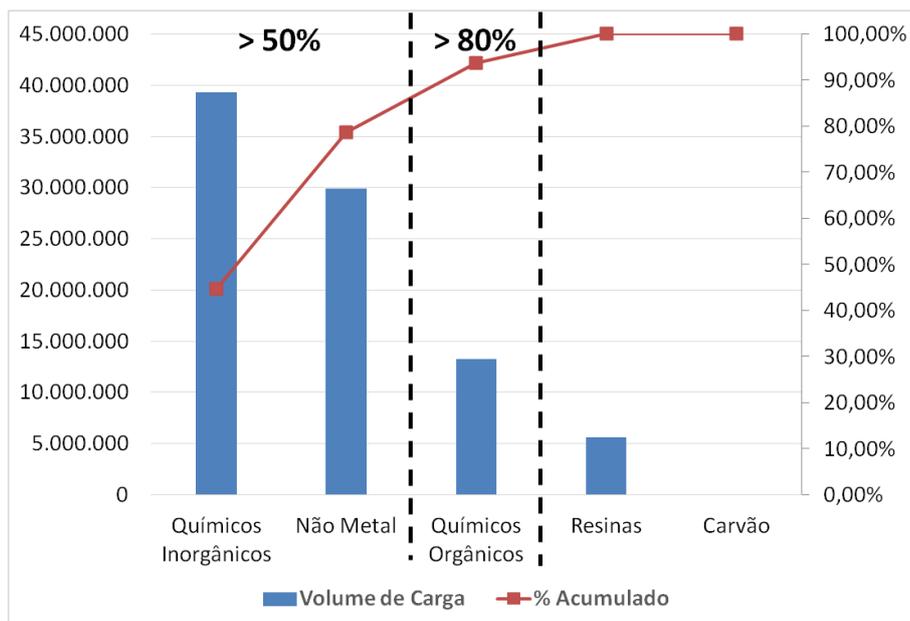
**Figura 3.31** – Volume de carga total e médio movimentado por Estado – Granéis Sólidos – Demais Produtos.



**Figura 3.32** – Quantidade de CILs por Região e Estado do território nacional – Granéis Sólidos – Demais Produtos.

Relacionado aos produtos movimentados de granéis sólidos – demais produtos (Figura 3.33), os químicos inorgânicos apresentam maior movimentação (39.295.420 t, 44,65%). Ao considerar também os não metálicos, juntos, correspondem a 78,59% da carga atraída desse grupo. Os químicos orgânicos aparecem como terceiro produto mais movimentado dentre os granéis sólidos – demais produtos, com 15,06%, enquanto as resinas, com menor representatividade possui 5.582.970 toneladas movimentadas (6,34%). Já o carvão não está presente em nenhum dos CILs habilitados.

Nesse grupo de produtos, os não metálicos e químicos inorgânicos aparecem com a carga bem distribuída entre os CILs, com exceção da microrregião de Santos – SP (5.565.550 t de não metálicos) e Uberaba – MG (7.644.180 t de químicos inorgânicos). Para os químicos orgânicos e resinas, alguns CILs destacam-se por uma movimentação significativa (Salvador – BA e São Jerônimo – RS para químicos e Salvador – BA para as resinas), enquanto que, nos demais, alguma quantidade (pequena quantidade) acaba se beneficiando do CIL já habilitado para movimentação.



**Figura 3.33** – Volume de carga movimentada por produto – Granéis Sólidos – Demais Produtos.

No que se refere aos produtos com volume de importação na matriz de O/D, para o grupo de Granéis Sólidos, deve-se considerar uma análise diferenciada para o carvão, químicos inorgânicos, químicos orgânicos e resinas (conforme procedimento apresentado na Seção 3.3.6.). Dessa forma, aplicando o procedimento indicado no Fluxograma de metodologia para produtos importados (Figura 3.9), obteve-se como resultado, os CILs habilitados conforme Quadro 3.27. Assim, observa-se que 27 CILs (12 microrregiões distintas) foram indicados em microrregiões com pré-existência de portos e os volumes indicados foram desconsiderados.

**Quadro 3.27** – Produtos Importação – Granéis Sólidos.

Microrregião	Estado	Produto	Volume de Carga	Tipo
Belém	PA	Carvão	548.680	Tipo I
Aglomeração Urbana de São Luís	MA	Carvão	658.420	
Vitória	ES	Carvão	19.561.800	
Santos	SP	Carvão	11.499.500	
Belém	PA	Químicos Inorgânicos	6.324.210	
Aglomeração Urbana de São Luís	MA	Químicos Inorgânicos	24.081.700	
Recife	PE	Químicos Inorgânicos	3.190	
Maceió	AL	Químicos Inorgânicos	2.600.640	
Aracajú	SE	Químicos Inorgânicos	273.320	
Vitória	ES	Químicos Inorgânicos	151.040	
Rio de Janeiro	RJ	Químicos Inorgânicos	60.410	
Santos	SP	Químicos Inorgânicos	86.280	

Microrregião	Estado	Produto	Volume de Carga	Tipo
Paranaguá	PR	Químicos Inorgânicos	112.280	Tipo I
Porto Alegre	RS	Químicos Inorgânicos	69.040	
Belém	PA	Químicos Orgânicos	304.420	
Aglomerado Urbano de São Luís	MA	Químicos Orgânicos	2.931.400	
Suape	PE	Químicos Orgânicos	10.290	
Aracaju	SE	Químicos Orgânicos	337.090	
Vitória	ES	Químicos Orgânicos	9.110	
Rio de Janeiro	RJ	Químicos Orgânicos	1.190	
Santos	SP	Químicos Orgânicos	2.430	
Paranaguá	PR	Químicos Orgânicos	6.700	
Porto Alegre	RS	Químicos Orgânicos	670	
Rio de Janeiro	RJ	Resinas	1.538.910	
Santos	SP	Resinas	312.980	
Paranaguá	PR	Resinas	5.020	
Litoral Lagunar	RS	Resinas	1.160	

### 3.5.1.5 Carga Geral – Cenário 5

Ao considerar os produtos que compõem o grupo de carga geral, o modelo matemático indica a abertura de CILs em 95 microrregiões, com um total de carga movimentada de 390.343.920 toneladas. A Figura 3.34 apresenta, em ordem decrescente de carga movimentada, todas as microrregiões indicadas para abertura de CILs.

Por meio da Figura 3.34 é possível observar que 17 CILs concentram mais de 50% de toda movimentação dos produtos de carga geral, sendo as microrregiões de: São José dos Campos – SP (5,23%); Curitiba – PR (5,12%); Sorocaba – SP (4,29%); Campinas – SP (3,95%); São Paulo – SP (3,90%); e Belo Horizonte – MG (3,22%); as mais representativas do grupo. De maneira análoga, observa-se que 47 dos CILs indicados, são responsáveis por mais de 80% da movimentação dos produtos de grãos vegetais.

O elevado número de CILs indicados pelo modelo, associado à distribuição percentual de cargas movimentadas, caracteriza uma distribuição pulverizada das cargas movimentadas por esse grupo de produtos. Todos os CILs habilitados desse grupo movimentam mais de 1 milhão de toneladas (sendo a menor movimentação em Joaçaba – SC, equivalente a 1.003.270 toneladas – 0,26%).

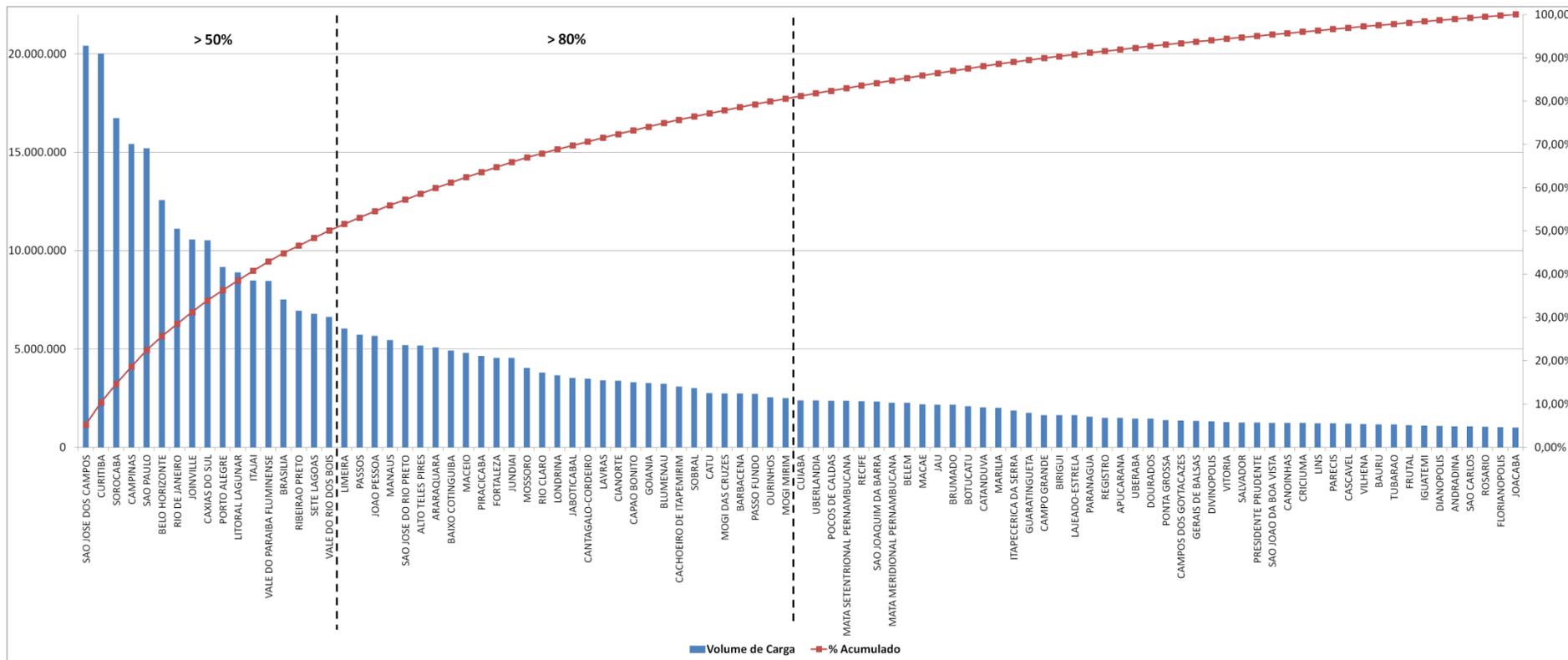
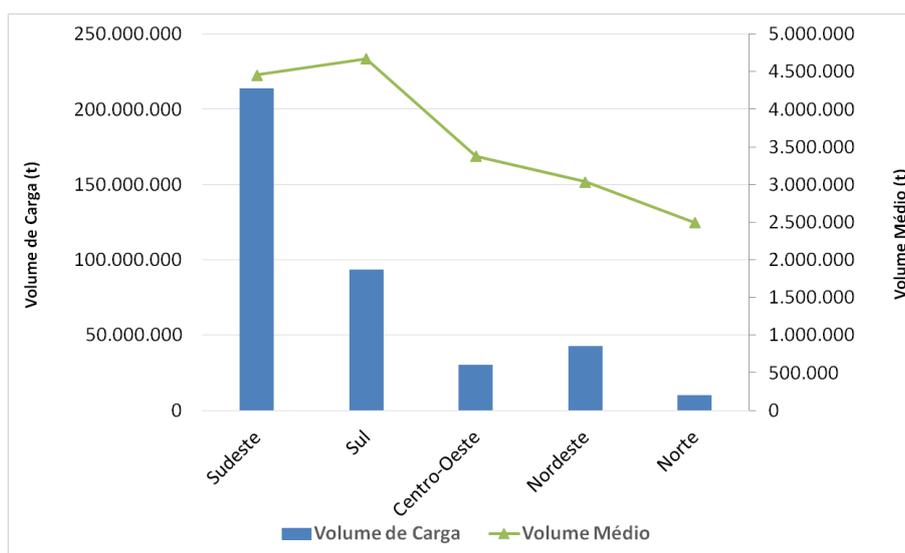


Figura 3.34 – Microrregiões de CILs habilitados – Carga Geral.

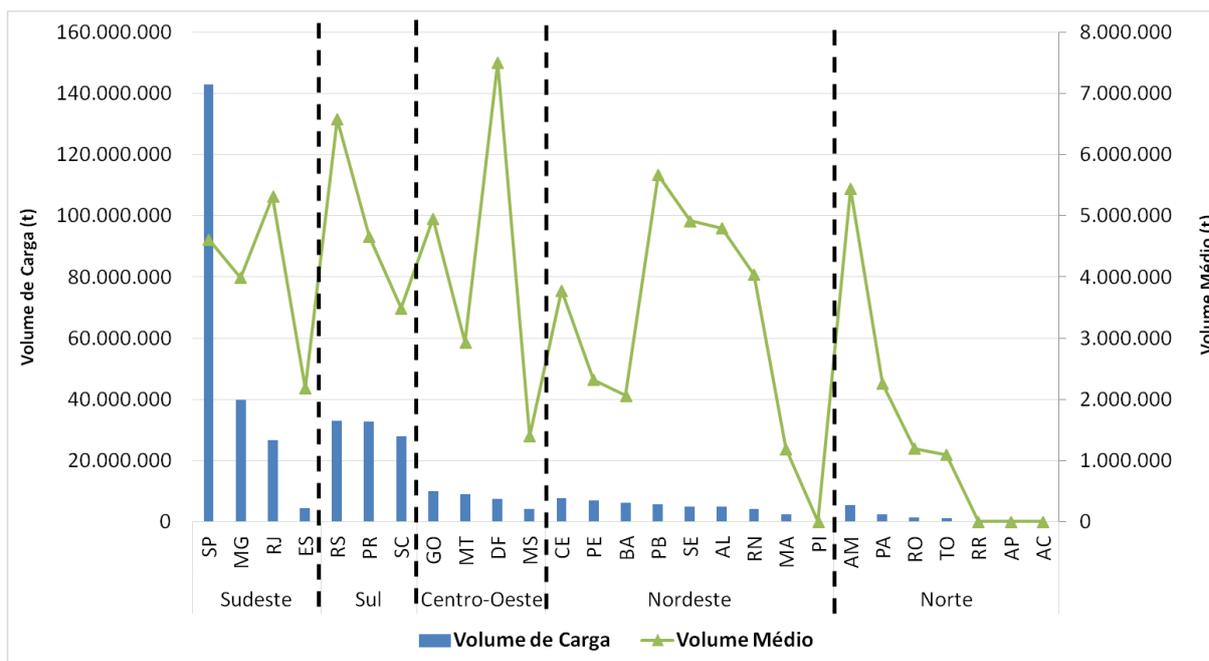
A Figura 3.35 apresenta a distribuição do volume de carga e volume médio de carga, em toneladas, dividido por Região do país. Com isso, observa-se que, para os produtos de carga geral, a Região Sudeste destaca-se das demais, com mais de 50% da carga atraída por CILs (213.905.630 t, 54,80%). A segunda região com maior movimentação é a Sul (93.519.750 t, 23,96%), na sequência estão, as regiões Nordeste (42.515.840 t, 10,89%), Centro-Oeste (30.414.810 t, 7,79%) e Norte (9.987.890 t, 2,56%).

Ao analisar o volume médio de carga (Figura 3.35), verificam-se indicadores de que muitos CILs estão concentrados na região Sudeste, isto porque, apesar da grande quantidade de carga movimentada nesta, o volume médio não se destaca significativamente dos demais, sendo inclusive, menor, quando comparado com a Região Sul.



**Figura 3.35** – Volume de carga total e médio movimentado por Região – Carga Geral.

Já a Figura 3.36, apresenta a distribuição do volume de cargas movimentada por Estado. Nesse caso, destacam-se as movimentações de carga, em ordem decrescente, dos Estados de São Paulo (143.064.640 t, 36,65%), Minas Gerais (39.880.960 t, 10,22%), Rio Grande do Sul (32.924.550 t, 8,43%), Paraná (32.674.150 t, 8,37%), e Santa Catarina (27.921.050 t, 7,15%).



**Figura 3.36** – Volume de carga total e médio movimentado por Estado – Carga Geral.

Por meio da curva que representa o volume médio de carga movimentada (Figura 3.36) pode-se observar que alguns estados com movimentação de carga geral baixa, tais como: Distrito Federal; Goiás; Alagoas; Sergipe; Paraíba; e Amazonas; apresenta elevado volume médio de carga movimentada, sendo inclusive, superior ao valor médio do Estado com maior movimentação (São Paulo).

Nesse sentido, a Figura 3.37 confirma os indicativos das Figuras 3.35 e 3.36, mostrando que, relacionado às Regiões, a maior quantidade de CILs indicados está na Região Sudeste (com 48 CILs – 50,53%) seguido das Regiões, Sul (20 CILs – 21,05%), Nordeste (14 CILs – 14,74%), Centro-Oeste (9 CILs – 9,47%) e Norte (4 CILs – 4,21%). Já para a análise por estado, São Paulo (31 CILs, 32,63%) é o Estado de maior representatividade, seguido de: Minas Gerais (10 CILs, 10,53%); Santa Catarina (8 CILs, 8,42%), Paraná (7 CILs, 7,37%) e Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, ambos com 5 CILs ou 5,26%. Os demais estados que possuem CILs habilitados, possuem, no máximo, 3 CILs.

Referente aos tipos de cargas movimentadas destacam-se os produtos que compõem o subgrupo de médio valor agregado, com 209.604.880 toneladas (53,70%). Juntamente com o cimento e produtos provenientes da indústria e refinos de açúcar, garantem 90,66% (353.874.150 t) da movimentação de carga dos produtos de carga geral (Figura 3.38).

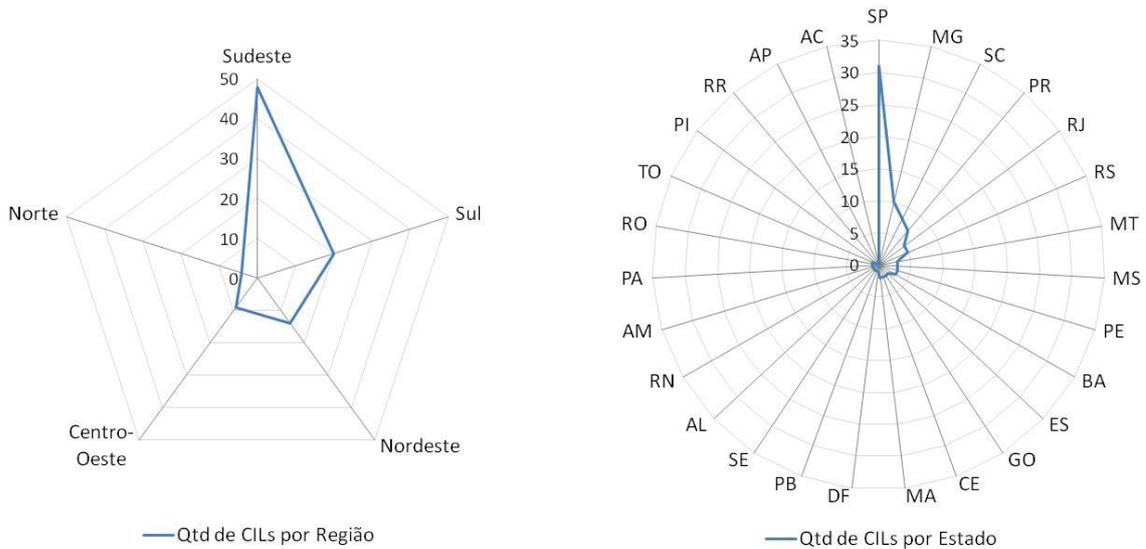


Figura 3.37 – Quantidade de CILs por Região e Estado do território nacional – Carga Geral

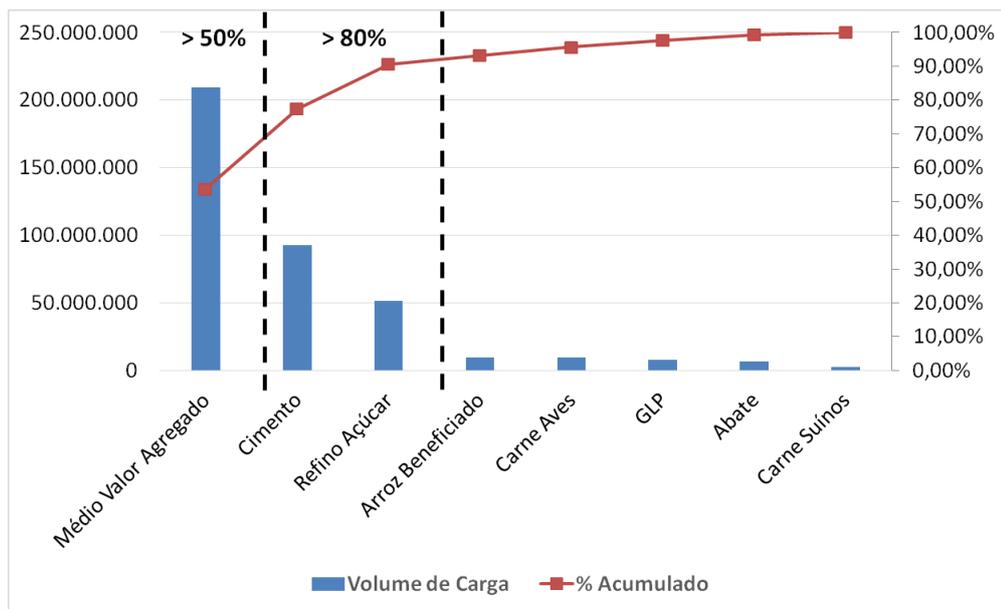


Figura 3.38 – Volume de carga movimentada por produto – Carga Geral.

É importante destacar que, para alguns produtos de carga geral, não foram simulados cenários com esses produtos, são eles, os produtos: 13, 15, 16, 17, 31, 35, 36, 37, 39, 40, 43, 52, 14, 18, 47, 48, 49, 64, 80, 82 e 83 (ver Quadro 3.23). Isso se justifica porque, de acordo com o PNLT 2011, esses produtos possuem vocação para transporte rodoviário o que implica em pouca, ou nenhuma, sensibilidade à multimodalidade.

No que se refere aos produtos com volume de importação na matriz de O/D, para o grupo de Carga Geral, deve-se considerar uma análise diferenciada para o GLP, arroz beneficiado e produtos de médio valor agregado (conforme procedimento apresentado na Seção 3.3.6.).

**Quadro 3.28** – Produtos Importação – Granéis Vegetais

Microrregião	Estado	Produto	Volume de Carga	Tipo
Recife	PE	GLP	837.450	Tipo I - Portos
Santos	SP	GLP	871.490	
Aglomeración Urbana de São Luís	MA	Arroz beneficiado	771.650	
Fortaleza	CE	Arroz beneficiado	690	
João pessoa	PB	Arroz beneficiado	19.280	
Suape	PE	Arroz beneficiado	43.470	
Aracaju	SE	Arroz beneficiado	96.850	
Vitoria	ES	Arroz beneficiado	234.060	
Rio de janeiro	RJ	Arroz beneficiado	1.090	
Santos	SP	Arroz beneficiado	35.600	
Itacoatiara	AM	Médio Valor	1.802.740	
Belém	PA	Médio Valor	157.620	
Aglomeración Urbana de São Luís	MA	Médio Valor	1.710.240	
Fortaleza	CE	Médio Valor	1.998.280	
Mossoró	RN	Médio Valor	1.003.320	
Suape	PE	Médio Valor	816.680	
Salvador	BA	Médio Valor	5.762.110	
Valença	BA	Médio Valor	2.556.790	
Vitoria	ES	Médio Valor	36.833.880	
Itaguaí	RJ	Médio Valor	202.750	
Santos	SP	Médio Valor	1.810.520	
Paranaguá	PR	Médio Valor	92.250	
Campanha	RS	Médio Valor	121.120	
Toledo	PR	Arroz Beneficiado	1.930	
Campanha	RS	Arroz Beneficiado	790	

Dessa forma, aplicando o procedimento indicado no Fluxograma de metodologia para produtos importados (Figura 3.9), obteve-se como resultado, os CILs indicados conforme Quadro 3.28. Observa-se então que, 22 CILs foram indicados em microrregiões com pré-existência de portos e os volumes indicados foram desconsiderados, o CILs de Toledo e Campanha indicados também foram

desconsiderados porque não foram habilitados previamente para o grupo de Carga Geral e os volumes são insuficientes para habilitar um CIL nas microrregiões indicadas.

### 3.5.2 Todos os Grupos de Produtos – Cenário 6

Apresentados os cenários individuais e suas peculiaridades, esta seção discorre sobre o cenário de todos os grupos de produto, o qual consolida os resultados obtidos nas aplicações segregadas por grupo de produto. Assim, em relação ao cenário envolvendo todos os grupos de produtos, foram habilitados CILs em 156 microrregiões, os quais atraem 924.593.870 toneladas (conforme indicado na Figura 3.39).

Das estruturas indicadas para abertura, 26 CILs concentram mais de 50,03% de toda movimentação de graneis vegetais, com destaque para as microrregiões de: Rio de Janeiro - RJ (com 4,06% do total); São José dos Campos – SP (3,85%); Campinas – SP (3,83%); Curitiba – PR (3,06%); Salvador – BA (2,82%); Rosário – MA (2,45%); Belo Horizonte (2,28%). As demais movimentando menos de 2% do total, variando entre 1,97% em Litoral Lagunar – RS e 0,11% em Santo Ângelo - RS. Verifica-se, ainda, que 71, das 156 estruturas indicadas, são responsáveis aproximadamente 80% (79,82%) da movimentação de carga.

Salienta-se que, seguindo a regra estipulada para o modelo, todos os CILs habilitados movimentam mais de 1 milhão de toneladas (sendo a menor movimentação em Santo Ângelo – RS, equivalente a 1.008.970 toneladas – 0,61%).

O elevado número de CILs indicados pelo modelo associado à distribuição percentual dos volumes de carga movimentados (Figura 3.39) está relacionado a uma distribuição pulverizada dos grupos de produtos. Isto está demonstrado na Figura 3.40, a qual apresenta a distribuição do volume de carga e volume médio de carga atraída, em toneladas, por cada região do país.

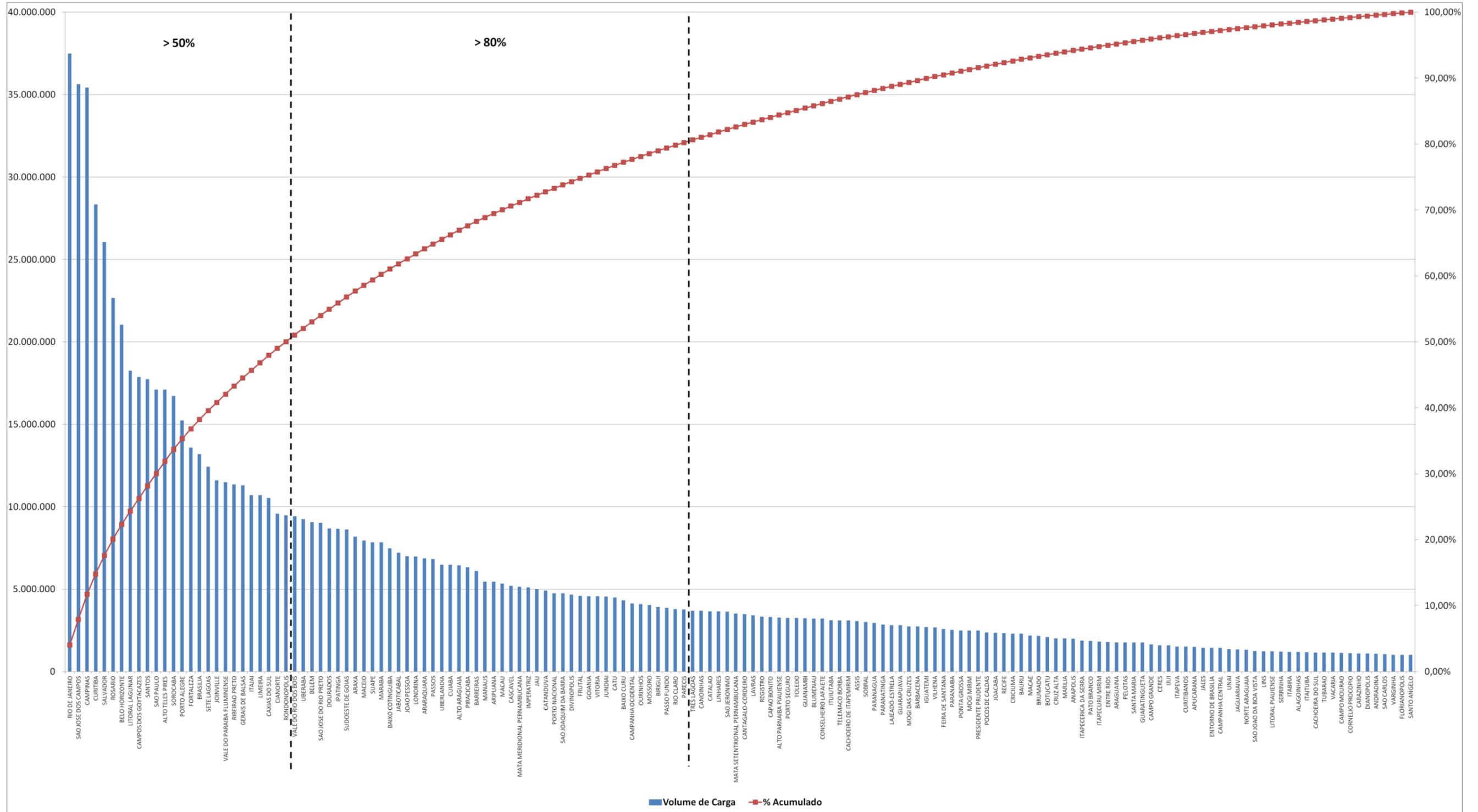
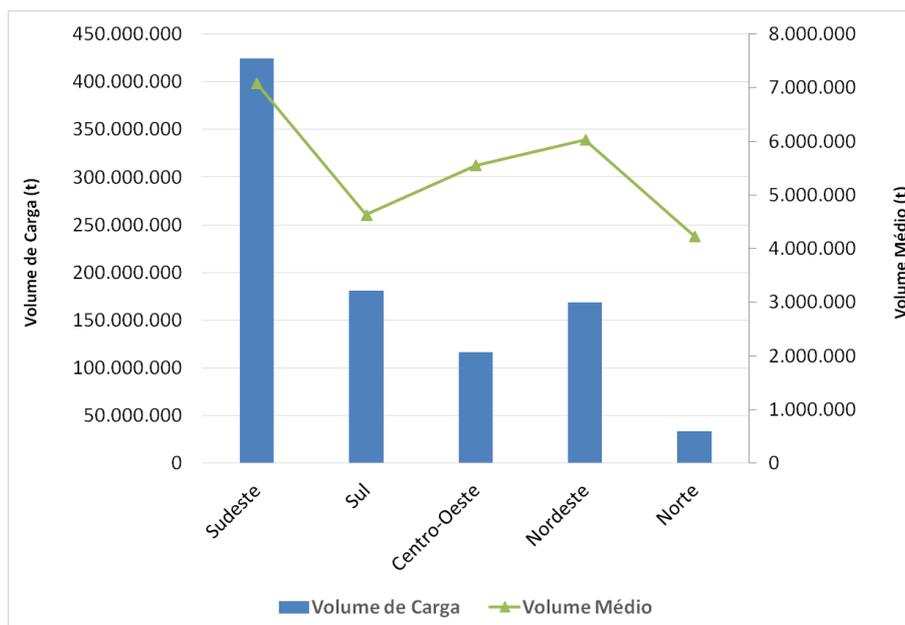


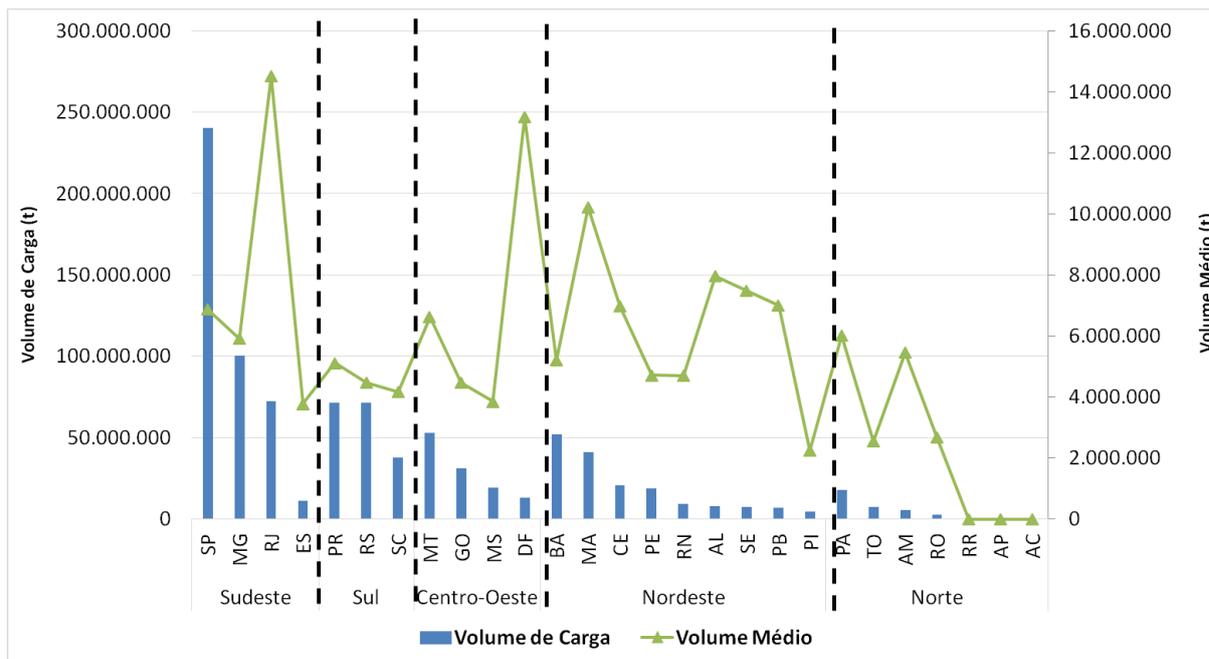
Figura 3.39 – Microrregiões de CILs habilitados – Todos os Grupos.



**Figura 3.40** – Volume de carga total e médio movimentado por Região – Todos os Grupos.

Assim, é possível verificar que, a região sudeste é a de maior relevância, concentrando 45,92% da movimentação nos 60 CILs habilitados nesta região. Na sequência têm-se as regiões Sul (com 39 estruturas e 19,53% do volume atraído) e Nordeste (com 28 estruturas e 18,23% do volume). Centro-Oeste e Norte registram 12,61% e 3,66% do volume total movimentado, respectivamente.

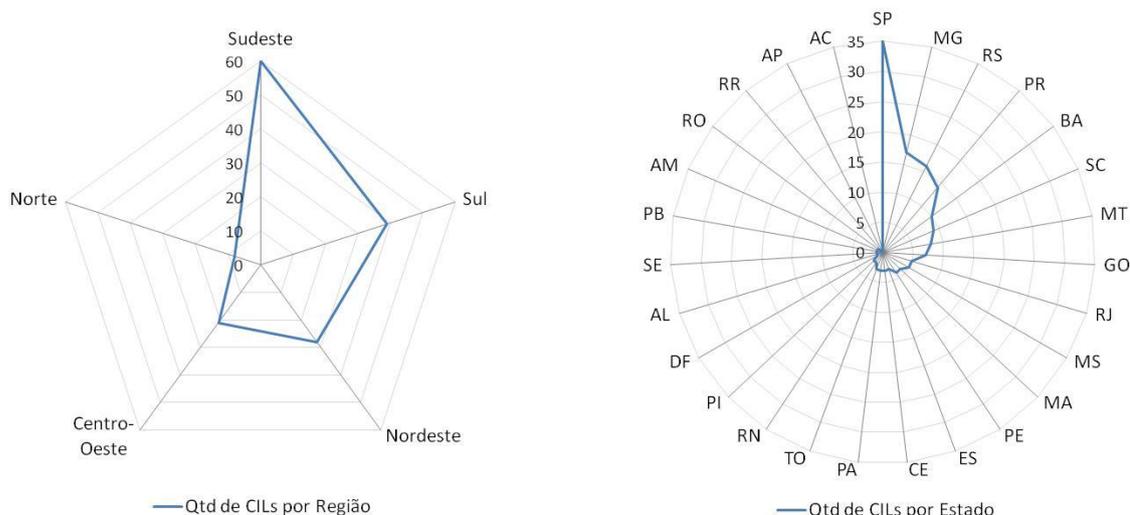
Em relação à distribuição do volume de cargas movimentada por Estado, tem-se a Figura 3.41. Nota-se que os Estados de São Paulo (240.174.190 t, 25,98%), Minas Gerais (100.564.420t, 10,88%), Rio de Janeiro (72.518.910 t, 7,84%), todos na região Sudeste, concentram o maior volume de cargas movimentadas. Em seguida, têm-se os estados do Paraná (71.599.810 t, 7,74%) e Rio Grande do Sul (71.425.880 t, 7,73%), na região Sul; e, Mato Grosso (52.896.900 t, 5,72%) na Centro-Oeste; e, Bahia (52.087.790 t, 5,63%) e Maranhão (40.875.190, 5,42%) na Nordeste.



**Figura 3.41** – Volume de carga total e médio movimentado por Estado – Todos os Grupos.

Ainda analisando a Figura 3.41, percebe-se que o volume médio de carga movimentada por CIL aberto em cada região está diretamente relacionado à quantidade de CILs e ao volume total movimentado, isso significa que, não necessariamente, o Estado ou Região com maior movimentação possui o maior volume médio. Nota-se, por exemplo, que os CILs do Maranhão têm uma movimentação média maior que os CILs de Minas Gerais, embora atraia menor volume de carga.

Nesse sentido, a Figura 3.42 confirma os indicativos das Figuras 3.40 e 3.41, mostrando que a maior quantidade de CILs habilitados está concentrada na Região Sudeste (com 60 CILs – 38,46%) seguido das Regiões, Sul (39 CILs – 25%), Nordeste (28 CILs – 17,95%), Centro-Oeste (21 CILs – 13,46%) e Norte (8 CILs – 5,13%).

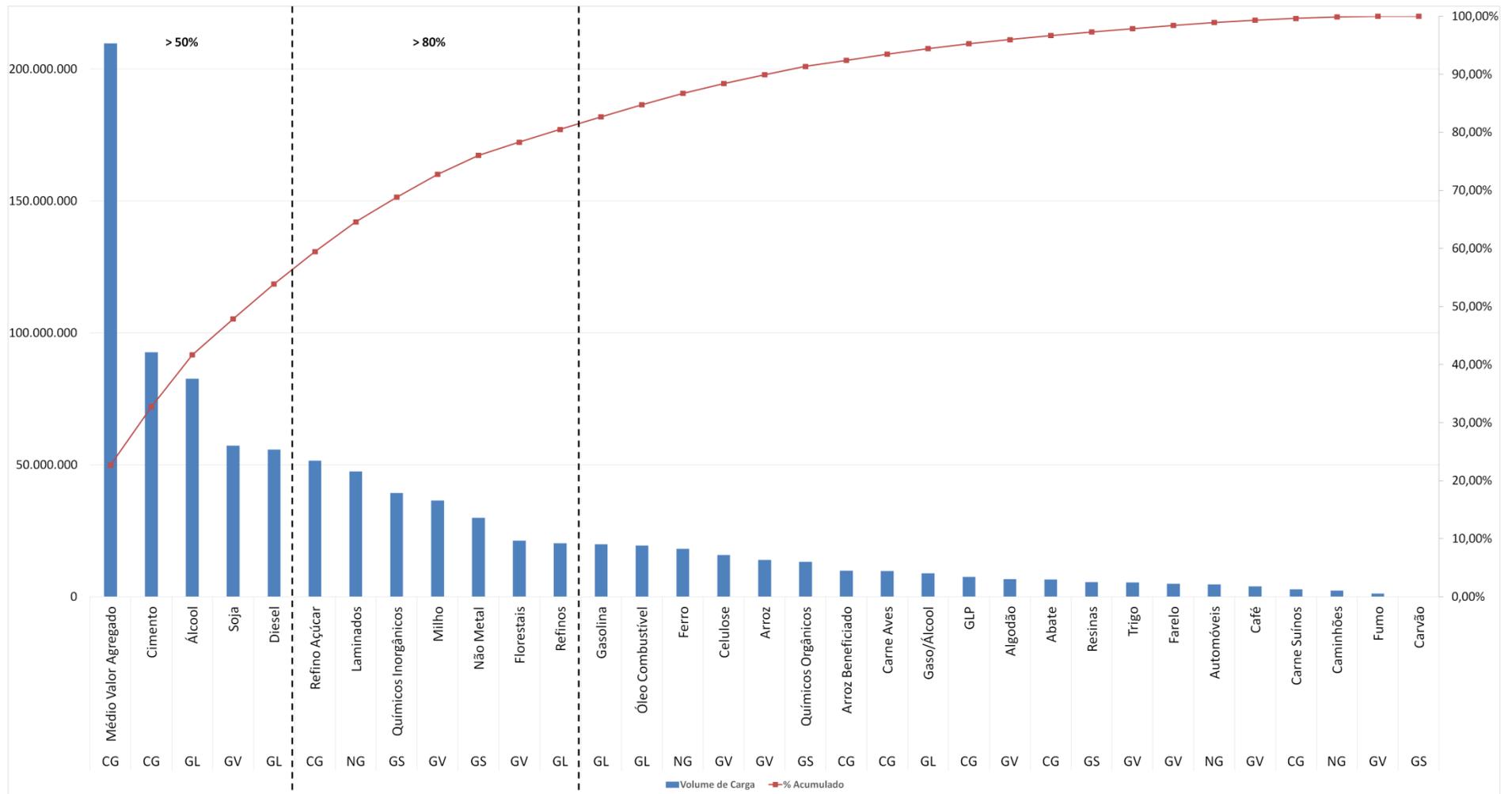


**Figura 3.42** – Quantidade de CILs por Região e Estado do território nacional – Todos os Grupos.

Já para a análise por estado, São Paulo (35 CILs, 22,44%) é o Estado de maior representatividade, seguido de: Minas Gerais (17 CILs, 10,90%); Rio Grande do Sul (16 CILs, 10,26%), Paraná (14 CILs, 8,93%) e Bahia (10 CILs ou 6,41%). Os demais estados possuem entre 1 e 5 CILs habilitados, sendo que não foram indicados CILs nos estados do Acre, Amapá e Roraima.

No que concerne aos tipos de carga movimentada, 42% pertencem ao grupo “carga geral”, 22% aos “granéis líquidos”, 18% aos “granéis vegetais”, 10% aos “granéis sólidos” e 8% ao “neogranéis”. Dentre estes, destacam-se as cargas de médio valor agregado (com 22,68% do total) e cimento (10,02%), do grupo carga geral; álcool (8,93%) – granel líquido; soja – granel vegetal (6,19%) e diesel – granel líquido (6,03%). Em conjunto, estes produtos representam 53,86% de toda a movimentação atraída pelas estruturas de integração. A Figura 3.43 apresenta a distribuição percentual das movimentações por tipo de carga.

## Desenvolvimento de Metodologia para Implementação de Centros de Integração Logística - CIL



Nota: CG – Carga Geral; GL – Granéis Líquidos; GV – Granéis Vegetais; GS – Granéis Sólidos; e NG – Neogranéis.

**Figura 3.43** – Volume de carga movimentada por produto – Todos os Grupos

## **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a utilização da base de dados mais recente do PNLT (versão 2011) o objetivo foi atingido, tendo em vista que foi possível indicar locais para abertura de CILs, os quais, guardadas as devidas proporções, foram homogêneos nos cenários propostos. Cabe ressaltar que o modelo matemático final foi desenvolvido em quatro etapas visando o aprimoramento e aderência do mesmo à realidade.

Destaca-se que os resultados de calibração gerados na primeira versão deste relatório, considerando a base de dados 2007/2009, foram mantidos e estão apresentados no Apêndice 3 do Tomo IV. Além disso, os dados associados à adequação e calibração da base do PNLT 2011 estão descritos no Tomo II – Apêndice I. Neste, pode-se observar a significativa ampliação dos arcos rodoviários nacionais, saindo de aproximadamente 12 mil segmentos para mais de 19 mil.

Em relação aos resultados obtidos a partir do modelo matemático, apresentados neste volume, é importante salientar a necessidade de refiná-los com base na *expertise* de especialistas (conforme apresentado no Relatório 7 – Tomo I). Isso decorre do fato de um modelo matemático apontar as regiões ótimas com base nos parâmetros de entrada e na metodologia aplicada que, nem sempre, refletem a realidade. Como exemplo, apresenta-se na Seção 3.5 o caso dos produtos importados (aqueles que têm origem em um ponto exterior), em que foi necessário um tratamento especial para que os resultados ficassem mais aderentes ao contexto real.

Assim, dos resultados obtidos a partir do modelo matemático, alguns casos devem ser tratados com devida cautela e precisam ser ponderados. O primeiro deles é o fato da microrregião Rio de Janeiro abrigar o CIL com maior movimentação e representatividade no cenário em que todos os produtos são considerados.

Análises complementares indicaram que a relevância desta microrregião advém da representatividade dos granéis líquidos nesta zona. Entretanto, os granéis líquidos são baseados em dutovias, que não necessariamente habilitam CILs, indicando a necessidade de uma avaliação mais detalhada deste caso. Neste caso, verifica-se que a relevância dessa microrregião se dá por conta da localização das refinarias brasileiras.

No caso específico do álcool, levando em consideração que a indústria sulcralcooleira tem logística própria, algumas microrregiões foram indicadas para abertura de CILs com intuito de fazer a consolidação do combustível para

encaminhamento às regiões que não têm usina. Neste sentido, dada à relevância do mercado, os resultados relacionados à CILs destinados a movimentação de álcool foram mantidos e decidiu-se avaliar melhor os resultados obtidos para os outros combustíveis.

Foram avaliados, portanto, os CILs habilitados exclusivamente para transporte de gasoálcool e álcool, e considerou-se que estes seriam relevantes no contexto brasileiro e os resultados, portanto, estariam corretos.

Assim, mantendo CILs dedicados ao álcool e/ou combinados de álcool e gasoálcool, analisaram-se os resultados de volumes dos 13 CILs restantes, os quais movimentam parcelas de gasolina, diesel e derivados, caso a caso. Exclusivamente para combustíveis, têm-se os seguintes pareceres, por microrregião:

- Rosário – verificou-se que existe um projeto de refinaria para a região de Rosário e, com isso, a distribuição de combustível a partir desta região poderia usar o modo ferroviário. Contudo, isso requer que o projeto da refinaria seja, na sua concepção, já integrada à ferrovia. Ainda assim, isso não seria suficiente para se projetar um CIL nesta microrregião. Contudo, vale destacar que os resultados indicaram haver potencial para abertura de um CIL de carga geral e este, sim, seria viável (embora requeira uma análise específica).
- Rio de Janeiro – não seria possível indicar abertura de um CIL na microrregião do Rio de Janeiro, ainda que esta estrutura atraísse outros grupos de produtos, porque os combustíveis já têm uma estrutura de produção e uma lógica de distribuição consolidada. Isso, entretanto, não significa que parte desta produção não possa ser contabilizada como potencial usuária de sistemas ferroviários, em cenários futuros.
- Campinas – a análise é análoga ao da microrregião do Rio de Janeiro: atualmente, não é possível indicar a abertura de um CIL, ainda que combinado com outros grupos de carga, entretanto, isto não exime o potencial de uso futuro do sistema ferroviário. Salienta-se, inclusive o acesso ao sistema ferroviário do Estado de São Paulo.
- Salvador – mesma justificativa de Rio de Janeiro e Campinas. Contudo, esta região possui potencial para distribuição no sentido de Barreiras, por meio de via, férrea viabilizando a Ferrovia de Integração Oeste-Leste – FIOL. Ressalta-

se a localização de uma refinaria na microrregião de Salvador, especificamente no município de São Francisco do Conde, no polo petroquímico de Camaçari, que já possui infraestrutura de integração rodo-ferroviária. Atualmente, inclusive, existe a distribuição ferroviária para Juazeiro-BA e Montes Claros - MG.

- São José dos Campos – mesma justificativa das microrregiões anteriores, embora tenha o acesso ao sistema ferroviário do Estado de São Paulo (assim como a microrregião de Campinas).
- Fortaleza – mesma justificativa das microrregiões anteriores. Entretanto, possui potencial para distribuição para o interior do Estado e outras regiões do país, especialmente por meio da ferrovia Transnordestina. Ressalta-se, também, que a refinaria instalada nessa microrregião já possui sistemas logísticos de integração rodo-ferroviários, uma vez que usa o sistema ferroviário para abastecimento do trecho de Fortaleza a Crato.
- Suape – a análise é análoga à das microrregiões do Rio de Janeiro e de Campinas: atualmente, não é possível indicar a abertura de um CIL, ainda que combinado com outros grupos de carga, entretanto, isto não exime o potencial de uso futuro do sistema ferroviário. Cabe destacar, contudo, que esta microrregião tem um potencial tanto para interiorizar a distribuição de combustível para o seu estado quanto para a região Nordeste, por meio da ferrovia. Salienta-se ainda que, como este CIL é dedicado a Granéis Líquidos, ao desconsiderá-lo, esta microrregião deixa de ser indicada para abertura de CILs.
- Macau – mesma justificativa das microrregiões anteriores. Contudo, tem potencial para distribuição de combustíveis para o interior do Estado e outras regiões do País, especialmente por meio da Transnordestina. Ressalta-se que a refinaria instalada nesta microrregião já possui sistemas logísticos de integração rodo-ferroviários, promovendo o abastecimento no trecho de Fortaleza a Crato (assim como a microrregião de Fortaleza). Salienta-se, contudo, que assim como em Suape, por dedicado a Granéis Líquidos, ao desconsiderar este CIL a microrregião deixa de ser indicada para abertura deste tipo de estrutura.

- Curitiba – mesma justificativa da microrregião do Rio de Janeiro. Contudo, a movimentação de combustíveis viabilizaria a ferrovia Maracaju/MS- Lapa/PR indicada no Plano de Investimento em Logística – PIL.
- Belo Horizonte – mesma justificativa da microrregião do Rio de Janeiro. Contudo, tem potencial de carga para divisão modal, considerando a ferrovia Uruaçu/GO- Campos dos Goytacazes/RJ indicada no Plano de Investimento em Logística – PIL.
- Porto Alegre – mesma justificativa da microrregião do Rio de Janeiro. Assim como Belo Horizonte, tem potencial de carga para divisão modal, pois já possui integração com o sistema ferroviário.
- Santos – a análise é análoga ao da microrregião do Rio de Janeiro, ou seja, embora não seja possível indicar a abertura de um CIL, ainda que combinado com outros grupos de carga; tem potencial para uso futuro do sistema ferroviário.
- Limeira – o CIL indicado para abertura nesta microrregião é voltado para álcool, viabilizando o uso da estrutura por outros produtos, em função da conexão com o sistema ferroviário.

O segundo caso especial, relaciona-se a categoria de médio valor agregado do grupo carga geral, que consolida 27 produtos em uma única matriz O/D. Embora o cenário 5 tenha assumido como alternativas de transporte (para tais cargas) os modos rodoviário e ferroviário, o PNLT considera este tipo de carga como multimodal apenas para o ano de 2031. Ainda assim, a intenção do PNLT ao fazer tal consideração é incentivar esta integração modal, embora nem todos os produtos que compõem o grupo de carga geral de médio valor agregado possam, de fato, ser containerizadas.

Do volume total de carga geral movimentada no país, 390.343.920 de toneladas foram atraídas pelos CILs habilitados. Destas, aproximadamente 100 milhões são destinadas à importação (o que, necessariamente, requer a consolidação da carga geral em contêiner) e 50 milhões são advindas de importação (o que também requer unitização das cargas em contêineres). Assim, este volume deve ser considerado como potencial para utilização de CILs, tendo em vista que o restante é movimentação interna e, em função da dispersão das zonas de confuso, dificilmente teriam volume suficiente

para serem containerizadas e, assim, poder ser transportadas por meio de ferrovias. A movimentação interna deste tipo de carga, portanto, é desconsiderada na análise.

Apresentados estes dois casos peculiares, ressalta-se que tais refinamentos nos resultados obtidos são apenas uma prévia das análises que realizadas a partir da visão dos especialistas, que complementam a proposta de metodologia para localização de CIL, apresentada na íntegra no Relatório da Etapa 7.

Salienta-se, por fim, que as análises e resultados do modelo matemático aqui desenvolvido não consideraram como atributos a demarcação de áreas ambientais para futura análise da localização dos locais pontuais dentro das microrregiões selecionadas. Esse atributo é usado *a posteriori*, na Etapa 7, na elaboração das fichas de projeto e como um dos critérios de priorização dos CILs.

## BIBLIOGRAFIA

- ANTÚN, J. P.; LOZANO, A.; ALARCÓN, R.; GRANADOS, F.; GUARNEROS, L. 2009. The physical distribution of goods in a megalopolis: strategies for policies on the location of logistics facilities within the Central Region of Mexico. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, vol. 2, p. 6130–6140.
- BACOVIS, M. M. C. 2007. Estudo Comparativo das Plataformas Logísticas Europeias Versus Brasileiras, como Forma de Identificar um Modelo que Atenda as Empresas do Pólo Industrial de Manaus – PIM. In: II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, CONNEPI, João Pessoa/PB.
- BOILE, M.; THEOFANIS, S.; STRAUSS-WIEDER, A. 2008. Feasibility of Freight Villages in the NYMTC Region: Task 3. Rutgers Centre for Advanced Infrastructure and Logistics, Freight and Maritime Program. Piscataway, NJ: Rutgers.
- BOMFIM, P. R. A. 2014. Teoria e prática no planejamento regional no IBGE na década de 60. *Terra Brasilis (Nova Série)*, v.3, p.1-35.
- BAH – Booz Allen Hamilton. 2004. Programa Estadual de Logística de Transportes do Estado da Bahia – PELTBAHIA, Relatório Síntese, FLEM/SEINFRA, Salvador/BA.
- BOUDOUIN, D. 1996. Logística-Território-Desenvolvimento: O Caso Europeu. In: I Seminário Internacional: Logística, Transportes e Desenvolvimento. Departamento de Engenharia de Transportes – DET, Centro de Tecnologia – CT, Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza/CE.
- BUSTAMANTE, J. C. 2011. Terminais de Transporte de Carga. Apostila. Núcleo de Logística e Transportes – NULT, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Vitória/ES.
- CAMPBELL, J. F. 1994. Integer programming formulations of discrete hub location problems. *European Journal of Operational Research*, n. 72, p. 387–405.
- CASTRO, N. 2003. Formação de preços no transporte de cargas. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v.3, n.1, p. 167-188.
- CERREÑO, A.; SHIN, H. S.; STRAUSS-WIEDER, A.; THEOFANIS, S. 2008. Feasibility of Freight Villages in NYMTC Region. Rutgers: center for advanced infrastructure and transportation.
- COLIN, J. 1996. Les Evolutions de la Logistique em Europe: vers la Polarisation des Espaces. In: I Seminário Internacional: Logística, Transportes e Desenvolvimento, Departamento de Engenharia de Transportes – DET, Centro de Tecnologia – CT, Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza/CE, p.52-92.

- CONAB – Companhia Nacional De Abastecimento. 2013. Tarifas de Armazenagem – 01/03/2013. CONAB: Produtos e Serviços \ Armazenagem \ Tarifas de Armazenagem \ PGPM – Política de Garantia de Preços Mínimos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília/DF.
- COSTA, M. B. B. 2014. Utilização de Modelo de Localização – Alocação para Identificação de Zoneamento Logístico Integrado ao Planejamento Estratégico de Transportes. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes – PET, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, 221p.
- CRAINIC, T. G.; Laporte, G. 1997. Planning models for freight transportation. European Journal of Operational Research, vol. 97, p. 409-438.
- DI PIETRO, M. S. Z. 2012. Parcerias na administração pública: concessão, permissão, franquia, terceirização, parceria público-privada e outras formas. 9ª Ed. São Paulo: Atlas.
- DIAS, J. C. Q. 2005. Logística Global e Macrologística. 1ª Ed., Lisboa: Edições Sílabo.
- DUARTE, P. C. 1999. Modelo para o Desenvolvimento de Plataforma Logística em um Terminal: Um Estudo de Caso na Estação Aduaneira do Interior – Itajaí/SC. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis/SC, 100p.
- \_\_\_\_\_. 2003. Plataforma Logística como um Processo de Clusterização: Uma Possibilidade para os Setores Produtivos do Rio Grande do Sul. In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, Ouro Preto/MG.
- \_\_\_\_\_. 2004. Desenvolvimento de um Mapa Estratégico para Apoiar a Implantação de uma Plataforma Logística. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre/RS, 284p.
- EEIG – EUROPLATFORMS. 2004. Logistics Centres: Directions for Use. What is a Freight Village. Europlatforms, Freight Villages Association of Forwarding, United Nations Economic Commission for Europe – UNECE, Geneva, Switzerland.
- GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. 2006. Rumos 2015: Estudo sobre Desenvolvimento Regional e Logística de Transportes no Rio Grande do Sul. Secretaria da Coordenação e Planejamento – SCP. Departamento de Estudos Econômicos e Sociais e Planejamento Estratégico – DEPLAN. Porto Alegre/RS.
- GUIMARÃES, V. A. 2015. Modelagem Matemática para Localização de Centros de Integração Logística Considerando Demandas Par-a-Par. Dissertação de Mestrado.

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes – PET, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro/RJ.

HIGGINS, C. D.; FERGUSON, M. R. 2011. An Exploration of the Freight Village Concept and its Applicability to Ontario. Prepared for the Ontario Ministry of Transportation, McMaster Institute of Transportation and Logistics, McMaster University Hamilton, Ontario, October, 202p.

IBM. 2014. ILOG CPLEX. IBM Software Group. User-Manual CPLEX, v. 12.5.

MARTINS, R. S., REBECHI, D., PRATI, C. A. et al. 2005. Decisões estratégicas na logística do agronegócio: compensação de custos transporte-armazenagem para a soja no estado do Paraná. Revista de Administração Contemporânea, v.9, n.1, p.53-58.

MT – Ministério dos Transportes. 2007. Plano Nacional de Logística e Transportes: Sumário executivo. Brasília/DF.

\_\_\_\_\_. 2009. Relatório Executivo PNLT. Brasília.

NTC – Associação Nacional do Transporte de Carga. 2001. Manual do cálculo de custo e formação de preço do transporte rodoviário de carga. In: Relatório do Departamento de Custos Operacionais DECOPE da NTC, São Paulo.

POSCHET, L.; RUMLEY, P. A.; DE TILIÈRE, G. et al. 2000. Plates-Formes Logistiques Multimodales et Multiservices, Direction du PNR 41, Programme National de Recherche: Transport et Environnement, Interactions Suisse-Europe, École Polytechnique Fédérale de Lausanne – EPFL, Lausanne, Suíça, 134p.

SEPLAG – Secretaria do Planejamento e Gestão do Estado do Rio Grande do Sul. 2005. Estudo de Desenvolvimento Regional e Logística para o Estado do Rio Grande do Sul – Projeto RumoS 2015. Componente 2 – Logística e Transportes, Relatório Final, junho, Porto Alegre/RS.