

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA**

LUIZ HENRIQUE SILVA DE FREITAS

**RENTABILIDADE DE UNIDADES OPERACIONAIS DE UMA
REDE LOGÍSTICA CONSIDERANDO IMPOSTOS**

São Paulo

2010

LUIZ HENRIQUE SILVA DE FREITAS

**RENTABILIDADE DE UNIDADES OPERACIONAIS DE UMA
REDE LOGÍSTICA CONSIDERANDO IMPOSTOS**

**Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do diploma
de Engenheiro de Produção.**

São Paulo

2010

LUIZ HENRIQUE SILVA DE FREITAS

**RENTABILIDADE DE UNIDADES OPERACIONAIS DE UMA
REDE LOGÍSTICA CONSIDERANDO IMPOSTOS**

**Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do diploma
de Engenheiro de Produção.**

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Pacheco da Costa

São Paulo

2010

**AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR
QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE
ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.**

FICHA CATALOGRÁFICA

Freitas, Luiz Henrique Silva de
Rentabilidade de unidades operacionais de uma rede logís-
tica considerando impostos / L.H.S. de Freitas. -- São Paulo,
2010.
101 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Logística (Projeto; Economia) I. Universidade de São
Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de
Produção II. t.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos que fizeram de minha jornada,
nestes últimos anos, ser como foi.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Reinaldo Pacheco da Costa, pela orientação e extremo cuidado no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus pais, Luiz Carlos e Isabel, e a minha irmã Kátia que me apoiaram em todos os momentos de minha vida.

Aos meus amigos, em especial aos amigos de Poli, que me acompanharam e me compreenderam nestes cinco anos de difícil, mas prazeroso processo de aprendizado e desenvolvimento pessoal e profissional.

E a todos que colaboraram, direta ou indiretamente, na execução deste trabalho.

EPÍGRAFE

“O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis.”

Fernando Pessoa.

RESUMO

FREITAS, L. H. S. Rentabilidade de unidades operacionais de uma rede logística considerando impostos. 2010. Trabalho de Formatura (Graduação) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

O propósito do presente estudo foi analisar a estrutura logística de unidades operacionais em uma rede com múltiplos elos, por meio do método de cálculo da rentabilidade econômica. Esse método baseia-se no conceito de margem de contribuição, no qual as receitas geradas pela distribuição de mercadorias por determinada unidade operacional se correlaciona com o cálculo da rentabilidade econômica das demais unidades. Com base neste método, foi desenvolvido um modelo matemático de Programação Linear Inteira Mista (PLIM), a fim de determinar a melhor configuração logística possível, por meio da maximização da função objetivo. Foi realizada uma aplicação do modelo em um caso real e os resultados obtidos mostraram-se satisfatórios, aumentando a rentabilidade total da rede e possibilitando um melhor entendimento sobre os *tradeoffs* existentes entre custos logísticos e custos fiscais.

Palavras-chave: Logística. Economia Logística. Projeto de Redes. Impostos.

ABSTRACT

FREITAS, L. H. S. Profitability of operational units in a logistics network considering taxes. 2010. Final Project (Graduation) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

The purpose of the present study was to analyze the logistics structure of operational units on a network with multiple links, through an economic profitability calculating method. This method is based on the margin contribution concept, in which the revenue generated by the goods distribution of a particular operational unit correlates with the economic profitability calculating of other units. Based on this method, a mathematical model of Mixed Integer Linear Programming Model (MILP) was developed in order to determine the best possible logistics configuration, through maximizing the objective function. It was conducted an application of the model in a real case, and the results obtained were satisfactory, increasing overall network profitability, in addition to enabling a better understanding about the tradeoffs between logistics costs and tax costs.

Keywords: Logistics. Logistics Economy. Network Project. Taxes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Complexidade na Cadeia de Suprimentos	23
Figura 2 – Custo Total	31
Figura 3 – Fluxo do ICMS.....	36
Figura 4 – Localização das Fábricas	42
Figura 5 – Localização dos Centros de Distribuição	43
Figura 6 – Fluxos de Distribuição	47
Figura 7 – Produtos Logísticos	48
Figura 8 – Mapa de Densidade da Demanda.....	49
Figura 9 – Mapa de Demanda por Estado	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1– Redução de Custos x Melhoria de serviço.....	19
Gráfico 2 – Composição do Custo Logístico	20
Gráfico 3 – Custo Total do Cenário Atual (R\$ MM)	64
Gráfico 4 – Custo Total na Situação Proposta (R\$ MM)	69
Gráfico 5 – Comparativo entre Custos dos Cenários (R\$ MM)	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – LAJIR por bloco de operação	17
Tabela 2 – Capacidade das Fábricas por Produto	42
Tabela 3 – Capacidade Atual dos CDs	43
Tabela 4 - Localização dos Terminais de Atendimento por região	44
Tabela 5 – Zonas de Demanda (Mesorregiões)	46
Tabela 6 – Parâmetros de custo, preço e margem.	48
Tabela 7 – Participação das Regiões na Demanda	50
Tabela 8 – Participação dos Produtos na Demanda	51
Tabela 9 – Níveis de Capacidade Admitidos no modelo.	51
Tabela 10 – Níveis de Capacidade dos Terminais de Atendimento	52
Tabela 11 – Nível de Serviço (Dias)	54
Tabela 12 - Fluxo de Transferência Fábrica – CD (un.)	64
Tabela 13 – Fluxo de Transferência CD – Terminal (un.)	65
Tabela 14 – Capacidade dos CDs (un.)	65
Tabela 15 – Capacidade dos Terminais (un.)	66
Tabela 16 – Consolidado Custos por Terminal (R\$)	67
Tabela 17 - Margem de Contribuição Líquida das Unidades da Rede (R\$)	68
Tabela 18 – Fluxo de Transferência Fábrica – CD (un.)	70
Tabela 19 – Fluxo de Transferência CD – Terminal (un.)	70
Tabela 20 – Capacidade CD (un.)	71
Tabela 21 – Capacidade Terminal (un.)	71
Tabela 22 – Consolidados Custos por Terminal (R\$)	72
Tabela 23 - Margem de Contribuição Líquida das Unidades da Rede (R\$)	73
Tabela 24 – Resultado Atual e Proposto	74
Tabela 25 – Comparativo MCL entre Atual – Proposto	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CD: Centro de Distribuição

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMS: Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

LAJIR: Lucro antes dos Juros e do Imposto de Renda

MCL: Margem de Contribuição Líquida

PLIM: Programação Linear Inteira Mista

TA: Terminal de Atendimento

UO: Unidade Operacional

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. A EMPRESA.....	17
1.2. OBJETIVO	17
1.3. RELEVÂNCIA DO TEMA	18
1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	20
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1. LOGÍSTICA E CADEIA DE SUPRIMENTOS	21
2.2. RENTABILIDADE ECONÔMICA.....	23
2.2.1.FATOR DE TRANSFERÊNCIA	25
2.2.2.CÁLCULO DA RENTABILIDADE	26
2.3. LOCALIZAÇÃO	27
2.4. IMPOSTOS	32
2.4.1. ICMS - DEFINIÇÃO.....	33
2.4.2. ESTRUTURA DAS ALIQUOTAS E CÁLCULO DO ICMS	35
2.4.3. PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO	37
3. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	41
3.1. DESCRIÇÃO FÍSICA DO PROBLEMA	41
3.2. PARÂMETROS.....	47
3.3. MODELO MATEMÁTICO	54
3.3.1 .MODELO MATEMÁTICO	55
3.3.2. ASPECTOS DA MODELAGEM	58
3.3.3. IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO.....	60
4. RESULTADOS OBTIDOS.....	63
4.1. SITUAÇÃO ATUAL	63

4.2. SITUAÇÃO PROPOSTA	69
4.3. COMPARATIVO ENTRE SITUAÇÕES	73
5. CONCLUSÕES.....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
APÊNDICE A – TABELA DE ICMS	83
APÊNDICE B – TABELA DE DEMANDA.....	85
APÊNDICE C – TABELA DE DISTRIBUIÇÃO.....	87
APÊNDICE D – MODELO EM GAMS.....	93

1. INTRODUÇÃO

1.1. A EMPRESA

O objeto de estudo do presente trabalho de formatura é uma empresa brasileira do setor de bens de consumo que atua nas áreas de cosméticos, fragrâncias, saúde e higiene pessoal no Brasil e está presente em países da América Latina e França.

A receita líquida em 2009 alcançou R\$ 4,2 bilhões, 18,6% superior à registrada em 2008, obtendo com isso um lucro antes dos impostos (LAJIR) de R\$ 1 bilhão. A Tabela 1 nos mostra o LAJIR por bloco de operação.

LAJIR (R\$ Milhões)	2009	2008
Brasil	942,3	1.085,90
Argentina, Chile e Peru	-1,4	8,9
México, Venezuela e Colômbia	-37,9	-42,3
França e EUA	-42,8	-44,1
Total	860,1	1.008,50

Tabela 1 – LAJIR por bloco de operação
Fonte: Relatório Anual 2009

O lucro líquido consolidado foi de R\$ 683,9 milhões, representando um crescimento de 32,1% em relação ao ano de 2008.

O vínculo que viabilizou a realização do trabalho de formatura nessa empresa foi um módulo de estágio em um projeto de consultoria.

1.2. OBJETIVO

Este trabalho busca analisar a estrutura logística da empresa através da avaliação da rentabilidade econômica das unidades operacionais, levando-se em consideração questões tributárias, no caso o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS).

Esse tema é de importante relevância - tanto no meio acadêmico como no meio profissional – como auxílio na definição de abertura ou fechamento de unidades operacionais visando aumentar sua rentabilidade total.

A estrutura de impostos estaduais tem grande efeito na logística, pois decisões de instalar fábricas e centros de distribuição buscam minimizar efeitos de tributação em detrimento de custo de transporte e distribuição.

Por isso, temos como objetivo neste trabalho:

- Desenvolver um modelo de otimização que maximize a rentabilidade econômica total da empresa, podendo decidir quais unidades fechar ou abrir e os fluxos existentes entre elas de acordo com possibilidades pré-definidas.
- Avaliar o impacto dos impostos na estratégia de localização de unidades operacionais, estudando especialmente os *tradeoffs* existentes entre custos logísticos e ICMS.

Devido à complexidade da estrutura logística da empresa em questão, e do tema altamente estratégico envolvido, algumas informações da firma serão preservadas, ou retiradas de trabalhos acadêmicos e livros. A estrutura vai ser simplificada de modo a não comprometer a empresa, mas mantendo-se na medida do possível fiel à realidade.

1.3. RELEVÂNCIA DO TEMA

Atualmente vivemos num ambiente de extrema competição em busca de maior rentabilidade, melhor oferta de produtos e serviços e melhor posicionamento perante os concorrentes.

Segundo Meirim (2006), muitas empresas efetuam a redução de custo como única alternativa para superar esses desafios, fazendo isso isoladamente e de forma incorreta. Em contra partida, existem empresas que pensam que além da redução de custos devem-se buscar melhorias nos serviços e com isso criar um diferencial competitivo, enxergando na logística uma ferramenta para a melhoria da qualidade e atendimento das expectativas dos clientes.

De acordo com o estudo do ILOS-COPEAD (2008), o custo de transporte sobre a receita líquida de diversos segmentos industriais varia entre 3% e 5%, sendo um fator importante sobre o resultado da empresa, conforme mostra o Gráfico 1.

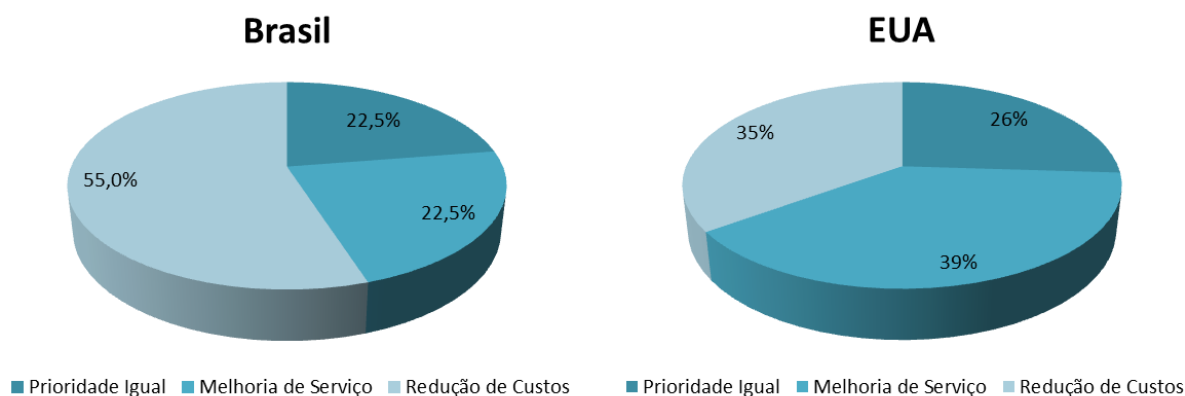


Gráfico 1– Redução de Custos x Melhoria de serviço
 Fonte: Panorama Logístico ILOS-COPPEAD, 2008.

Novaes (2004) afirma que o custo total logístico se dá através da composição dos custos de estoque, armazenagem, compra e transporte, onde o impacto tributário é desconsiderado na definição do lucro máximo.

Segundo estudos do ILOS-COPPEAD (2006), a composição dos custos logísticos no Brasil equivale a 12,6% do PIB, sendo que 11,4% são relativos a custos de transporte e estoque. Nos EUA os custos equivalem a 8,2% do PIB, sendo a maior diferença em relação ao Brasil nos custos de transporte e estoque, os quais representam a grande parte dos custos logísticos brasileiros. Devido à sua alta relevância, a decisão da quantidade e localização de unidades operacionais é altamente estratégica e delicada.

No Gráfico 2 podemos observar a distribuição dos custos logísticos no Brasil e nos EUA.

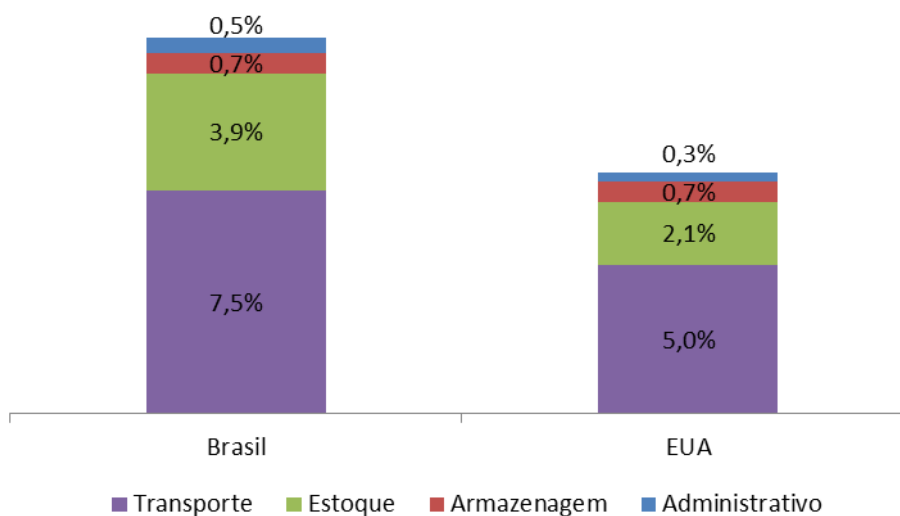


Gráfico 2 – Composição do Custo Logístico
Fonte: Panorama Logístico ILOS-COPPEAD, 2008.

1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco partes:

- Capítulo 1 - Introdução: Definição do objetivo e da relevância do tema do trabalho.
- Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica: Dados e conceitos que dão suporte as análises que serão feitas.
- Capítulo 3 - Definição do Problema: Descrição da empresa que será estudada e definição do modelo conceitual que será utilizado.
- Capítulo 4 - Análise dos Resultados Obtidos: Apresentação e análise dos resultados e do modelo desenvolvido.
- Capítulo 5 - Conclusão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo vão ser abordados e discutidos temas relevantes para o desenvolvimento das ideias contidas neste trabalho, estruturados em quatro partes:

- Na primeira parte são apresentados conceitos básicos de logística e cadeia de suprimentos, mostrando a necessidade do projeto de redes para melhor compreender os *gaps* e os *tradeoffs* existentes nos estudos de localização.
- Na segunda parte são apresentados alguns métodos de cálculo da rentabilidade econômica em redes de distribuição logística.
- Na terceira parte são apresentados modelos e conceitos relacionados à análise de problemas de localização.
- Na quarta parte são detalhados os aspectos fiscais relacionados a distribuição de produtos na atual estrutura tributária brasileira.

2.1. LOGÍSTICA E CADEIA DE SUPRIMENTOS

De acordo com Ballou (2006), o Council of Logistics Management (CLM) define a Logística como:

“Logística é o processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e das informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender às exigências dos clientes.”

Com relação à Cadeia de Suprimentos, Chopra (2003) diz o seguinte:

“Uma cadeia de suprimento engloba todos os estágios envolvidos, direta ou indiretamente, no atendimento de um pedido a um cliente. A cadeia de suprimentos não inclui apenas fabricantes e fornecedores, mas também transportadoras, depósitos, varejistas e os próprios clientes.”

Portanto, entendemos a Logística como um meio de conectar a empresa ao consumidor, não só através de sua estrutura física, mas através de seus processos, ações e decisões; disponibilizando o seu produto e/ou serviço ao consumidor final. Já a Cadeia de

Suprimentos é um conjunto de unidades operacionais, que tem como função disponibilizar ao mercado esse produto e/ou serviço.

Mentzer et al. (2001) explicam que o gerenciamento da cadeia de suprimentos é definido como a coordenação estratégica sistemática das tradicionais funções de negócios e das táticas - no âmbito de uma determinada empresa e ao longo dos negócios no âmbito da cadeia de suprimentos -, com o objetivo de aperfeiçoar o desempenho a longo prazo das empresas isoladamente e da cadeia como um todo.

Shapiro (2001) ilustra bem esse assunto através de um modelo esquemático de uma Cadeia de Suprimentos composto por nós e *links*. Os nós representam as plantas e os *links* as conexões diretas de transporte permitidas na operação. A capacidade de fazer essa rede realmente se conectar e garantir o fluxo de produtos por cada ponto da cadeia é de responsabilidade da Logística.

A análise da Cadeia de Suprimentos pode ser mais ou menos complexa dependendo da quantidade de elos, do número de instalações de cada tipo e pela combinação de potenciais conexões entre eles.

Slack (1996) mostra como o nível de complexidade de uma cadeia de suprimentos pode variar com a inserção de um elo a mais, simplificando operações de distribuição. Isso pode ser observado na Figura 1. No primeiro exemplo temos dois elos (fábrica e consumidor) o que apresenta grande cruzamento e número de conexões, no segundo, com a inserção dos CDs, há uma diminuição do número de conexões e uma simplificação das operações.

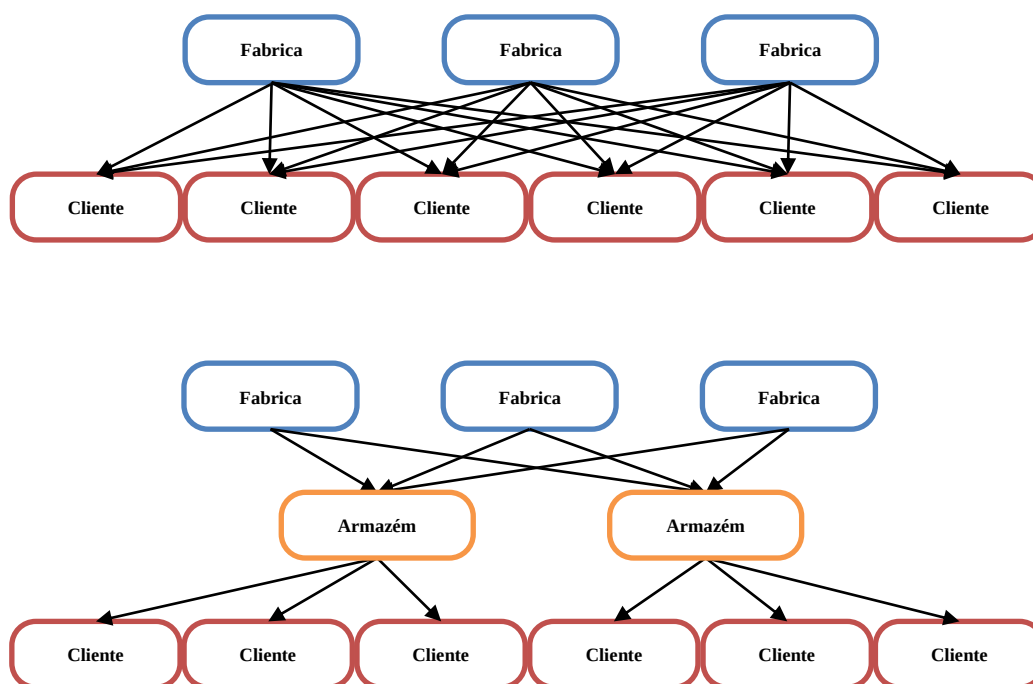


Figura 1 – Complexidade na Cadeia de Suprimentos
Fonte: Adaptado de Slack (1996)

Shapiro (2001) descreve três tipos de integração na gestão de Cadeias de Suprimento: integração funcional (compra, manufatura, transporte e armazenagem), integração espacial (fornecedores, instalações e clientes) e integração intertemporal (planejamento estratégico, tático e operacional).

Esta última engloba projetos de rede logística, localização de instalações, definição de níveis de serviço e políticas de preço, que afetam diretamente a definição da estrutura logística de uma empresa. Muitas destas decisões têm um impacto direto na cadeia de suprimentos e na forma de gestão da mesma.

2.2.RENTABILIDADE ECONÔMICA

Segundo Costa (2006), a exigência dos serviços de transporte com qualidade e baixo custo e o ingresso de operadores logísticos no mercado brasileiro tornam permanente a necessidade de reestruturação da gestão da rede logística das empresas, se quiserem ser competitivas e rentáveis.

Para isso é necessário determinar quais unidades operacionais são economicamente rentáveis e quais prejudicam a estrutura da empresa, auxiliando, assim, na decisão de manter ou de desativar a unidade sem prejudicar o nível de qualidade dos serviços prestados.

O problema de múltiplas unidades operacionais envolve três aspectos:

- Dada uma configuração existente, calcular a rentabilidade econômica de cada unidade isoladamente.
- Reconfigurar a rede, tomando decisões de onde manter e de onde desativar unidades, considerando as unidades existentes e suas respectivas rentabilidades econômicas, de forma a proporcionar uma melhoria da rentabilidade da rede como um todo.
- E, por fim, havendo possibilidade, alterar a quantidade e a localização de unidades operacionais, buscando a melhor rentabilidade possível da rede.

Os métodos tradicionais de análise da rentabilidade econômica de unidades operacionais descrevem os problemas de seguinte maneira:

- Consideram que uma unidade gera receitas com a coleta de cargas.
- Fazem rateio dos custos, através do método de custeio por absorção, das unidades em nível inferior.

Segundo Kaplan & Atkinson (1989) e Martins (1990), o método de custeio por absorção, utilizado para o rateio, distorce o cálculo de rentabilidade de produtos, o que também pode ser estendido ao cálculo de rentabilidade econômica das unidades operacionais.

Para evitar essas distorções Costa (2006) propôs um novo método de cálculo da rentabilidade econômica de unidades operacionais baseado no conceito de margem de contribuição.

De acordo com Pandolfi & Gualda (2002), o conceito de margem de contribuição elimina o problema de alocação de custos fixos e evita as distorções causadas pelo rateio.

O conceito de margem de contribuição, segundo Martins (2006), é a diferença entre o preço de venda e o custo variável de cada produto. Ou seja, é o valor que cada unidade efetivamente traz à empresa de sobra entre sua receita e o custo que de fato provocou e que lhe pode ser imputada sem erro.

Esse conceito torna mais visível a rentabilidade econômica de cada unidade, mostrando como cada uma contribui para, primeiramente, amortizar os custos e despesas fixos, e depois formar o lucro.

2.2.1. FATOR DE TRANSFERÊNCIA

Para o uso do método de rentabilidade econômica proposto por Costa (2006) é de interesse conhecer o conceito de fator de transferência de margem de contribuição.

Antes classificaremos as unidades operacionais em quatro tipos extremos:

1. Identifica uma unidade operacional essencialmente de transbordo.

$$\sum_k (VT)_{k,i} = \sum_j (VT)_{i,j}$$

2. Identifica uma unidade operacional essencialmente de distribuição.

$$\sum_k (VT)_{k,i} = (VD)_i$$

3. Identifica uma unidade operacional que coleta cargas e transfere integralmente o volume coletado.

$$(VC)_i = \sum_j (VT)_{i,j}$$

4. Identifica uma unidade operacional que não interage com outras unidades. Coleta e distribui integralmente a carga.

$$(VC)_i = (VD)_i$$

Onde,

$VT_{i,j}$	Volume transferido da unidade i para a unidade j
VD_i	Volume distribuído pela unidade i
VC_i	Volume coletado pela unidade i

O *Fator de Transferência de Margem de Contribuição* de uma unidade operacional j para a unidade operacional i é a relação entre o volume de carga transferido da unidade identificada por i para a unidade identificada por j e o volume total de cargas transferidas por outras unidades para a unidade identificada por j :

$$\Phi_{j,i} = (VT)_{i,j} \div \sum_i (VT)_{i,j}$$

Com isto teremos sempre:

$$\sum_i \Phi_{j,i} = 1$$

Ou seja, uma unidade vai sempre transferir integralmente a sua margem de contribuição primária para as unidades das quais tenha recebido carga por transferência, independentemente da relação entre volume de carga recebida e o volume de carga coletada ou distribuída; o que equivale a dizer que a margem de contribuição não depende desta relação.

2.2.2. CÁLCULO DA RENTABILIDADE

O cálculo da rentabilidade econômica das unidades de uma rede logística, pelo método proposto por Costa (2006), fundamenta-se em seis regras:

1. A receita de uma unidade é gerada somente pelas cargas distribuídas pela unidade (R_i).
2. Consideram-se no cálculo somente os custos operacionais da unidade:

CP_i Custos próprios da unidade operacional identificada por i (custos fixos, custos de coleta de cargas e custos de distribuição de cargas).

$CT_{i,j}$ Custo de transferência de carga, onde a unidade identificada por i incorre com a transferência que faz de carga para uma unidade identificada por j .

3. A margem de contribuição primária de uma unidade é:

$$MCP_i = R_i - CP_i$$

4. Toda unidade identificada por i que recebe cargas de outra unidade identificada por j transfere para esta uma fração de sua margem de contribuição primária, fração esta determinada por:

$$MCT_{i,j} = \Phi_{i,j} \cdot MCP_i$$

5. Toda unidade identificada por j que transferiu cargas para outra unidade identificada por i recebe desta uma fração da respectiva margem de contribuição primária. Desta fração, a unidade identificada por j que transferiu carga para uma unidade identificada por i deve deduzir o correspondente custo de transferência:

$$MCT_{j,i} - CT_{i,j} = \Phi_{j,i} \cdot MCP_j - CT_{i,j}$$

6. A margem de contribuição líquida de uma unidade identificada por i é determinada por:

$$MCL_i = MCP_i - \sum_j MCT_{i,j} + [\sum_j MCT_{j,i} - \sum_i CT_{i,j}]$$

Fazendo-se as substituições necessárias obtêm-se que a Margem de Contribuição Líquida de cada unidade é:

$$MCL_i = [R_i - CP_i] \cdot [1 - \sum_j \Phi_{i,j}] + [\sum_j MCT_{j,i} - \sum_j CT_{i,j}]$$

Dada uma rede logística constituída por n unidades operacionais, a rede logística é representada, portanto, por um sistema de n equações lineares. A rentabilidade econômica da rede logística é dada pela margem de contribuição líquida total, isto é, por:

$$MCL_{Total} = \sum_n MCL_n = \sum_n R_n - [\sum_n CP_n - \sum_i \sum_j CT_{i,j}]$$

2.3. LOCALIZAÇÃO

De acordo com Ballou (2006), a localização de instalações na rede logística pode ser considerada o problema mais importante do planejamento estratégico logístico para a maioria das empresas.

A determinação do número, dos locais e do tamanho das instalações, com sua respectiva formulação da previsão de demanda, determinam os meios pelos quais os produtos chegam ao mercado. Assim, a localização estabelece as condições para a adequada seleção e administração de serviços de transporte e níveis de estoque.

Atualmente existem diversas literaturas associadas ao tema que refletem a evolução dos problemas de localização, como: Brandeau; Chiu (1989), Crainic; Laporte (1996), Owen; Daskin (1998), Yoshizaki (2002), Vallim (2004), Klose; Drexl (2005) ou Silva (2007).

O estudo de localização busca encontrar o melhor balanço entre os custos logísticos de forma a otimizar a cadeia e não a operação pontual de cada elo. Analisando-se Ballou (2006) e Shapiro (2001) podemos afirmar que os componentes de custo relevantes ao estudo de localização incluem:

- Custo de aquisição de matéria prima;
- Custo de investimento das unidades operacionais;
- Custos de produção;
- Custo de estocagem e manuseio nos CDs;
- Custos fixos das instalações;
- Custos de manutenção de estoque;
- Custo de transferência e distribuição entre os elos.

Segundo Wanke (2001), de todas as decisões de localização enfrentadas por gerentes logísticos, as referentes aos CDs são as mais freqüentes e envolvem as seguintes dimensões:

- Número adequado de CDs;
- Localização de cada CD;
- Tamanho de cada CD;
- Alocação de espaço para cada produto;
- Alocação de produtos-clientes para cada CD.

Shapiro (2001) também ressalta que muitos modelos e empresas ao fazerem a análise de suas cadeias de distribuição levam em consideração aspectos como o nível de serviço prestado e a qualidade dos seus produtos.

Os *tradeoffs* existentes entre custo e nível de serviço devido ao aumento do número de CDs referem-se a:

- Melhorias nos níveis de serviço em função de reduções nos tempos de entrega;
- Aumento nos custos para manter estoques em função de aumento nos níveis de estoque de segurança necessários para se proteger contra incertezas na demanda;
- Aumento nos gastos administrativos;
- Redução nos gastos com transporte de distribuição;
- Aumento nos gastos com transporte de suprimento.

A ideia é balancear os conflitos de forma que eles sejam otimizados coletivamente. A seguir temos os principais conflitos entre atividades logísticas:

- Modal de Transporte x Manutenção de Estoque: quanto mais rápido e confiável, mais caro é o modal de transporte, que por sua vez reduz o custo de estoque.
- Disponibilidade de Estoque x Falta: quanto maior a disponibilidade do material maior o custo de manutenção de estoque, em compensação reduz-se o custo de oportunidade associado a falta do material.
- Número de Depósitos x Custo: quanto maior o numero de depósitos maior é o nível de serviço e a receita, entretanto, elevam-se os custos com armazenagem.
- Tamanho do Lote de Produção x Manutenção de Estoque: quanto maior o tamanho do lote, menor o número de setups, porém, aumenta-se o estoque médio e com isso seus custos de manutenção.

Segundo Ballou (2006): *“O planejamento de rede pode necessitar de um poderoso banco de dados com ramificações em inúmeras partes. Embora alguns dados sejam, por natureza, específicos de um determinado problema de configuração de rede, grande parte dos dados pode ser genérica.”*.

Esse banco de dados pode incluir:

- Relação de todos os itens da linha de produtos.
- Localização de clientes, pontos de estocagem e pontos de origem.
- Demanda de cada produto conforme localização dos clientes.
- Tarifas e custos de transportes.
- Tempos de viagem, tempos de transmissão de pedidos.
- Tarifas de custo de armazenagem.
- Custo de produção e aquisição.
- Tamanho de embarques por produto.
- Níveis de estoque por local por produto e os métodos para controlá-los.
- Padrões de pedido por frequência, tamanho, sazonalidade e conteúdo.
- Custos de processamento de pedidos e os pontos em que ocorrem.
- Custo de capital.
- Metas de nível serviço aos clientes.
- Equipamento e instalações disponíveis, com os respectivos limites de capacidade.
- Padrões de distribuição das vendas

A Figura 2, retirada de Wanke (2001), representa os diversos *tradeoffs* de custos presentes no problema de localização de unidades operacionais.

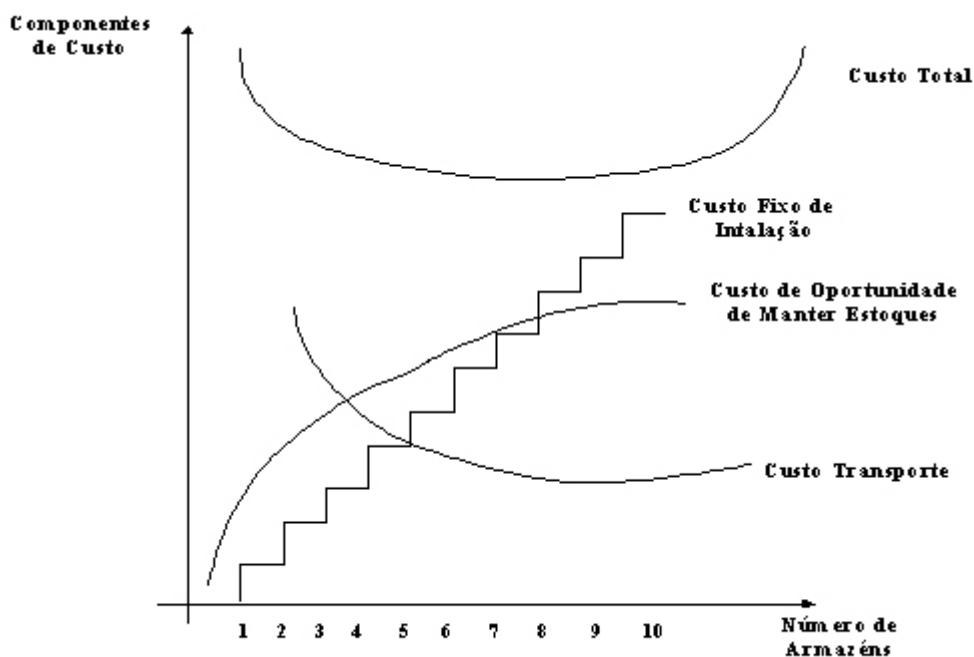


Figura 2 – Custo Total
Fonte: Wanke (2001)

Segundo Daskin e Owen (1998):

“[as decisões de localização] são necessariamente decisões de longo prazo tomadas pelas empresas, por isso tais decisões não devem ser tomadas com base em fatores momentâneos e relacionados a operação atual, mas sim com base no estudo de longo prazo da empresa levando em consideração fatores como crescimento e migração da população, tendências de mercado, concorrência, infra-estrutura da região, entre outros.”

Neste trabalho, vamos estudar o problema num nível de macro-localização, que envolve áreas geográficas de grande amplitude, sendo razoável a aproximação de distâncias por rodovias, onde esperamos encontrar a região onde se deve manter ou não uma unidade operacional.

2.4. IMPOSTOS

Cassone (1995) e Ribeiro (1999) classificam os diversos tributos em:

- Impostos: tributos exigíveis independentemente de qualquer atividade estatal específica relativa ao contribuinte, não tem destinação específica.
- Taxas: tributos exigíveis em razão do exercício do poder de polícia ou pela utilização de serviços públicos específicos e divisíveis, destina-se a custear o serviço público relativo a taxa.
- Contribuições de Melhoria: tributos exigíveis em decorrência de obra pública e que se destinam a custear parcialmente a obra a ser beneficiada.
- Contribuições Especiais: tributos exigíveis, às vezes de contribuintes específicos, para custear atividades de cunho social.
- Empréstimos Compulsórios: tributos exigíveis pela União para atender despesas extraordinárias.

Neste trabalho será incluído na análise um tipo de imposto, o ICMS, o qual apresenta características específicas ligadas a sua forma de tributação:

- Seletividade: as alíquotas podem variar de acordo com a essencialidade de cada produto, mercadoria ou serviço.
- Não cumulatividade: cada estágio do fluxo comercial recolhe apenas o imposto calculado sobre sua agregação de valor

Ele é considerado um imposto indireto, podendo ser transferido por um contribuinte para outra pessoa a frente na cadeia comercial, a qual os transferirá ou os suportará em definitivo. Seu fato gerador é uma situação momentânea ou isolada no tempo.

Devida a importância do ICMS na definição da rede logística, este vai ser mais bem detalhado nos próximos itens deste capítulo.

2.4.1. ICMS - DEFINIÇÃO

O ICMS (Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços) é um tributo estadual cobrado sobre as operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual, intermunicipal e de comunicação.

Segundo o guia do Portal Tributário, são considerados fatores geradores de ICMS:

- Saída de mercadoria de estabelecimento de contribuinte, ainda que para outro estabelecimento do mesmo titular;
- Fornecimento de alimentação, bebidas e outras mercadorias por qualquer estabelecimento;
- Transferência a terceiro de mercadoria depositada em armazém geral ou em depósito fechado no próprio Estado;
- Transferência de propriedade de mercadoria, ou de título que a represente, quando a mercadoria não tiver transitado pelo estabelecimento do transmitente;
- Início da prestação de serviços de transporte interestadual e intermunicipal, de qualquer natureza;
- Ato final do transporte iniciado no exterior;
- Prestações onerosas de serviços de comunicação, feita por qualquer meio, inclusive a geração, a emissão, a recepção, a transmissão, a retransmissão, a repetição e a ampliação de comunicação de qualquer natureza;
- Fornecimento de mercadoria com prestação de serviços:
 - a) Não compreendidos na competência tributária dos Municípios;
 - b) Compreendidos na competência tributária dos Municípios e com indicação expressa de incidência do imposto da competência estadual, como definido na lei complementar aplicável;
- Desembaraço aduaneiro das mercadorias importadas do exterior;
- Recebimento, pelo destinatário, de serviço prestado no exterior;
- Aquisição em licitação pública de mercadorias importadas do exterior apreendidas ou abandonadas;
- Entrada no território do Estado de lubrificantes e combustíveis líquidos e gasosos derivados de petróleo e energia elétrica, quando não destinados à comercialização ou à industrialização;

- Utilização, por contribuinte, de serviço cuja prestação se tenha iniciado em outro Estado e não esteja vinculada a operação ou prestação subsequente.

Incidindo sobre:

- Operações relativas à circulação de mercadorias, inclusive o fornecimento de alimentação e bebidas em bares, restaurantes e estabelecimentos similares;
- Prestações de serviços de transporte interestadual e intermunicipal, por qualquer via, de pessoas, bens, mercadorias ou valores;
- Prestações onerosas de serviços de comunicação, por qualquer meio, inclusive a geração, a emissão, a recepção, a transmissão, a retransmissão, a repetição e a ampliação de comunicação de qualquer natureza;
- Fornecimento de mercadorias com prestação de serviços não compreendidos na competência tributária dos Municípios;
- Fornecimento de mercadorias com prestação de serviços sujeitos ao imposto sobre serviços, de competência dos Municípios, quando a lei complementar aplicável expressamente o sujeitar à incidência do imposto estadual.
- Sobre a entrada de mercadoria importada do exterior, por pessoa física ou jurídica, ainda quando se tratar de bem destinado a consumo ou ativo permanente do estabelecimento;
- Sobre o serviço prestado no exterior ou cuja prestação se tenha iniciado no exterior;
- Sobre a entrada, no território do Estado destinatário, de petróleo, inclusive lubrificantes e combustíveis líquidos e gasosos dele derivados, e de energia elétrica, quando não destinados à comercialização ou à industrialização, decorrentes de operações interestaduais, cabendo o imposto ao Estado onde estiver localizado o adquirente.

E não incidindo sobre:

- Operações com livros, jornais, periódicos e o papel destinado a sua impressão;
- Operações e prestações que destinem ao exterior, inclusive produtos primários e produtos industrializados semi-elaborados, ou serviços;

- Operações interestaduais relativas a energia elétrica e petróleo, inclusive lubrificantes e combustíveis líquidos e gasosos dele derivados, quando destinados à industrialização ou à comercialização;
- Operações com ouro, quando definido em lei como ativo financeiro ou instrumento cambial;
- Operações relativas a mercadorias que tenham sido ou que se destinem a ser utilizadas na prestação, pelo próprio autor da saída, de serviço de qualquer natureza definido em lei complementar como sujeito ao imposto sobre serviços, de competência dos Municípios, ressalvadas as hipóteses previstas na mesma lei complementar;
- Operações de qualquer natureza de que decorra a transferência de propriedade de estabelecimento industrial, comercial ou de outra espécie;
- Operações decorrentes de alienação fiduciária em garantia, inclusive a operação efetuada pelo credor em decorrência do inadimplemento do devedor;
- Operações de arrendamento mercantil, não compreendida a venda do bem arrendado ao arrendatário;
- Operações de qualquer natureza de que decorra a transferência de bens móveis salvados de sinistro para companhias seguradoras.

2.4.2. ESTRUTURA DAS ALIQUOTAS E CÁLCULO DO ICMS

Segundo Melo (2006), o ICMS é um imposto não-cumulativo, compensando-se o que for devido em cada operação relativa à circulação de mercadorias ou prestação de serviços, onde, dependendo dos valores dos produtos e dos estados de origem e destino, geram-se créditos ou débitos de ICMS para determinada operação.

A estrutura de alíquotas do ICMS é diferenciada em função da origem e destino da circulação de mercadorias. Isso se deve a política do governo de favorecer aos estados importadores na compra de mercadorias de estados exportadores. A tabela completa de alíquotas de ICMS pode ser observada no Apêndice A deste trabalho (Regulamentação Constitucional prevista na Lei Complementar 87/1996, alterada posteriormente pelas Leis Complementares 92/97, 99/99, 102/2000 e 114/2002).

Segue abaixo um exemplo do modelo de cálculo do tributo do ICMS, citado por Amaral & Olenike (2003), para um produto fictício com valor de R\$ 350,00 e alíquota de ICMS de 18% referente a uma operação de venda de um bem de consumo durável dentro do estado de SP.

$$ICMS = \left[\frac{\text{Valor do Produto}}{(1 - \text{Alíquota})} - \text{Valor do Produto} \right] = \left[\frac{350}{(1 - 0,18)} - 350 \right] = 76,83$$

No cálculo realizado observa-se que, apesar de a alíquota de ICMS ser de 18%, o percentual de tributo sobre a nota é de aproximadamente 22% $[76,83 \div (350 + 76,83)]$. Neste exemplo, o estabelecimento de origem gerará um débito de ICMS no valor de R\$ 76,23 e o estabelecimento de destino gerará um crédito de ICMS no mesmo valor.

Para melhor ilustrar o cálculo de débitos e créditos, Carraro (2009) incluiu mais um elo na cadeia. Consideremos agora que o exemplo anterior representa a circulação de produtos da fábrica para o centro de distribuição e que o mesmo fará uma venda dessa mercadoria ao cliente final localizado no Estado do Rio Grande do Sul. A Figura 3 ilustra esta operação.

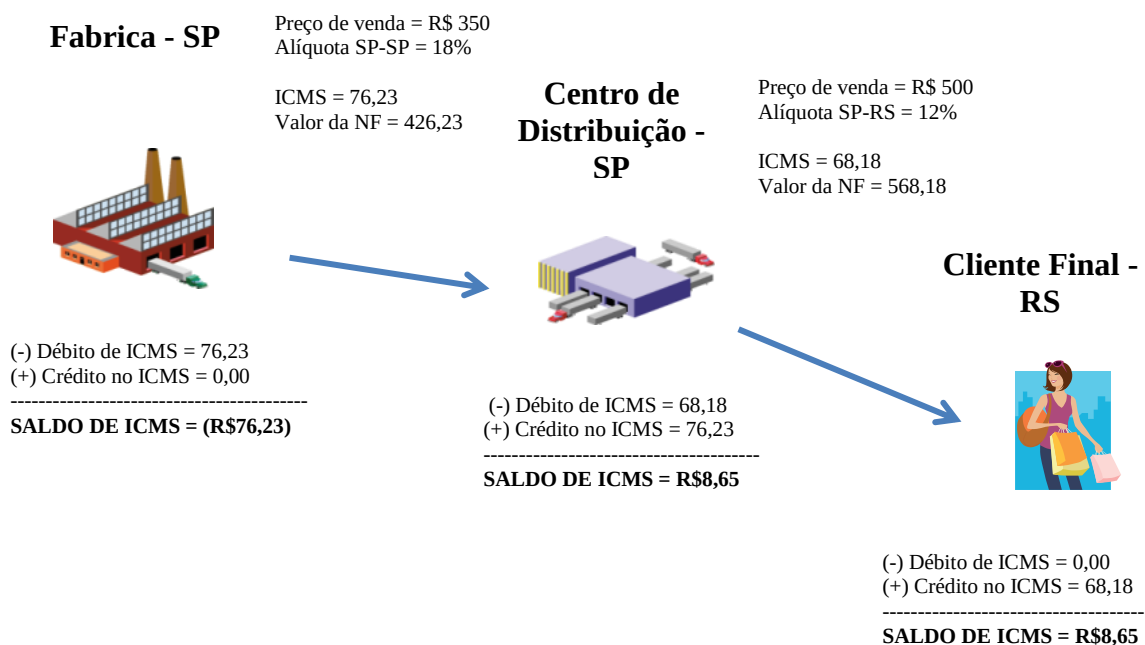


Figura 3 – Fluxo do ICMS
Fonte: Adaptado de Carraro (2009)

Através deste exemplo, pode-se observar a formação de débitos e créditos de ICMS ao longo da cadeia de distribuição. Devido ao fato do imposto ser cobrado em cada movimentação na cadeia, o total de imposto repassado ao cliente representa boa parte do custo do produto. No exemplo analisado o imposto é equivalente a 29% do custo final, mas este percentual varia em função do tipo de produto comercializado e pode chegar a mais de 80% do custo total do produto para o consumidor.

2.4.3. PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO

Yoshizaki (2002) considerou o ICMS como um componente de custo estratégico na determinação de uma rede física de distribuição. Para realização de sua tese, Yoshizaki (2002) partiu do modelo de Geoffrion & Graves (1974) e realizou uma série de adaptações de modo a incorporar a variável tributária ao modelo de decisão:

- Não restringir o abastecimento entre depósito e mercado;
- Inserir a variável tributária referente ao ICMS na função objetivo;
- Incorporar o conceito de economia de escala na operação de depósito no que tange custos fixos, amortização de capital, depreciação e mão-de-obra direta.

O modelo desenvolvido em YOSHIZAKI (2002) está descrito a seguir.

Índices

i	Fábricas
j	Depósitos
k	Mercados (agregados em mesorregiões)
p	Produtos (agregados por classes e setores, um por fábrica)
n	Nível de depósito (indicador para custo fixo e capacidade de depósito)
s	Nível de tributação (s=1 para tributo incorporado na função objetivo – cliente indiferente ao crédito de ICMS, pois pode sonegar; e s=2 para tributo fora da função objetivo – cliente quer o crédito, pois não sonega).

Parâmetros

DemMkps	Demanda (em toneladas) do produto p no mercado k com tributação ao nível s.
CapDj n	Capacidade do depósito j no nível de capacidade n (t).

CapFip	Capacidade da fábrica i para a classe de produto p (t).
CusTij	Custo unitário de transferência da fábrica i para o depósito j
CusDjk	Custo unitário de distribuição do depósito j para o mercado k
CusFik	Custo unitário de distribuição da fábrica i para o mercado k
CusBjp	Custo unitário de transbordo da classe de produto p no depósito j
FixD,jn	Custo fixo do depósito j com capacidade n, (R\$/ano).
CusIJK	Taxa do ICMS na mercadoria na distribuição a partir do depósito j para o mercado k.
CusIFik	Taxa do ICMS na mercadoria na distribuição a partir da fábrica i para o mercado k.
CusMp	Custo (preço) médio da classe de produto p (no qual incide o ICMS), em R\$/t.
FICMS	Fator linear de indicação do nível de tributação ($0 \leq \text{FICMS} \leq 1$).

Variáveis

Trnsijps	Quantidade transferida da classe de produto p da fábrica i para o depósito j com nível de tributação s. (t)
DstrDjkps	Quantidade distribuída da classe de produto p do depósito j para o mercado k com nível de tributação s. (t)
DstrFikps	Quantidade distribuída da classe de produto p da fábrica i para o mercado k com nível de tributação s. (t)
Zjn	Assume valor 1 caso o depósito j estiver operando no nível de depósito n, 0 em caso contrário.
CT	Custo total de operação (R\$/ano).

Restrições / Equações

Função de mérito, que é minimizar o custo total CT:

$$\begin{aligned} \min CT = & \sum_i \sum_k \sum_p \left\{ \left[\left(CusF_{ik} + CusIF_{ik} \times CusM_p \right) \times \sum_{s|s=1} DstrF_{ikps} \right] + \left[CusF_{ik} \times \sum_{s|s=2} DstrF_{ikps} \right] \right\} \\ & + \sum_i \sum_j \sum_p (CusT_{ij} \times Trns_{ijp}) \\ & + \sum_j \sum_k \sum_p \left\{ \left[\left(CusD_{jk} + CusB_j + CusI_{jk} \times CusM_p \right) \times \sum_{s|s=1} DstrD_{jkps} \right] + \left[\left(CusD_{jk} + CusB_j \right) \times \sum_{s|s=2} DstrD_{jkps} \right] \right\} \\ & + \sum_j \sum_n FixD_{jn} \times Z_{jn} \end{aligned}$$

Restrição de atendimento da demanda da classe de produto p no mercado k.

$$\sum_i DstrF_{ikps} + \sum_j DstrD_{jkps} \geq DemM_{kps} \quad \forall k, \forall p, \forall s.$$

Restrição de capacidade de produção da classe de produtos p na fábrica i.

$$\sum_i \sum_s DstrF_{ikps} + \sum_j \sum_s Trns_{ijps} \leq CapF_{ip} \quad \forall i, \forall p.$$

Restrição de capacidade e operação do depósito j.

$$\sum_i \sum_p \sum_s Trns_{ijps} \leq \sum_n Z_{jn} \times CapD_{jn} \quad \forall j.$$

Relação entre capacidades de depósitos.

$$\sum_n Z_{jn} = 1 \quad \forall j.$$

Balanco de massa da classe de produto p no depósito j com nível de tributação s.

$$\sum_i Trns_{ijps} = \sum_k DstrD_{jkps} \quad \forall j, \forall p, \forall s.$$

Não negatividade.

$$Trns_{ijps} \geq 0 \quad \forall i, \forall j, \forall p, \forall s.$$

$$DstrD_{jkps} \geq 0 \quad \forall j, \forall k, \forall p, \forall s.$$

$$DstrF_{ikps} \geq 0 \quad \forall i, \forall k, \forall p, \forall s.$$

Variáveis binárias

$$Z_{jn} = \begin{cases} 1, & \text{se depósito } j \text{ com capacidade } n \text{ ficar aberto} \\ 0, & \text{em caso contrário} \end{cases} \quad \forall j, \forall n.$$

Onde a função objetivo é composta por quatro parcelas:

- Soma dos custos de distribuição direta a partir da fábrica i para o mercado k , formada pelo produto de um custo variável pelo fluxo ik . Se o cliente desse mercado k quiser crédito de ICMS, apenas o custo de transporte ($CusFik$) deve ser considerado no custo variável (segunda parte da somatória, ou seja, $s = 2$), isto é, apenas a questão logística vai ser considerada;
- Soma dos custos de transporte de transferência da fábrica para o CD ij ;
- Soma dos custos de distribuição a partir do CD j para o mercado k , incluído o custo variável $CusBj$ de manuseio no centro de distribuição;
- Soma dos custos fixos do CD que for aberto no local j em função de sua capacidade n .

Nesse modelo o imposto é cobrado no último elo da cadeia, ou seja, somente na distribuição das mercadorias ao mercado final.

3. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Este capítulo tem por objetivo apresentar o detalhamento do problema e a formulação matemática desenvolvida, de forma a determinar as premissas e os parâmetros considerados nas análises.

Também é mostrada a forma de cálculo e levantamento dos parâmetros, assim como as hipóteses implícitas no modelo.

3.1. DESCRIÇÃO FÍSICA DO PROBLEMA

Para a aplicação do modelo matemático a ser desenvolvido foi elaborado um problema com dimensões reais, baseado em informações de um ano de operação de uma indústria de bens de consumo brasileira. A base de informações da indústria em questão refere-se ao ano de 2009.

Alguns dos parâmetros utilizados, tais como localização das unidades de produção, os volumes produzidos, a distribuição da demanda entre os centros consumidores, os valores dos fretes e os custos de transbordo são reais. Entretanto, os valores de custo de produção e margem de venda dos produtos considerados foram alterados com o intuito de preservar as informações estratégicas da indústria.

O problema definido envolve a produção e distribuição de nove categorias de produtos, que não pertencem aos itens da cesta básica de nenhum dos Estados da Federação, estando sujeitos a tributação das alíquotas padrão de ICMS. O problema será detalhado a seguir.

Fábrica

O problema apresenta quatro fábricas de localização fixa, sendo que três delas são de propriedade de terceiros e uma é de poder da própria empresa. Elas se localizam em: São Paulo/SP (própria), Itajubá/MG, São José dos Pinhais/PR e São Carlos/SP.

São capazes de produzir, juntas, as nove categorias de produtos integralmente e com isso, atender toda a demanda do mercado. A fábrica de São Paulo é a única capaz de produzir as oito categorias de produtos, Itajubá é capaz de produzir os produtos de categoria A, São José dos Pinhais de categoria H e São Carlos de categoria F e H.



Figura 4 – Localização das Fábricas
Fonte: Elaborado pelo autor.

As fábricas possuem capacidade limitada de produção para cada produto, o que é descrito na Tabela 2.

Capacidade (un)	Produtos							
Fábrica	A	B	C	D	E	F	G	H
MG ITAJUBA	600.000	-	-	-	-	-	-	-
PR SÃO JOSE DOS PINHAIS	-	-	-	-	-	-	-	15.000
SP SÃO PAULO	4.100.000	2.700.000	3.000.000	210.000	2.600.000	4.200.000	64.000	207.000
SP SÃO CARLOS	-	-	-	-	-	5.000	-	30.000

Tabela 2 – Capacidade das Fábricas por Produto
Fonte: Banco de Dados da Empresa

Centro de Distribuição

Com relação aos centros de distribuição, a empresa possui cinco: um na cidade da fábrica, em São Paulo/SP e os demais nas seguintes cidades: Salvador/BA, Jaboatão dos Guararapes/PE, Matias Barbosa/MG e Canoas/RS.

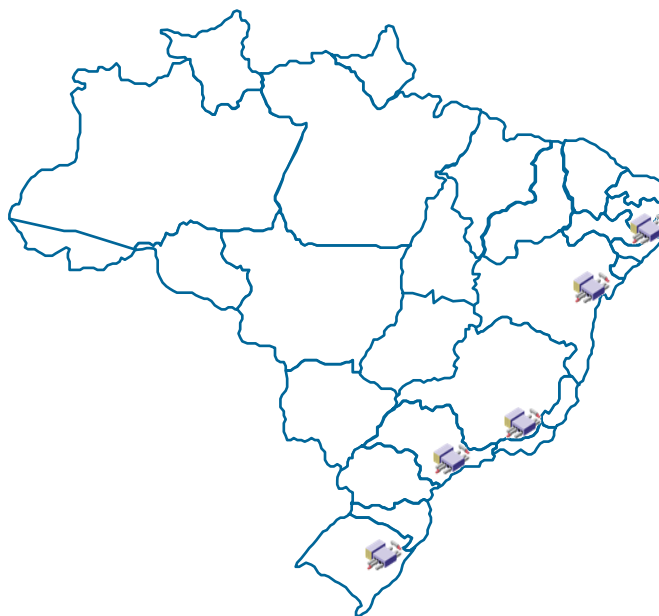


Figura 5 – Localização dos Centros de Distribuição
Fonte: Elaborado pelo autor.

As capacidades atuais dos centros de distribuição estão representadas na Tabela 3.

CD	Capacidade dos CDs (un)
São Paulo/SP	7.000.000
Salvador/BA	2.500.000
Jaboatão/PE	1.500.000
Matias Barbosa/MG	2.500.000
Canoas/RS	1.500.000

Tabela 3 – Capacidade Atual dos CDs
Fonte: Banco de Dados da Empresa

Terminais de Atendimento

Com relação aos terminais de atendimento temos 80 possíveis postos cadastrados pela empresa, todos de origem das transportadoras utilizadas, sendo a localização para cada região geográfica apresentada na Tabela 4.

Terminais de Atendimento	Estado	Terminais de Atendimento	Estado
Campo dos Goytacazes	RJ	Rio Branco	AC
Nova Friburgo	RJ	Manaus	AM
Rio de Janeiro	RJ	Macapá	AP
São Pedro da Aldeia	RJ	Altamira	PA
Volta redonda	RJ	Belém	PA
Vitória	ES	Marabá	PA
Cachoeiro de Itapemirim	ES	Santarém	PA
Colatina	ES	Ji-Parana	RO
Maceio	AL	Porto Velho	RO
Barreiras	BA	Boa Vista	RR
Feira de Santana	BA	Brasília	DF
Itabuna	BA	Goiânia	GO
Salvador	BA	Campo Grande	MS
Vitória da Conquista	BA	Barra do Garças	MT
Fortaleza	CE	Cuiabá	MT
Juazeiro do Norte	CE	Sinop	MT
Imperatriz	MA	Araguaiana	TO
São Luis	MA	Palmas	TO
João Pessoa	PB	Cascavel	PR
Petrolina	PE	Curitiba	PR
Recife	PE	Londrina	PR
Teresina	PI	Maringá	PR
Natal	RN	Ponta Grossa	PR
Aracajú	SE	Bagé	RS
Ijuí	RS	Campinas	SP
Passo Fundo	RS	Franca	SP
Pelotas	RS	Marília	SP
Porto Alegre	RS	Presidente Prudente	SP
Santa Maria	RS	Ribeirão Preto	SP
Santiago	RS	Santos	SP
Blumenau	SC	São José do Rio Preto	SP
Chapecó	SC	São José dos Campos	SP
Criciúma	SC	Sorocaba	SP
Florianópolis	SC	Belo Horizonte	MG
Joinville	SC	Divinópolis	MG
Lages	SC	Governador Valadares	MG
Itapecerica	SP	Matias Barbosa	MG
São Mateus	SP	Montes Claros	MG
Araçatuba	SP	Pouso Alegre	MG
Bauru	SP	Uberlândia	MG

Tabela 4 - Localização dos Terminais de Atendimento por região
Fonte: Banco de Dados da Empresa

Mercado

Com o intuito de reduzir o porte e a complexidade do modelo, a base de clientes foi agrupada pelo critério de mesorregiões definido pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Com isso foram contabilizadas 137 zonas de demanda, conforme se pode observar na Tabela 5.

Número	Meso Região	UF	Região	Número	Meso Região	UF	Região
1	AGRESTE ALAGOANO	AL	Nordeste	71	NOROESTE GOIANO	GO	Centro-Oeste
2	AGRESTE PARAIBANO	PB	Nordeste	72	NOROESTE PARANAENSE	PR	Sul
3	AGRESTE PERNAMBUCANO	PE	Nordeste	73	NOROESTE RIO-GRANDENSE	RS	Sul
4	AGRESTE POTIGUAR	RN	Nordeste	74	NORTE AMAZONENSE	AM	Norte
5	AGRESTE SERGIPANO	SE	Nordeste	75	NORTE CATARINENSE	SC	Sul
6	ARACATUBA	SP	SPI	76	NORTE CEARENSE	CE	Nordeste
7	ARARAQUARA	SP	SPI	77	NORTE CENTRAL PARANAENSE	PR	Sul
8	ASSIS	SP	SPI	78	NORTE DE MINAS	MG	MG
9	BAIXADAS	RJ	RJ/ES	79	NORTE DE RORAIMA	RR	Norte
10	BAIXO AMAZONAS	PA	Norte	80	NORTE DO AMAPA	AP	Norte
11	BAURU	SP	SPI	81	NORTE FLUMINENSE	RJ	RJ/ES
12	BORBOREMA	PB	Nordeste	82	NORTE GOIANO	GO	Centro-Oeste
13	CAMPINAS	SP	SPI	83	NORTE MARANHENSE	MA	Nordeste
14	CAMPO DAS VERTENTES	MG	MG	84	NORTE MATO-GROSSEENSE	MT	Centro-Oeste
15	CENTRAL ESPIRITO-SANTENSE	ES	RJ/ES	85	NORTE PIAUIENSE	PI	Nordeste
16	CENTRAL MINEIRA	MG	MG	86	NORTE PIONEIRO PARANAENSE	PR	Sul
17	CENTRAL POTIGUAR	RN	Nordeste	87	OCIDENTAL DO TOCANTINS	TO	Norte
18	CENTRO AMAZONENSE	AM	Norte	88	OESTE CATARINENSE	SC	Sul
19	CENTRO FLUMINENSE	RJ	RJ/ES	89	OESTE DE MINAS	MG	MG
20	CENTRO GOIANO	GO	Centro-Oeste	90	OESTE MARANHENSE	MA	Nordeste
21	CENTRO MARANHENSE	MA	Nordeste	91	OESTE PARANAENSE	PR	Sul
22	CENTRO NORTE BAIANO	BA	Nordeste	92	OESTE POTIGUAR	RN	Nordeste
23	CENTRO NORTE DE MATO GROSSO DO SUL	MS	Centro-Oeste	93	ORIENTAL DO TOCANTINS	TO	Norte
24	CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE	PR	Sul	94	PANTANAL SUL MATO-GROSSEENSE	MS	Centro-Oeste
25	CENTRO OCIDENTAL RIO-GRANDENSE	RS	Sul	95	PIRACICABA	SP	SPI
26	CENTRO ORIENTAL PARANAENSE	PR	Sul	96	PRESIDENTE PRUDENTE	SP	SPI
27	CENTRO ORIENTAL RIO-GRANDENSE	RS	Sul	97	RIBEIRAO PRETO	SP	SPI
28	CENTRO SUL BAIANO	BA	Nordeste	98	SAO FRANCISCO PERNAMBUCANO	PE	Nordeste
29	CENTRO-NORTE PIAUIENSE	PI	Nordeste	99	SAO JOSE DO RIO PRETO	SP	SPI
30	CENTRO-SUL CEARENSE	CE	Nordeste	100	SERRANA	SC	Sul
31	CENTRO-SUL MATO-GROSSEENSE	MT	Centro-Oeste	101	SERTAO ALAGOANO	AL	Nordeste
32	CENTRO-SUL PARANAENSE	PR	Sul	102	SERTAO PARAIBANO	PB	Nordeste
33	DISTRITO FEDERAL	DF	Centro-Oeste	103	SERTAO PERNAMBUCANO	PE	Nordeste
34	EXTREMO OESTE BAIANO	BA	Nordeste	104	SERTAO SERGIPANO	SE	Nordeste
35	GRANDE FLORIANOPOLIS	SC	Sul	105	SERTOES CEARENSES	CE	Nordeste
36	ITAPETININGA	SP	SPI	106	SUDESTE MATO-GROSSEENSE	MT	Centro-Oeste
37	JAGUARIBE	CE	Nordeste	107	SUDESTE PARAENSE	PA	Norte
38	JEQUITINHONHA	MG	MG	108	SUDESTE PARANAENSE	PR	Sul
39	LESTE ALAGOANO	AL	Nordeste	109	SUDESTE PIAUIENSE	PI	Nordeste
40	LESTE DE MATO GROSSO DO SUL	MS	Centro-Oeste	110	SUDESTE RIO-GRANDENSE	RS	Sul
41	LESTE GOIANO	GO	Centro-Oeste	111	SUDOESTE AMAZONENSE	AM	Norte
42	LESTE MARANHENSE	MA	Nordeste	112	SUDOESTE DE MATO GROSSO DO SUL	MS	Centro-Oeste
43	LESTE POTIGUAR	RN	Nordeste	113	SUDOESTE MATO-GROSSEENSE	MT	Centro-Oeste
44	LESTE RONDONIENSE	RO	Norte	114	SUDOESTE PARAENSE	PA	Norte
45	LESTE SERGIPANO	SE	Nordeste	115	SUDOESTE PARANAENSE	PR	Sul
46	LITORAL NORTE ESPIRITO-SANTENSE	ES	RJ/ES	116	SUDOESTE PIAUIENSE	PI	Nordeste
47	LITORAL SUL PAULISTA	SP	SPI	117	SUDOESTE RIO-GRANDENSE	RS	Sul
48	MACRO METROPOLITANA PAULISTA	SP	SPI	118	SUL AMAZONENSE	AM	Norte
49	MADEIRA-GUAPORE	RO	Norte	119	SUL BAIANO	BA	Nordeste
50	MARAJÓ	PA	Norte	120	SUL CATARINENSE	SC	Sul
51	MARILIA	SP	SPI	121	SUL CEARENSE	CE	Nordeste
52	MATA PARAIBANA	PB	Nordeste	122	SUL DE RORAIMA	RR	Norte
53	MATA PERNAMBUCANA	PE	Nordeste	123	SUL DO AMAPA	AP	Norte
54	METROPOLITANA DE BELEM	PA	Norte	124	SUL ESPIRITO-SANTENSE	ES	RJ/ES
55	METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE	MG	MG	125	SUL FLUMINENSE	RJ	RJ/ES
56	METROPOLITANA DE CURITIBA	PR	Sul	126	SUL GOIANO	GO	Centro-Oeste
57	METROPOLITANA DE FORTALEZA	CE	Nordeste	127	SUL MARANHENSE	MA	Nordeste
58	METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE	RS	Sul	128	SUL/SUDOESTE DE MINAS	MG	MG
59	METROPOLITANA DE RECIFE	PE	Nordeste	129	TRIANGULO MINEIRO/ALTO PARAIBA	MG	MG
60	METROPOLITANA DE SALVADOR	BA	Nordeste	130	VALE DO ACRE	AC	Norte
61	METROPOLITANA DE SAO PAULO	SP	SPC	131	VALE DO ITAJAI	SC	Sul
62	METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO	RJ	RJ/ES	132	VALE DO JURUA	AC	Norte
63	NORDESTE BAIANO	BA	Nordeste	133	VALE DO MUCURI	MG	MG
64	NORDESTE MATO-GROSSEENSE	MT	Centro-Oeste	134	VALE DO PARAIBA PAULISTA	SP	SPI
65	NORDESTE PARAENSE	PA	Norte	135	VALE DO RIO DOCE	MG	MG
66	NORDESTE RIO-GRANDENSE	RS	Sul	136	VALE SAO-FRANCISCANO DA BAHIA	BA	Nordeste
67	NOROESTE CEARENSE	CE	Nordeste	137	ZONA DA MATA	MG	MG
68	NOROESTE DE MINAS	MG	MG				
69	NOROESTE ESPIRITO-SANTENSE	ES	RJ/ES				
70	NOROESTE FLUMINENSE	RJ	RJ/ES				

Tabela 5 – Zonas de Demanda (Mesorregiões)
Fonte: IBGE, 2010

Fluxos

Os fluxos ocorrem da seguinte maneira nos quatro elos da cadeia de distribuição:

- São orientados da fábrica para os centros de distribuição, em seguida para os terminais de atendimento até chegar ao cliente final.

A fábrica não pode entregar os produtos diretamente aos clientes, estes só podem receber dos terminais de atendimento, de acordo com o nível de serviço exigido ou de acordo com a necessidade de preparação dos pedidos dos clientes.

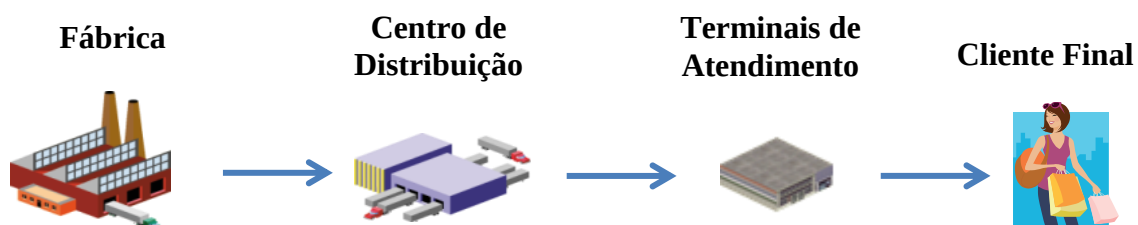


Figura 6 – Fluxos de Distribuição
Fonte: Elaborado pelo Autor

3.2. PARÂMETROS

Definido o sistema físico, o próximo passo é apresentar os parâmetros do modelo, bem como suas formas de cálculo ou levantamento.

Produtos

Os produtos necessitam de tratamento diferenciado dentro do modelo uma vez que as alíquotas de ICMS intra-estadual para a substituição tributária variam por categoria de produto.

Para tanto foram criados oito “produtos logísticos” em que as categorias de produtos agrupados em cada produto logístico possuem as mesmas alíquotas de ICMS em todos os estados.



Figura 7 – Produtos Logísticos
Fonte: Elaborado pelo Autor

Preço

Para calcular o preço de venda considerou-se o preço médio ponderado de cada produto logístico, entretanto as informações correspondentes a margem de venda e ao custo de produção (preço de transferência) foram alteradas com o intuito de preservar as informações estratégicas da empresa.

Sendo assim, adotou-se para a margem de venda de todos os “produtos logísticos” o percentual de 200% e o preço de transferência foi calculado reduzindo-se esse percentual do preço de venda.

A Tabela 6 a seguir apresenta as informações referentes ao preço de venda e margem adotadas para cada produto.

Produto	Preço de Venda (R\$/un)	Margem
A	1973,48	200%
B	329,67	200%
C	1655,52	200%
D	1591,04	200%
E	1057,73	200%
F	2611,69	200%
G	2170,88	200%
H	7440,16	200%

Tabela 6 – Parâmetros de custo, preço e margem.
Fonte: Elaborado pelo Autor

Demanda

O volume da demanda total bem como sua distribuição geográfica é apresentado na Figura 8. Os dados estão em unidades de medida próprias utilizadas pela empresa e que vai ser adotada para todos os parâmetros do modelo.

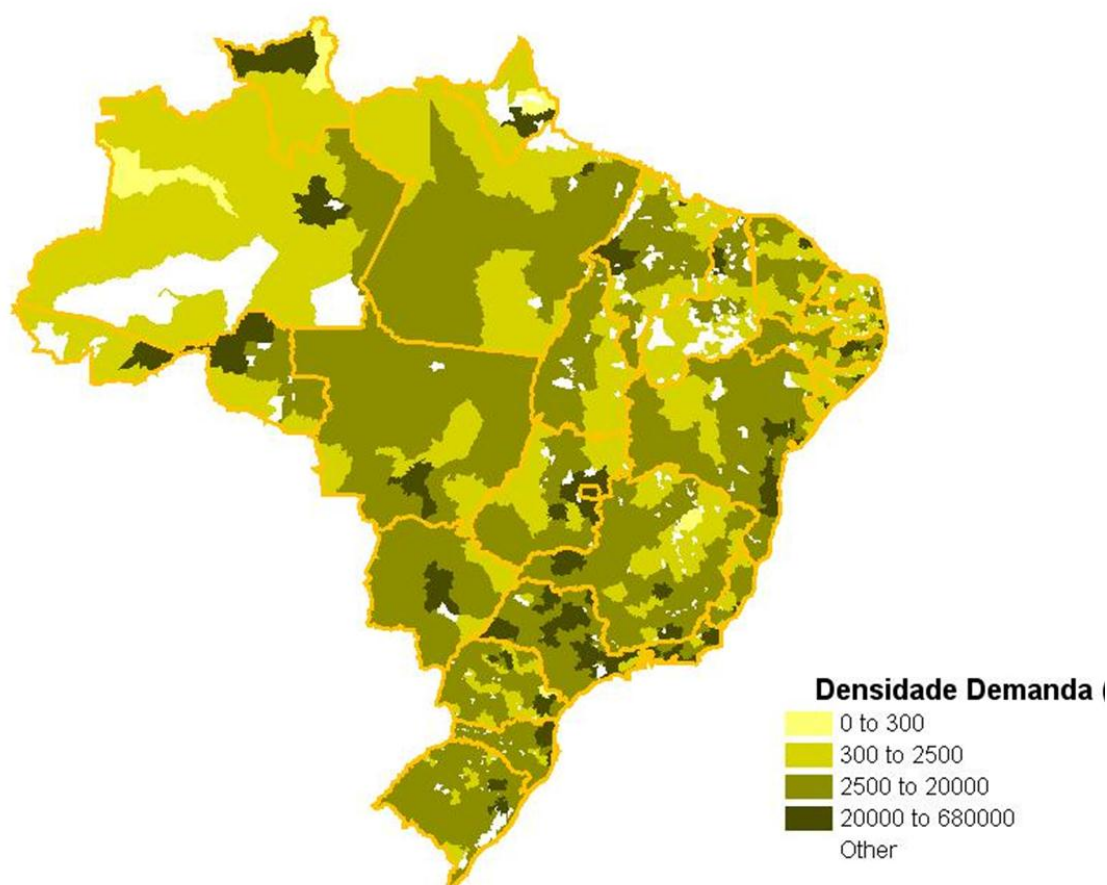


Figura 8 – Mapa de Densidade da Demanda
Fonte: Elaborado pelo Autor

Na Figura 9 está representada a concentração da demanda por estado, o que demonstra uma maior concentração na região Sudeste, seguido pelo Nordeste e pelo Sul.

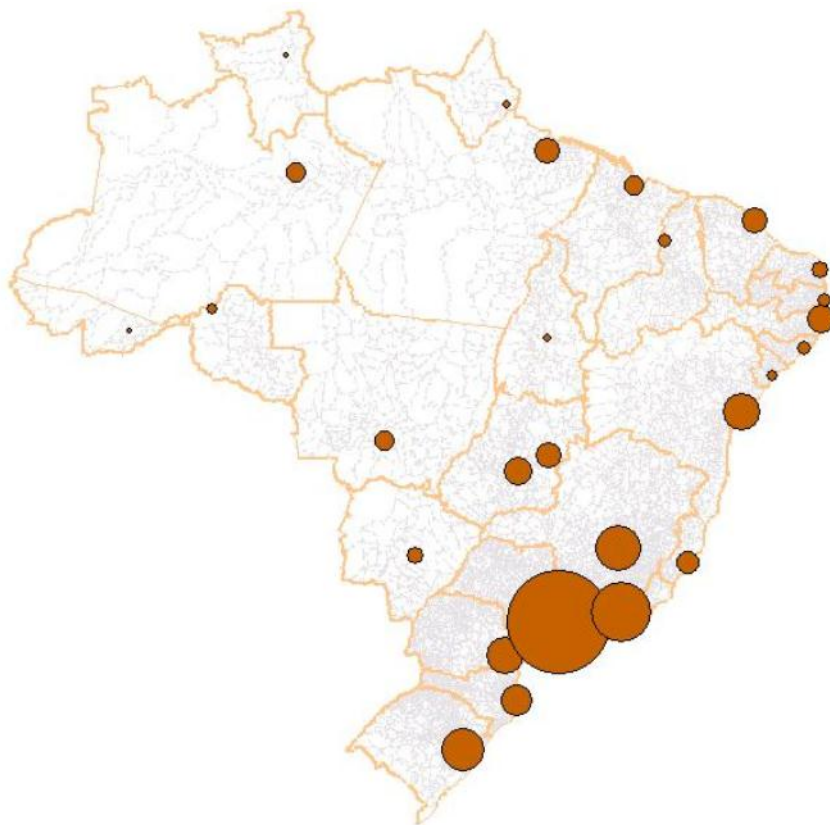


Figura 9 – Mapa de Demanda por Estado
Fonte: Elaborado pelo Autor

Percebemos que o estado de São Paulo é o de maior representatividade, ficando com cerca de 30% do total demandado. Isso pode ser observado na Tabela 7.

Estado / Região	% de volume
SP	30,2%
RJ	11,5%
MG	7,5%
ES	2,0%
Sul	15,2%
Nordeste	18,1%
Norte	7,3%
Centro Oeste	8,2%

Tabela 7 – Participação das Regiões na Demanda
Fonte: Banco de Dados da Empresa

A participação de cada categoria de produto está mais bem detalhada na Tabela 8, em que podemos perceber a maior representatividade da categoria F, com cerca de 47% do total de receitas geradas.

Produto Logístico	Participação na Demanda
A	8,43%
B	3,62%
C	20,02%
D	1,43%
E	11,65%
F	46,75%
G	0,58%
H	7,51%

Tabela 8 – Participação dos Produtos na Demanda
Fonte: Banco de Dados da Empresa

No Apêndice B se encontram os volumes de demanda de cada produto por região de demanda.

Capacidade dos Centros de Distribuições

A capacidade dos centros de distribuição foi definida de acordo com os valores de fluxos máximos permitidos nos CDs da empresa e os possíveis níveis de capacidade que serão adotados pelo modelo estão apresentados na Tabela 9.

Nível	Capacidade dos CDs (un)
N_1	1.000.000
N_2	2.500.000
N_3	3.500.000
N_4	7.000.000
N_5	8.500.000

Tabela 9 – Níveis de Capacidade Admitidos no modelo.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Capacidade dos Terminais de Atendimento

A capacidade nos terminais de atendimento foi definida de acordo com o fluxo máximo possível para se atender determinada região de demanda levando-se em consideração os níveis de serviço exigidos pelo cliente final.

Como os terminais de atendimento são terceirizados e todos os gastos com a movimentação e armazenagem estão incluídos no valor cobrado pelos transportadores, consideramos que os mesmos são capazes de absorver os fluxos de demanda máximos exigidos.

Os níveis de capacidade para os Terminais de Atendimento foram definidos conforme descrito na Tabela 10.

Nível	Capacidade dos Terminais (un)
M_1	50.000
M_2	100.000
M_3	200.000
M_4	400.000
M_5	600.000
M_6	800.000
M_7	1.000.000
M_8	1.200.000

Tabela 10 – Níveis de Capacidade dos Terminais de Atendimento
Fonte: Elaborado pelo Autor

Custos de Armazenagem - Terminais

Conforme foi feito em Yoshizaki (2002), os custos de armazenagem foram divididos em duas parcelas, uma parcela de custos fixos e outra de custo variável.

Para a parcela de custo fixo foi gerada uma curva de ajuste baseada nos custos conhecidos de 15 Terminais de Atendimento atualmente em operação na empresa. Os dados utilizados foram de 2005, sendo os custos corrigidos pelo IGP-M (Índice Geral de Preços de Mercado), índice utilizado para balizar os aumentos de energia elétrica e dos contratos de aluguéis, os quais representam a maior parte dos gastos contidos nos custos fixos dos Terminais de Atendimento e Centros de Distribuição.

Quanto aos custos variáveis, estes foram calculados com base na média dos custos de movimentação de cada instalação, resultando num valor médio de R\$ 2,5/un.

Assumiu-se que o custo variável do Terminal é constante independente de seu tamanho, os ganhos de escala estão associados aos custos fixos de instalação e operação (Fundação Vanzolini, 2000 *apud* Yoshizaki, 2002).

Custos de Armazenagem - CDs

Para os custos fixos dos Centros de Distribuição foi considerado o mesmo método de cálculo utilizado nos TAs. Não foi considerado custo de transbordo.

Custos de Frete

Os custos de frete utilizados foram tirados da tabela de fretes fornecida pela empresa, onde estão os valores cobrados por fornecedor de acordo com a região a ser atendida.

O frete leva em conta a distância e a quantidade a ser transportada, assim como valores de seguro e monitoramento. Esses dados são estratégicos e por isso não vão ser apresentados neste trabalho.

Distâncias

Os valores de distância entre os centroides de cada mesorregião foram calculados através da distância medida em linha reta no arco de circunferência em coordenadas esféricas nas latitudes e longitudes da origem e do destino, sendo corrigida por um fator de forma a estimar as distâncias rodoviárias, conforme descrito por Ballou (2006).

Nível de serviço

Para a indústria objeto deste estudo o nível de serviço para o cliente consiste no cumprimento dos prazos de entrega acordados entre as duas partes.

No modelo matemático essas restrições foram tratadas por meio da exclusão dos arcos com distância superior aos valores determinados, pois se considera distância como um equivalente do tempo de entrega ($\text{Tempo} = \text{Distancia} / \text{Velocidade}$). Foi tomada como premissa uma velocidade de 62 km/h, média da velocidade percorrida por carretas nas rodovias brasileiras.

Na Tabela 11 estão descritos os valores médios de tempo de transporte considerados no modelo para cada estado.

Tempos de Transporte (dias)					
UF	CAPITAL	INTERIOR	UF	CAPITAL	INTERIOR
AC	8,5	12,4	PA	8,1	10,6
AL	6,8	8,6	PB	6,8	7,5
AM	5,5	8,6	PE	3,3	6,1
AP	10,3	10,9	PI	7,4	10,5
BA	5,0	5,9	PR	2,8	3,7
CE	7,7	10,0	RJ	3,5	4,0
DF	4,2	4,3	RN	6,8	9,0
ES	3,2	4,3	RO	7,6	9,2
GO	4,5	5,4	RR	7,1	9,3
MA	9,0	10,3	RS	1,8	2,6
MG	3,6	3,7	SC	2,4	3,0
MS	4,9	6,3	SE	6,9	7,9
MT	6,2	7,7	SP	1,9	2,7
			TO	4,9	7,3

Tabela 11 – Nível de Serviço (Dias)
 Fonte: Banco de Dados da Empresa

3.3. MODELO MATEMÁTICO

Este item tem por objetivo definir as características, hipóteses e o contexto do problema de rede de distribuição considerando impostos e é fundamentado na maximização da rentabilidade econômica total da rede.

Foi desenvolvido um modelo matemático genérico de Programação Linear Inteira Mista (PLIM) para explorar as possibilidades de solução.

Para a representação teórica deste problema definiram-se algumas premissas, tomando-se o cuidado para que fossem suficientemente realistas para manter a complexidade inerente ao problema, de modo que as análises e as conclusões não fossem prejudicadas pela simplificação realizada.

- Consideram-se somente produtos acabados, de forma a excluir o elo referente a cadeia de fornecedores.
- Considera-se um único período de tempo.
- Considera-se para o transporte o modal rodoviário.
- Considera-se que o ICMS que incide sobre a transação de venda é repassado ao cliente.
- Consideram-se oito “produtos logísticos”, sendo que cada produto tem sua fabricação alocada a determinada fábrica.
- Consideram-se cinco fábricas capazes de produzir a totalidade demandada.
- Consideram-se múltiplos CDs e Terminais de Atendimento, pré-definidos de acordo com a estrutura atual da empresa.
- Consideram-se múltiplos pontos de demanda.
- A distribuição pode ser realizada somente pelos Terminais de Atendimento, respeitando o nível de serviço estipulado.
- Os CDs têm níveis de capacidade máximos definidos de acordo com as condições de operação.
- Considera-se que um mesmo cliente pode ser atendido por Terminais de Atendimento diferentes.

3.3.1. Modelo Matemático

Este tópico apresenta a formulação matemática elaborada para abordar o problema definido.

Índices

i	Fábricas
j	Centros de Distribuição (CD)
k	Terminais de Atendimento (TA)
l	Mercados (agregados em mesorregiões)
p	Produtos (agregados por classes e setores)
n	Tamanho do CD
m	Tamanho do TA

Parâmetros

Dem _{pl}	Demanda do produto p no mercado l
CapF _{ip}	Capacidade de produção do produto p na fábrica i
CapCD _{jn}	Capacidade do CD j no nível n
CapTA _{km}	Capacidade do TA k no nível m
CusTrF _{ij}	Custo do frete de transferência da fábrica i para o CD j
CusTrCD _{jk}	Custo do frete de transferência do CD j para o TA k
CusTA _{kl}	Custo do frete de distribuição do TA k para o mercado l
CusImTA _{kpl}	Taxa do ICMS na mercadoria na distribuição a partir do TA k para o mercado l
FixCD _{jn}	Custo fixo do CD j no nível n
FixTA _{km}	Custo fixo do TA k no nível m
CusvCD _j	Custo variável de transbordo no CD j
CusvTA _k	Custo variável de transbordo no TA k
Pr _p	Preço de venda do produto p (no qual incide o ICMS)

Variáveis

TrnF _{ijp}	Quantidade do produto p transferida da fábrica i para o CD j
TrnCD _{jkp}	Quantidade do produto p transferida do CD j para o TA k
DstTA _{kpl}	Quantidade do produto p distribuído do TA k para o mercado l
Z _{jn}	Variável binária: assume o valor 1 caso o CD abra e 0 (zero) caso contrário
Y _{km}	Variável binária: assume o valor 1 caso o TA abra e 0 (zero) caso contrário
MLC	Margem Líquida de Contribuição Total

Restrições / Equações

Função de mérito, que é maximizar a rentabilidade econômica da rede, dada pela Margem de Contribuição Líquida Total (MCL):

$$\max MCL = \sum_k \sum_l \sum_p Pr_p \times DstTA_{klp} \quad (1)$$

$$- \sum_j \sum_n FixCD_{jn} \times Z_{jn} \quad (2)$$

$$- \sum_k \sum_m FixTA_{km} \times Y_{km} \quad (3)$$

$$- \sum_k \sum_l \sum_p [DstTA_{klp} \times (CusTA_{kl} + CusImTA_{klp} \times Pr_p + CusvTA_k)] \quad (4)$$

$$- \sum_i \sum_j \sum_p TrnF_{ijp} \times CusTrF_{ij} \quad (5)$$

$$- \sum_j \sum_k \sum_p TrnCD_{jkp} \times CusTrCD_{jk} \quad (6)$$

Restrição de Atendimento da Demanda

$$Dem_{pl} = \sum_k DstTA_{klp} \quad \forall l, \forall p \quad (7)$$

Restrição de Capacidade de Produção da Classe de Produtos p na Fábrica i

$$\sum_j TrnF_{ijp} \leq CapF_{ip} \quad \forall i \quad (8)$$

Restrição de Capacidade de Operação do CD

$$\sum_k TrnCD_{jkp} \leq \sum_n Z_{jn} \times CapCD_{jn} \quad \forall j \quad (9)$$

Restrição da Capacidade de Operação do TA

$$\sum_l DstTA_{klp} \leq \sum_m Y_{km} \times CapTA_{km} \quad \forall k \quad (10)$$

Balanço de Massa no CD

$$\sum_i TrnF_{ijp} = \sum_k TrnCD_{jkp} \quad \forall i, \forall k \quad (11)$$

Balanço de Massa no TA

$$\sum_j TrnCD_{jkp} = \sum_l DstTA_{klp} \quad \forall k, \forall p \quad (12)$$

Binárias

$$Z_{jn} = \begin{cases} 1, & \text{se o CD } j \text{ ficar aberto} \\ 0, & \text{em caso contrário} \end{cases} \quad \forall j \quad (13)$$

$$Y_{km} = \begin{cases} 1, & \text{se o TA } k \text{ ficar aberto} \\ 0, & \text{em caso contrário} \end{cases} \quad \forall k \quad (14)$$

Não Negatividade

$$TrnCD_{jkp} \geq 0 \quad \forall j, \forall k, \forall p \quad (15)$$

$$TrnF_{ijp} \geq 0 \quad \forall i, \forall j, \forall p \quad (16)$$

$$DstTA_{klp} \geq 0 \quad \forall k, \forall l, \forall p \quad (17)$$

3.3.2. Aspectos da Modelagem

A função objetivo é composta por seis equações, as quais podem ser agrupadas em quatro diferentes parcelas:

- Receita Bruta
- Custos Fixos
- Custos de Distribuição

- Custos de Transferência

A função objetivo visa maximizar a Margem de Contribuição Líquida Total:

$$\text{Função Objetivo} = \text{Maximizar a MCL}$$

A primeira parcela refere-se ao cálculo da receita gerada pelas cargas distribuídas pelas Unidades Operacionais. A Equação (1) diz respeito ao somatório da receita gerada pelas cargas distribuídas pelos TAs.

A segunda parcela diz respeito aos custos fixos das unidades operacionais, a Equação (2) ao somatório dos CDs e a Equação (3) dos TAs.

A terceira parcela refere-se aos custos envolvidos na distribuição das mercadorias até os mercados, incluindo custos de distribuição, transbordo e ICMS. A Equação (4) diz respeito ao somatório dos custos nos TAs.

Por fim a quarta parcela refere-se aos custos de transferência das mercadorias entre as Fábricas e os CDs (Equação 5), e entre os CDs e os TAs (Equação 6).

As restrições desse modelo são determinadas por:

- Atendimento da Demanda: toda a demanda do mercado deve ser atendida;
- Capacidade de Produção do produto p pela Fábrica i : o fluxo de produtos oriundos de determinada fábrica não pode exceder a capacidade da mesma;
- Capacidade de Operação do CD j : o fluxo de produtos em determinado centro de distribuição não deve exceder a capacidade do mesmo;
- Capacidade de Operação do TA k : o fluxo de produtos em determinado terminal de atendimento não deve exceder a capacidade do mesmo;
- Balanço de massa no CD j : garante que o volume de entrada de produtos no CD j seja igual ao volume de saída.
- Balanço de massa no TA k : garante que o volume de entrada de produtos no TA k seja igual ao volume de saída.

- Binárias: restrição criada para definir a abertura ou o fechamento de um CD ou de um TA em determinado local;
- Não negatividade: garante que as variáveis de decisão do modelo (fluxo de transferência entre Fábrica e CD, fluxo de transferência entre CD e TA e o fluxo de distribuição entre TA e mercado) são maiores ou iguais a zero.

3.3.3. Implementação do Modelo

Apresentada a estrutura matemática do modelo, parte-se para a implementação deste em algum sistema de linguagem algébrica de modelagem. Nesse sistema, avalia-se a consistência do modelo, especificando um conjunto de dados que o representariam para um determinado caso.

O sistema lê o modelo e o conjunto de dados e tenta interpretá-lo como um modelo de programação linear inteira mista (PLIM). Em seguida, o sistema tenta resolvê-lo criando matrizes de resultados.

Um sistema de modelagem algébrica que pode ser usado para desenvolver esse modelo de otimização é o GAMS (*General Algebraic Modelling System*), para o qual são apresentadas algumas especificações.

Apresentação do GAMS

O GAMS é um sistema de modelagem algébrica que permite utilizar algoritmos de programação linear, não linear e de programação inteira mista para a resolução de problemas de otimização. A pesquisa e o desenvolvimento do GAMS foram custeados pelo Banco Mundial e executados sob a direção de Alexander Meeraus, no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento, em Washington, por um grande grupo de pesquisadores (Brooke et al., 1998).

O sistema é composto por diferentes *solvers* que são específicos para cada tipo de programação. Apresenta-se a seguir a descrição do *solver* a ser utilizado neste trabalho de acordo com as características do modelo matemático executado.

CPLEX

GAMS/CPLEX é um solver que permite os usuários combinarem os níveis altos de capacidade de modelagem do GAMS com os domínios do otimizador do CPLEX. Os otimizadores do CPLEX são designados para resolver rapidamente problemas grandes e difíceis, com o mínimo de intervenções dos usuários.

Para os problemas com variáveis inteiras, o CPLEX usa o algoritmo *Branch-and-Bound* que resolve uma série de subproblemas de programação linear (LP).

4. RESULTADOS OBTIDOS

Neste capítulo vão ser apresentados os resultados obtidos em duas etapas: primeiro a situação atual da empresa estuda e por fim a situação proposta pelo modelo, que visa maximizar a rentabilidade econômica de cada unidade e da rede em geral, levando-se em conta questões fiscais, que neste caso é representado pelo ICMS.

Os dados foram manipulados por um fator para assegurar sigilo aos dados da empresa, mas a relação entre os parâmetros foi preservada para manter o modelo fiel a realidade.

4.1. Situação Atual

Nesta etapa foi rodado o modelo em que foram limitadas as escolhas das unidades operacionais da rede de forma a simular a situação atual da empresa e testar a capacidade e adequação do modelo.

A capacidade das fábricas, CDs e TAs e os fluxos de transferência e distribuição foram limitados a situação existente.

Os resultados obtidos são próximos à situação observada atualmente na empresa, gerando uma diferença de 3% em relação aos dados consolidados no último período de exercício. Isso mostra a adequação do modelo e consegue traduzir com veracidade a situação da rede logística da empresa estudada.

O Gráfico 3 representa a distribuição de custos associados ao cenário atual, mostrando-se bem representativo os custos com impostos, com cerca de 40% do custo total da empresa no ano.

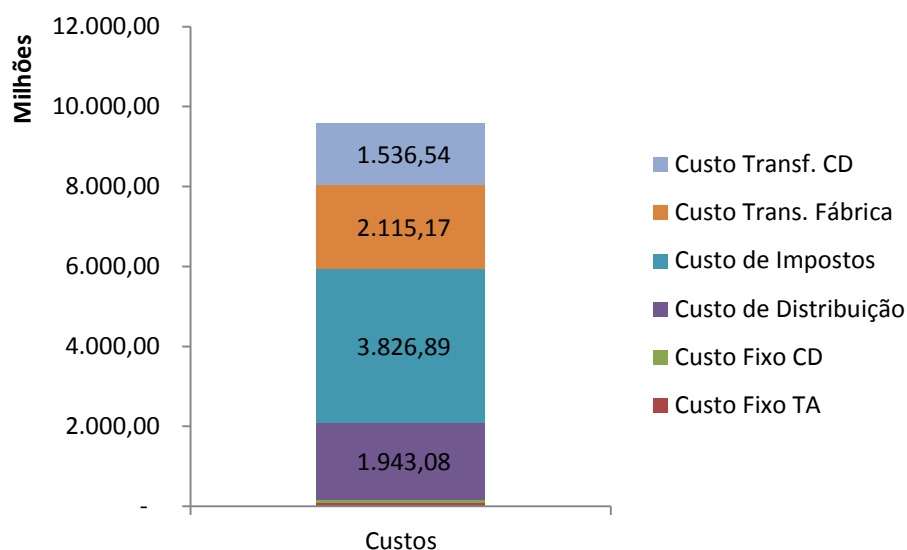


Gráfico 3 – Custo Total do Cenário Atual (R\$ MM)
Fonte: Elaborado pelo Autor

A Tabela 12 mostra os fluxos de transferência entre as fábricas e os centros de distribuição para cada produto considerado.

Fábrica	CD	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
MG ITAJUBA	BA SALVADOR	349.724							
SP SÃO PAULO	MG MATIAS	649.262	386.668	436.154	30.625	366.953	587.836	9.353	33.149
	SP SÃO PAULO	1.814.046	1.070.740	1.185.967	83.278	1.047.752	1.677.866	25.818	94.533
	BA SALVADOR	293.315	383.176	426.478	29.944	373.677	600.606	9.211	33.869
	RS CANOAS	366.180	235.091	261.660	18.372	228.425	364.470	5.168	3.342
	PE JABOATAO	110.636	67.648	75.294	5.287	65.729	103.227	1.614	
PR SÃO JOSE DOS PINHAIS	RS CANOAS								7.717
SP SÃO CARLOS	RS CANOAS								9.575
	PE JABOATAO						2.068		5.938

Tabela 12 - Fluxo de Transferência Fábrica – CD (un.)
Fonte: Elaborado pelo Autor

Os fluxos de transferência entre os centros de distribuição e os terminais de atendimento mostram uma regionalização dos transportes, como é observado atualmente pela empresa e pode ser observado na Tabela 13.

CD	Terminal	UF	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
BA SALVADOR	Feira de Santana	BA	209.578	121.002	134.677	9.456	118.938	192.537	2.953	10.859
	Itabuna	BA	13.877	17.827	19.842	1.393	17.322	27.748	426	1.565
	Salvador	BA	292.226	183.310	210.481	14.778	183.747	294.346	4.515	16.597
	Aracajú	SE	127.358	61.037	61.478	4.317	53.670	85.975	1.317	4.848
MG MATIAS	Belo Horizonte	MG	150.513	95.123	105.873	7.145	88.833	142.305	2.183	8.025
	Governador Valadares	MG	33.356	2.857	20.865	512	6.368	34.932	535	575
	Matias Barbosa	MG	324.762	214.392	217.471	16.755	202.847	200.217	4.738	18.818
	Nova Friburgo	RJ	46.872	28.036	34.672	2.192	32.706	52.392	669	2.461
	Volta redonda	RJ	23.741	9.004	15.806	1.110			339	
	Rio de Janeiro	RJ						100.000		
	Cachoeiro de Itapemirim	ES	56.081	29.791	33.158	2.328	28.946	46.370	711	2.615
	Colatina	ES	13.937	7.465	8.309	583	7.253	11.620	178	655
PE JABOATAO	João Pessoa	PB	21.236	14.172	587	1.108			338	
	Recife	PE	89.400	53.476	74.707	4.179	65.729	105.295	1.276	5.938
RS CANOAS	Passo Fundo	RS	171.627	107.242	119.362	8.407	108.077	173.131	2.391	9.763
	Porto Alegre	RS	194.553	127.849	142.298	9.965	120.348	191.339	2.777	10.871
SP SÃO PAULO	Campinas	SP	202.579	86.234	95.980	6.740	276.725	511.459	9.647	10.636
	Franca	SP	245.034	157.490	175.291	12.310	151.658	240.934	3.696	13.587
	Pouso Alegre	MG	53.567	32.043	35.664	2.504	27.883	45.055	765	2.519
	Santos	SP	473.083	282.982	314.964	22.116	82.018			24.837
	São José dos Campos	SP	68.829	42.869	41.930	2.944	53.652	184.029	900	4.847
	Sorocaba	SP	290.325	196.370	218.562	15.347	190.801	270.402	4.025	14.168
	Joinville	SC	116.643	58.298	64.886	4.557	56.644	92.189	1.666	5.117
	Ribeirão Preto	SP	215.834	118.184	136.883	9.767	121.426	183.954	2.984	10.968
	São José do Rio Preto	SP	148.152	96.270	101.807	6.993	86.945	149.844	2.135	7.854

Tabela 13 – Fluxo de Transferência CD – Terminal (un.)

Fonte: Elaborado pelo Autor

As capacidades dos centros de distribuição e dos terminais de atendimento foram limitadas aos fluxos utilizados atualmente pela empresa, como se observa na Tabela 14 e na Tabela 15.

CD	Nível
BA SALVADOR	2.500.000
MG MATIAS	2.500.000
PE JABOATAO	1.000.000
RS CANOAS	2.500.000
SP SÃO PAULO	7.000.000

Tabela 14 – Capacidade dos CDs (un.)

Fonte: Elaborado pelo Autor

As fábricas também foram limitadas para a produção de cada produto na quantidade observada.

Tipo	Terminal	UF	Nível
K_2	Nova Friburgo	RJ	200.000
K_3	Rio de Janeiro	RJ	100.000
K_5	Volta redonda	RJ	50.000
K_7	Cachoeiro de Itapemirim	ES	200.000
K_8	Colatina	ES	50.000
K_11	Feira de Santana	BA	800.000
K_12	Itabuna	BA	100.000
K_13	Salvador	BA	1.200.000
K_19	João Pessoa	PB	50.000
K_21	Recife	PE	400.000
K_24	Aracajú	SE	400.000
K_50	Passo Fundo	RS	1.200.000
K_52	Porto Alegre	RS	800.000
K_59	Joinville	SC	400.000
K_65	Campinas	SP	1.200.000
K_66	Franca	SP	1.000.000
K_69	Ribeirão Preto	SP	800.000
K_70	Santos	SP	1.200.000
K_71	São José do Rio Preto	SP	600.000
K_72	São José dos Campos	SP	400.000
K_73	Sorocaba	SP	1.200.000
K_74	Belo Horizonte	MG	600.000
K_76	Governador Valadares	MG	100.000
K_77	Matias Barbosa	MG	1.200.000
K_79	Pouso Alegre	MG	200.000

Tabela 15 – Capacidade dos Terminais (un.)
Fonte: Elaborado pelo Autor

A Tabela 16 mostra um consolidado dos custos de distribuição, transbordo e ICMS para cada terminal de atendimento (TA), além da quantidade movimentada em cada elo da cadeia.

Pode-se observar no Apêndice C que a distribuição também ocorre de maneira regionalizada, ou seja, os terminais entregam somente para os mercados localizados na mesma região onde ele está instalado.

Portanto, os CDs transferem os produtos logísticos para TAs próximos a sua localidade que por fim distribuem os produtos aos mercados mais próximos e na mesma região em que estão localizados.

Terminal	UF	Custo Distribuição	Custo Transbordo	Custo ICMS	Qtde Transportada
Nova Friburgo	RJ	21.173.986,47	500.000,00	67.327.108,90	200.000,00
Rio de Janeiro	RJ	9.911.084,27	250.000,00	49.622.110,00	100.000,00
Volta redonda	RJ	4.789.633,73	125.000,00	16.868.399,39	50.000,00
Cachoeiro de Itapemirim	ES	20.531.599,22	500.000,00	79.099.580,47	200.000,00
Colatina	ES	5.208.797,92	125.000,00	19.781.634,80	50.000,00
Feira de Santana	BA	147.353.600,55	2.000.000,00	186.316.952,10	800.000,00
Itabuna	BA	10.713.343,82	250.000,00	32.620.715,07	100.000,00
Salvador	BA	177.632.358,44	3.000.000,00	317.034.465,52	1.200.000,00
João Pessoa	PB	3.664.812,62	93.602,50	8.508.385,17	37.441,00
Recife	PE	38.797.404,39	1.000.000,00	145.845.218,87	400.000,00
Aracajú	SE	52.382.502,33	1.000.000,00	84.041.336,80	400.000,00
Passo Fundo	RS	128.601.325,70	1.750.000,00	148.771.696,48	700.000,00
Porto Alegre	RS	87.649.550,41	2.000.000,00	298.563.708,13	800.000,00
Joinville	SC	42.810.830,67	1.000.000,00	158.197.915,20	400.000,00
Campinas	SP	125.308.205,96	3.000.000,00	435.411.154,23	1.200.000,00
Franca	SP	217.315.057,30	2.500.000,00	123.851.167,48	1.000.000,00
Ribeirão Preto	SP	121.738.561,70	2.000.000,00	156.365.043,32	800.000,00
Santos	SP	117.682.170,53	3.000.000,00	383.348.267,62	1.200.000,00
São José do Rio Preto	SP	145.481.281,67	1.500.000,00	102.540.075,46	600.000,00
São José dos Campos	SP	43.658.794,39	1.000.000,00	139.615.498,97	400.000,00
Sorocaba	SP	166.453.774,44	3.000.000,00	301.198.256,50	1.200.000,00
Belo Horizonte	MG	61.651.279,55	1.500.000,00	207.557.767,44	600.000,00
Governador Valadares	MG	10.181.150,51	250.000,00	39.836.329,01	100.000,00
Matias Barbosa	MG	126.046.111,59	3.000.000,00	255.664.257,64	1.200.000,00
Pouso Alegre	MG	21.503.546,42	500.000,00	68.899.522,95	200.000,00
Total	=	1.908.240.764,60	34.843.602,50	3.826.886.567,52	13.937.441,00

Tabela 16 – Consolidado Custos por Terminal (R\$)

Fonte: Elaborado pelo Autor

Após a análise dos dados gerados pelo cenário atual, calculamos a rentabilidade econômica de cada unidade operacional, dada pela Margem de Contribuição Líquida (MCL), a qual está representada na Tabela 17.

Através dela observamos que a fábrica de São Paulo apresenta uma MLC muito baixa em relação as demais fábricas, devendo ser observada e podendo ter um alto potencial de desenvolvimento, de forma a se obter uma melhor margem total.

Tipo	Unidade	MCL
I_3	SP SÃO PAULO	- 2.095.635.704,37
I_1	MG ITAJUBA	- 87.039.340,29
I_4	SP SÃO CARLOS	- 4.714.267,68
I_2	PR SÃO JOSE DOS PINHAIS	- 1.190.554,18
K_2	Nova Friburgo	-
K_5	Volta redonda	-
K_65	Campinas	-
K_66	Franca	-
K_70	Santos	-
K_72	São José dos Campos	-
K_73	Sorocaba	-
K_74	Belo Horizonte	-
K_76	Governador Valadares	-
K_77	Matias Barbosa	-
K_79	Pouso Alegre	-
K_59	Joinville	-
K_69	Ribeirão Preto	-
K_71	São José do Rio Preto	-
K_11	Feira de Santana	-
K_12	Itabuna	-
K_13	Salvador	-
K_24	Aracajú	-
K_19	João Pessoa	-
K_21	Recife	-
K_3	Rio de Janeiro	-
K_7	Cachoeiro de Itapemirim	-
K_8	Colatina	-
K_50	Passo Fundo	-
K_52	Porto Alegre	-
J_3	PE JABOATAO	522.515.560,27
J_5	RS CANOAS	1.782.113.878,32
J_4	MG MATIAS	3.085.027.101,00
J_2	BA SALVADOR	3.095.306.514,57
J_1	SP SÃO PAULO	8.541.424.384,50

Tabela 17 - Margem de Contribuição Líquida das Unidades da Rede (R\$)

Fonte: Elaborado pelo Autor

Já a unidade de Jaboaão e até mesmo Canoas, onde se localizam atualmente os centros de distribuição, apresentam uma MLC menor que os demais centros, também sendo objeto de estudo em busca de uma melhor alocação de custos e receitas maximizando a rentabilidade rede como um todo.

4.2. Situação Proposta

Com a análise do cenário atual já feita e com o modelo já validado, podemos liberá-lo para achar a melhor solução de acordo com a maximização da rentabilidade econômica total da rede, lavando-se em consideração as possibilidades de mudança existentes.

Liberou-se a escolha para os níveis de capacidade dos centros de distribuição e para os terminais de atendimento, de acordo com as capacidades descritas na Definição do Problema. A capacidade das fábricas também é liberada, de acordo com as capacidades máximas por produto em cada fábrica.

Assim a escolha de onde fabricar e qual centro de distribuição ou terminal de atendimento abrir ou fechar ficou a cargo do modelo.

O resultado obtido buscou maximizar a MCL, e resultou nos custos descritos no Gráfico 4. Pode-se observar que os custos com impostos caíram e ficaram abaixo dos 30% do total dos custos observados. Em compensação os custos de distribuição aumentaram chegando a 29% do total.

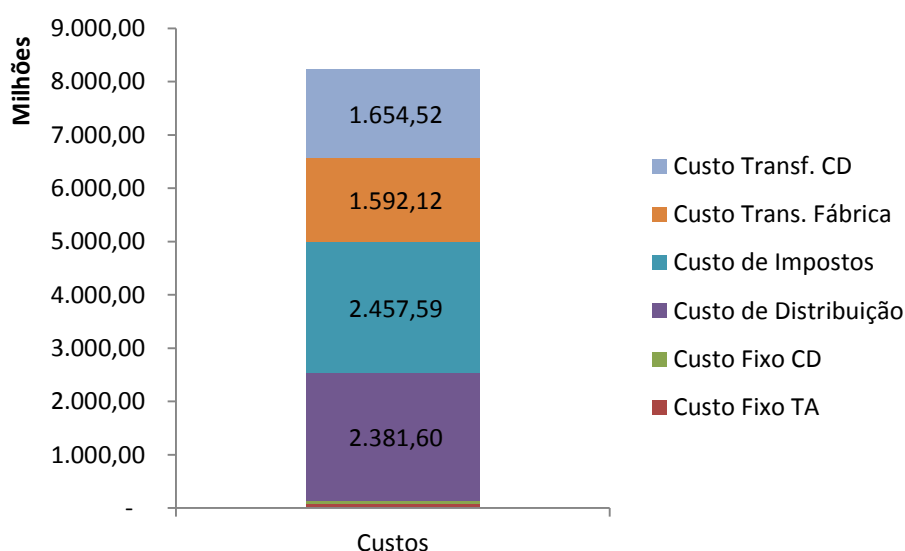


Gráfico 4 – Custo Total na Situação Proposta (R\$ MM)
Fonte: Elaborado pelo Autor

Na Tabela 18 estão representados os fluxos de transferência entre as fábricas e os centros de distribuição. Percebemos que duas fábricas foram fechadas, devido a sua pequena

capacidade de produção, sendo mais vantajoso transferir a produção para a fábrica de São Paulo, a qual consegue absorver toda a produção, já que produzia quase que a totalidade dos produtos das categorias F e H.

Fábrica	CD	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
MG ITAJUBA	MG MATIAS	600.000							
SP SÃO PAULO	MG MATIAS	601.501	685.783	902.742	56.166	920.309	1.559.112	23.909	87.919
	SP SÃO PAULO	2.381.662	1.457.540	1.482.811	111.340	1.162.227	1.776.961	27.255	100.204

Tabela 18 – Fluxo de Transferência Fábrica – CD (un.)

Fonte: Elaborado pelo Autor

Também percebemos que a fábrica de Itajubá poderia produzir mais do produto da categoria A, se tivesse maior capacidade de produção, pois produz mais que a situação atual e no limite da capacidade.

Na Tabela 19 estão representados os fluxos de transferência dos centros de distribuição para os terminais de atendimento para cada produto considerado. Três centros de distribuição foram fechados e os fluxos de transferência entre CDs e TAs ficaram centralizados na região Sudeste.

CD	Terminal	UF	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
MG MATIAS	Belo Horizonte	MG	202.698	123.226	139.860	9.475	122.095	188.721	2.895	11.030
	Campo Grande	MS	19.843	11.869	13.211	928	14.577	19.955	283	1.042
	Governador Valadares	MG	331.683	184.568	196.071	14.112	171.168	281.062	4.310	17.026
	Matias Barbosa	MG	309.670	185.233	206.168	14.477	176.936	286.836	4.422	16.258
	Nova Friburgo	RJ	149.014	87.264	99.210	6.965	86.607	138.740	2.126	7.824
	São Mateus	SP	133.568	93.623	108.768	7.637	94.952	152.107	2.332	7.013
	Volta redonda	RJ	55.025		139.454	2.572	253.974	491.691	7.541	27.726
SP SÃO PAULO	Blumenau	SC	157.065	93.951	104.569	7.342	91.286	135.299	2.242	8.246
	Campinas	SP	266.707	335.740	172.883	12.106	154.088	241.113	3.766	13.597
	Curitiba	PR	272.169	99.574	183.516	12.246	160.206	254.796	3.742	13.751
	Franca	SP	309.193	188.275	209.554	13.833	182.936	275.458	4.225	16.526
	Londrina	PR	35.316	14.279	10.480	1.378	9.149	27.431	421	1.546
	Pouso Alegre	MG	623.003		311.956	29.125	86.323	139.582	2.140	7.871
	Santos	SP	19.182	283.898	12.771	897	64.111	17.860	274	1.007
	São José dos Campos	SP	249.474	182.143	165.622	11.662	142.231	232.274	3.495	13.099
	Sorocaba	SP	285.393	223.741	200.720	14.092	175.225	280.695	4.305	15.829
	Uberlândia	MG	164.160	35.939	110.740	8.659	96.672	172.453	2.645	8.732

Tabela 19 – Fluxo de Transferência CD – Terminal (un.)

Fonte: Elaborado pelo Autor

As capacidades dos centros de distribuição e dos terminais de atendimento escolhidas estão representadas nas tabelas seguintes.

CD	Nível
MG MATIAS	7.000.000
SP SÃO PAULO	8.500.000

Tabela 20 – Capacidade CD (un.)

Fonte: Elaborado pelo Autor

Toda a capacidade do CD de São Paulo é utilizada e o CD de Matias Barbosa fica com ocupação de quase 80%.

Tipo	Terminal	UF	Nível
K_2	Nova Friburgo	RJ	600.000
K_5	Volta redonda	RJ	1.000.000
K_37	Campo Grande	MS	100.000
K_44	Curitiba	PR	1.000.000
K_45	Londrina	PR	100.000
K_55	Blumenau	SC	600.000
K_62	São Mateus	SP	600.000
K_65	Campinas	SP	1.200.000
K_66	Franca	SP	1.200.000
K_70	Santos	SP	400.000
K_72	São José dos Campos	SP	1.000.000
K_73	Sorocaba	SP	1.200.000
K_74	Belo Horizonte	MG	800.000
K_76	Governador Valadares	MG	1.200.000
K_77	Matias Barbosa	MG	1.200.000
K_79	Pouso Alegre	MG	1.200.000
K_80	Uberlândia	MG	600.000

Tabela 21 – Capacidade Terminal (un.)

Fonte: Elaborado pelo Autor

A Tabela 22 mostra um consolidado dos custos de distribuição, transbordo e ICMS para cada terminal de atendimento na nova situação. Também mostra a quantidade distribuída por cada elo da rede.

Terminal	UF	Custo Distribuição	Custo Transbordo	Custo ICMS	Qtde Transportada
Nova Friburgo	RJ	74.228.319,13	1.444.375,00	94.869.609,55	577.750
Volta redonda	RJ	126.101.097,69	2.444.957,50	254.278.637,64	977.983
Campo Grande	MS	7.864.721,95	204.270,00	17.078.638,40	81.708
Curitiba	PR	133.391.832,27	2.500.000,00	220.629.702,43	1.000.000
Londrina	PR	12.146.232,08	250.000,00	20.853.177,84	100.000
Blumenau	SC	84.376.889,08	1.500.000,00	125.024.232,88	600.000
São Mateus	SP	133.230.410,93	1.500.000,00	72.912.496,08	600.000
Campinas	SP	295.288.732,24	3.000.000,00	151.182.926,59	1.200.000
Franca	SP	277.048.962,42	3.000.000,00	146.035.425,67	1.200.000
Santos	SP	43.226.927,04	1.000.000,00	42.146.017,87	400.000
São José dos Campos	SP	141.950.296,40	2.500.000,00	201.838.667,33	1.000.000
Sorocaba	SP	217.205.121,24	3.000.000,00	219.091.289,67	1.200.000
Belo Horizonte	MG	199.144.419,68	2.000.000,00	97.834.411,56	800.000
Governador Valadares	MG	265.905.617,27	3.000.000,00	147.951.826,27	1.200.000
Matias Barbosa	MG	123.982.166,78	3.000.000,00	252.405.723,47	1.200.000
Pouso Alegre	MG	133.869.937,14	3.000.000,00	277.359.710,46	1.200.000
Uberlândia	MG	77.797.354,13	1.500.000,00	116.098.109,43	600.000
Total	=	2.346.759.037,47	34.843.602,50	2.457.590.603,14	13.937.441

Tabela 22 – Consolidados Custos por Terminal (R\$)

Fonte: Elaborado pelo Autor

A distribuição, que pode ser mais bem observada no Apêndice C, mostra um fluxo concentrado da região Sudeste para as demais regiões do país, isso se deve ao menor imposto cobrado na movimentação de mercadorias entre SP e MG para os demais estados do Brasil.

Aliando uma boa localização, pois ficam no centro do país e perto da maior concentração de demanda, com menores tarifas de ICMS.

Após a análise dos dados gerados pelo cenário proposto, calculamos a rentabilidade econômica de cada unidade operacional, dada pela Margem de Contribuição Líquida (MCL), a qual está representada na Tabela 23.

Nela percebemos a melhora da MCL da fábrica de São Paulo e de Itajubá, além de uma maior concentração nos CDs de Matias Barbosa e São Paulo melhorando a MLC total da rede.

Tipo	Unidade	MCL
I_3	SP SÃO PAULO	- 1.576.309.870,67
I_1	MG ITAJUBA	- 79.194.843,32
K_2	Nova Friburgo	-
K_37	Campo Grande	-
K_44	Curitiba	-
K_45	Londrina	-
K_5	Volta redonda	-
K_55	Blumenau	-
K_62	São Mateus	-
K_65	Campinas	-
K_66	Franca	-
K_70	Santos	-
K_72	São José dos Campos	-
K_73	Sorocaba	-
K_74	Belo Horizonte	-
K_76	Governador Valadares	-
K_77	Matias Barbosa	-
K_79	Pouso Alegre	-
K_80	Uberlândia	-
J_4	MG MATIAS	7.380.290.716,02
J_1	SP SÃO PAULO	10.464.044.493,18

Tabela 23 - Margem de Contribuição Líquida das Unidades da Rede (R\$)
Fonte: Elaborado pelo Autor

4.3. Comparativo entre Situações

A partir da análise dos dois cenários conseguimos perceber a relação entre custos logísticos e custos fiscais, e assim analisar seus *tradeoffs*. Isso pode ser observado pelos dados do Gráfico 5, que mostra um comparativo entre os custos logísticos e de impostos entre os dois cenários analisados.

Os custos logísticos sofrem um acréscimo de 0,07% em relação a receita para gerar uma redução de 5,61% no custo com ICMS. Os custos logísticos que sofreram aumento foram os Custos de Distribuição (1,8%) e os Custos de Transferência CD (0,48%).

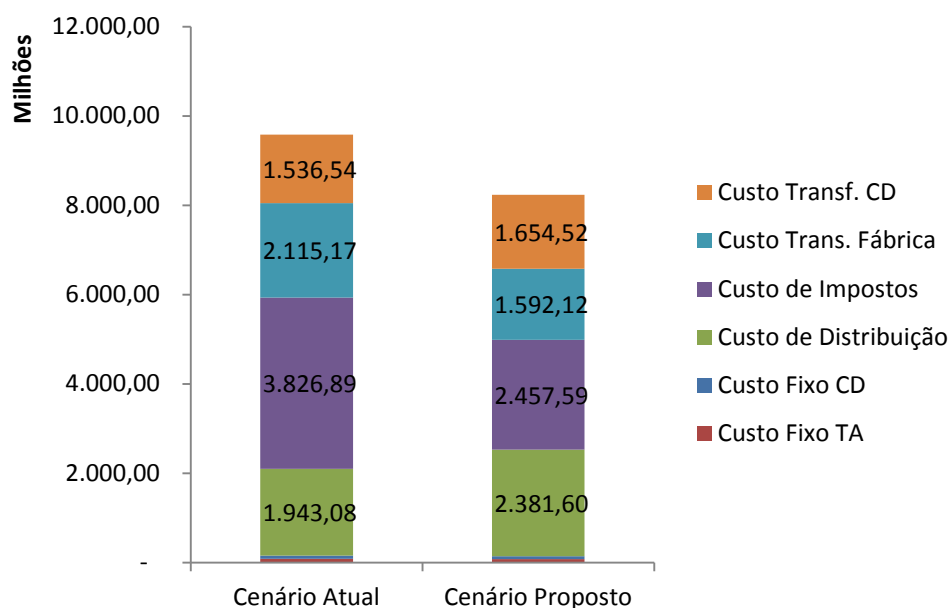


Gráfico 5 – Comparativo entre Custos dos Cenários (R\$ MM)
Fonte: Elaborado pelo Autor

Em contrapartida obteve-se uma redução do Custo de Transferência Fábrica (2,14%) relativamente importante. Com esses resultados a MCL da empresa sofreu um aumento de 5,53% da receita total gerada.

A maior redução observada foi no custo de ICMS, que tem o maior peso nos custos da empresa, isso se deve através da realocação da rede logística buscando-se menores taxas de imposto, e com isso, se observa um aumento da malha rodoviária percorrida, principalmente na distribuição ao mercado consumidor.

Dados	Cenário Atual	%A	Cenário Proposto	%P	Variação
Receita Total	24.420.014.680,10	100,00%	24.420.014.680,10	100,00%	0,00%
(-) Custo Fixo TA	87.126.889,26	0,36%	81.973.344,76	0,34%	-0,02%
(-) Custo Fixo CD	73.402.932,67	0,30%	63.375.569,22	0,26%	-0,04%
(-) Custo de Distribuição	1.943.084.367,10	7,96%	2.381.602.639,98	9,75%	1,80%
(-) Custo de Impostos	3.826.886.567,54	15,67%	2.457.590.603,16	10,06%	-5,61%
(-) Custo Trans. Fábrica	2.115.167.041,42	8,66%	1.592.122.083,15	6,52%	-2,14%
(-) Custo Transf. CD	1.536.541.481,84	6,29%	1.654.522.708,26	6,78%	0,48%
= MLC	14.837.805.400,27	60,76%	16.188.827.731,57	66,29%	5,53%

Tabela 24 – Resultado Atual e Proposto
Fonte: Elaborado pelo Autor

Com relação a MCL de cada unidade operacional podemos observar que as unidades tiveram uma melhora, fecharam-se algumas unidades que tinham margem de contribuição negativa aumentando-se a MCL Total da rede.

As unidades com MCL negativa são as fábricas, as quais recebem toda a MCP dos Centros de Distribuição (CDs), ou seja, recebem além de seus custos de transferência, os custos fixos dos CDs, visto que os CDs não fazem distribuição e por isso não geram receitas.

Duas fábricas de capacidade de produção pequena são fechadas, e as outras duas tem sua MCL aumentada.

Já os CDs que são mantidos pelo modelo têm sua MCL aumentada, e a soma dos dois é maior que a soma dos outros CDs fechados o que mostra um aumento da MCL Total da rede.

Os CDs têm MCL positiva, pois recebem toda a MCP das Terminais de Atendimento (TA), as quais incorrem todos os custos de distribuição e custos fixos dos terminais mais a receita gerada pela distribuição, além dos custos de transferência CD-Terminal, como disposto pelo método proposto de rentabilidade econômica.

Os Terminais de Atendimento mantiveram a MCL em zero por passarem toda a sua MCP para as unidades de que receberam quantidade transferida, não incorrendo nenhum custo de transferência.

A abertura ou fechamento dos TAs não afetam sua MCL, mas alteram os custos de distribuição, os quais são repassados aos CDs pela MCP. Por isso uma melhor realocação dos TAs, com a abertura e/ou fechamento de unidades podem afetar a MCL Total da rede.

A Tabela 25 mostra a variação da rede logística da empresa bem como quais unidades operacionais foram abertas ou fechadas de acordo com o modelo proposto. Também está demonstrado a MCL de cada unidade no cenário Atual e no Proposto.

Tipo	Unidade	MCL Atual	MCL Proposto
I_3	SP SÃO PAULO	- 2.095.635.704,37	- 1.576.309.870,67
I_1	MG ITAJUBA	- 87.039.340,29	- 79.194.843,32
I_4	SP SÃO CARLOS	- 4.714.267,68	
I_2	PR SÃO JOSE DOS PINHAIS	- 1.190.554,18	
K_2	Nova Friburgo	-	-
K_5	Volta redonda	-	-
K_65	Campinas	-	-
K_66	Franca	-	-
K_70	Santos	-	-
K_72	São José dos Campos	-	-
K_73	Sorocaba	-	-
K_74	Belo Horizonte	-	-
K_76	Governador Valadares	-	-
K_77	Matias Barbosa	-	-
K_79	Pouso Alegre	-	-
K_59	Joinville	-	
K_69	Ribeirão Preto	-	
K_71	São José do Rio Preto	-	
K_11	Feira de Santana	-	
K_12	Itabuna	-	
K_13	Salvador	-	
K_24	Aracajú	-	
K_19	João Pessoa	-	
K_21	Recife	-	
K_3	Rio de Janeiro	-	
K_7	Cachoeiro de Itapemirim	-	
K_8	Colatina	-	
K_50	Passo Fundo	-	
K_52	Porto Alegre	-	
K_37	Campo Grande		-
K_44	Curitiba		-
K_45	Londrina		-
K_55	Blumenau		-
K_62	São Mateus		-
K_80	Uberlândia		-
J_3	PE JABOATAO	522.515.560,27	
J_5	RS CANOAS	1.782.113.878,32	
J_4	MG MATIAS	3.085.027.101,00	7.380.290.716,02
J_2	BA SALVADOR	3.095.306.514,57	
J_1	SP SÃO PAULO	8.541.424.384,50	10.464.044.493,18

Tabela 25 – Comparativo MCL entre Atual – Proposto
Fonte: Elaborado pelo Autor

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho propôs-se a estudar a rede logística de uma empresa através do cálculo da rentabilidade econômica de suas unidades operacionais utilizando-se, para isso, do conceito de margem de contribuição.

Foi montado um modelo matemático de Programação Linear Inteira Mista (PLIM) cujo objetivo é a maximização da Margem de Contribuição Líquida Total da rede, onde foram levados em consideração os seguintes parâmetros: receitas geradas; custos fixos, de transferência e de distribuição, além dos custos com ICMS.

O modelo, utilizando-se de variáveis binárias, poderia sugerir a abertura ou fechamento de unidades operacionais (CDs e TAs) e a melhor alocação da produção entre as fábricas de acordo com os parâmetros previamente estabelecidos.

Através dos resultados obtidos podemos observar que o método de análise da rentabilidade econômica da rede logística, alocando-se de forma correta os custos incorridos na operação, mostrou-se satisfatória. A redistribuição da rede logística, comparando-se a situação atual com o modelo proposto, fez com que as unidades operacionais tivessem uma visível melhora na MCL individual, acarretando uma melhora também na rede como um todo.

As unidades operacionais com MCL negativa foram fechadas ou melhoraram sua rentabilidade. Já as unidades com MCL positiva tiveram uma maior concentração física nas regiões de maior demanda, visando diminuir a relação custos logísticos versus custos fiscais e, com isso, melhorando suas margens de contribuição.

Também podemos observar que a realocação das unidades, com a abertura ou fechamento de centros de distribuição, terminais de atendimento e fábricas, buscou minimizar os custos fiscais em detrimento dos custos logísticos, representando um pequeno aumento nos custos relativos a distribuição e transferência e uma expressiva diminuição dos custos com impostos; diminuindo-se os custos em geral.

Através desse quadro, percebem-se claramente os *tradeoffs* entre custos logísticos e custos fiscais: para uma redução dos custos com ICMS temos um aumento dos custos com transporte, ou seja, em busca de melhores condições fiscais, a escolha da localidade das unidades operacionais faz com que o caminho percorrido para transferência e distribuição das mercadorias seja maior.

Visto os resultados obtidos pode-se concluir que os objetivos propostos no desenvolvimento deste trabalho foram realizados:

- Foi desenvolvido um modelo matemático que visa maximizar a MCL Total da rede através do conceito de margem de contribuição.
- O modelo se mostrou adequado e permitiu uma melhor realocação da rede logística da empresa, com a abertura ou fechamento de unidades operacionais, melhorando a rentabilidade econômica total da rede estudada.
- A relação custos logísticos e custos fiscais foi abordada, incluindo-se no modelo os custos com ICMS.

Como sugestão de estudos futuros, sugere-se:

- Desenvolver análises de sensibilidade, como a alteração de: escala de operações, preços médios de produtos, níveis de serviço.
- Buscar encontrar a zona de transição entre influência logística e fiscal, ou seja, até que preço de produto os custos logísticos pesam mais e a partir de quando a influência maior é dos custos fiscais.
- Analisar a influência de benefícios fiscais na estrutura logística das empresas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, G.L. OLENIKE, J.E. **A insuportável carga tributária empresarial brasileira**. Instituto Brasileiro de Planejamento Tributário - IBPT. Curitiba, 2004.

BALLOU, Ronald H.; tradução Raul Rubenich. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial**. 5ª edição – Porto Alegre: Bookmann, 2006

BRANDEAU, M.L.; CHIU, S.S. **An overview of representative problems in location research**. Artigo de periódico. Management Science V. 35, nº 6, p. 645-674. Junho, 1989.

BROOKE, A.; KENDRICK, D.; MEERAUS, A.; RAMAN, R. **GAMS – A user's guide**. Washington: GAMS Development Corporation, 1998.

CARRARO, Plínio R.. **Avaliação da influência de aspectos logísticos, fiscais e ambientais no projeto de redes de distribuição física**. São Paulo, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos) - Universidade de São Paulo.

CASSONE, V. **Sistema Tributário Nacional**. São Paulo. Atlas, 1995.

INSTITUTO DE LOGÍSTICA E SUPPLY CHAIN (ILOS) – COPPEAD. Relatório de Pesquisa - **Panorama Logístico: Custos Logísticos do Brasil 2008-2006**. Rio de Janeiro, 2008

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter Gere; tradução Cláudia Freie. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos** – São Paulo: Prentice Hall, 2003, p. 3 - 64, 263 - 338

COSTA, Reinaldo Pacheco. **Análise da Rentabilidade de uma Rede Logística: Novo método de Cálculo** – São Paulo, 2006.

DANTZIG, G. (1951), **Activity Analysis of Production and Allocation: Application of the Simplex Method to a Transportation Problem**, John Willey And Sons, New York.

DANTZIG, G. (1963), **Linear Programming and Extensions**, Princeton University Press, Princeton, N.J.

GEOFFRION, A.M.; G.W. GRAVES. **Multicommodity Distribution System Design by Benders Decomposition**. Management Science V.20, no 5, 1974.

GREENHUNT, Melvin L. **Plant Location in Theory and Practice** - Chapel Hill, NC: University of North Carolina Press, 1956

HILLIER, F. S. E LIEBERMAN, G. J. (1995), **Introduction to Operations Research**, 6ª Edição, Mcgraw-Hill, Inc.,Ny.

HOOVER, Edgard M. **Location Theory and the Shoe and Leather Industries** - Cambridge: Harvard University Press, 1957

ICMS – Disponível em <<http://www.portaltributario.com.br/tributos/icms.html>> Acesso em 05/08/2008

ISARD, Walter et al., **Methods of regional Analysis: an Introduction to Regional Science** - New York: John Wiley & Sons, 1960

ISARD, Walter **Location and Space Economy** - Cambridge: MIT Press, 1968

JONES, C. **Supply Chain management: the key issues**, BPICS Control, Oct. No. 1989

KAPLAN, R.; ATKINSON, A. **Advanced Management Accounting**. 2º Edição. Englewood Cliffs: Prentice Hall International., 1989.

KLOSE; A; DREXL, A. **Facility location models for distribution system design**. Artigo de periódico. European Journal of Operational Research, 2005 V.162, p.4-29.

LAPORTE, Gilbert; CRAINIC, Teodor G. **Planning models for freight transportation**. Artigo de periódico. European Journal of Operational Research, 1997, V. 97 p. 409-438.

LIMA, Mauricio Pimenta. **Custos logísticos na economia brasileira**. Artigo de periódico. Revista Tecnológica, 2006, V.1

LOVE, R.F.; J.G. MORRIS; G.O. WESOLOWSKY. **Facilities location: models & methods**. New York: North-Holland, 1988.

MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. 4º Edição. São Paulo: Atlas, 1990.

MEIRIM, Hélio. **A importância da logística para as empresas brasileiras**. Artigo de publicação www.guialog.com.br. V.5 2006 (em agosto de 2008)

MELO, José Eduardo Soares. **ICMS Teoria e Prática**. 9ª edição – São Paulo: Dialética, 2006.

MENTZER, J. T.; D. J. FLINT; G. T. M. HULT, **Logistics Service Quality as a Segment Customized Process**, Journal of Marketing, 82-104, 2001.

NETTO, J.S.M. **Guerra fiscal entre os estados**. Consultoria Legislativa da câmara dos deputados de Brasília, 2003.

NOVAES, Antônio Galvão. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição**. 3ª edição – Rio de Janeiro: Elsevier, 2004 p. 31-58; 189-210.

OWEN, S. H. DASKIN; M. S. **Strategic facility location: A review**. Artigo de periódico. European Journal of Operational Research, 1998, V. 111 p. 423-447.

PANDOLFI, M.; GUALDA, N. D. F. **Optimal fleet allocation to distribution centres**. Logistic Solutions. Issue 3, p. 24-27, 2002.

PANTALENA, B.G. **Otimização da malha logística de uma indústria química**. Trabalho de Formatura (Graduação) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

RIBEIRO, N.V. **Contribuição ao aperfeiçoamento de sistemas logísticos de distribuição no contexto tributário brasileiro : estudo de caso em indústria de bens de consumo**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

SHAPIRO, J.F. **Modeling the supply chain**. Pacific Grove: Duxbury, 2001 p.2-28

SILVA, Mariana B. **Otimização de redes de distribuição física considerando incentivo fiscal baseado no crédito presumido de ICMS**. São Paulo, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos) - Universidade de São Paulo.

SLACK, Nigel; STUART, Chambers; HARLAND, Christine; HARRISON, Alan; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 1ª edição – São Paulo: Atlas, 1996

VALLIM Filho A.R.A (2004), **Localização de Centros de Transporte e Carga – Uma Contribuição para modelos de otimização**, Tese de Doutorado, Escola Politécnica da USP, São Paulo

WANKE, P. **Aspectos fundamentais do problema de localização de instalações em redes logísticas**. Disponível em: <<http://www.coppead.ufrj.br/fs-public.htm>>. Acesso em 20 de junho de 2010.

YOSHIZAKI, H.T.Y. **Projeto de redes de distribuição física considerando a influência do imposto de circulação de mercadorias e serviços**. 144P. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

Tabela de Incidência de ICMS sobre o Preço Final ao Consumidor – Disponível em <<http://www.deltatranslator.com/taxes.htm>> Acesso em 05/08/2008

APÊNDICE A – TABELA DE ICMS

ICMS Interestadual (Fonte: Portal Tributário)

-	SP	RJ	MG	ES	PR	SC	RS	BA	PE	CE	PB	MA	RN	AL	PI	SE	AM	PA	RO	RR	AC	AP	GO	DF	MT	MS	TO
SP		12	12	7	12	12	12	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
RJ	12		12	7	12	12	12	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
MG	12	12		7	12	12	12	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
ES	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
PR	12	12	12	7		12	12	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
SC	12	12	12	7	12		12	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
RS	12	12	12	7	12	12		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
BA	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
PE	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
CE	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
PB	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
MA	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
RN	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
AL	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
PI	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
SE	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
AM	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	
PA	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	
RO	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	
RR	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	
AC	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	
AP	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	
GO	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	
DF	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	
MT	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	
MS	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		
TO	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	

ICMS Intraestadual (Fonte: Portal Tributário)

Categoria	SP	RJ	MG	ES	PR	SC	RS	BA	PE	CE	PB	MA	RN	AL	PI	SE	AM	PA	RO	RR	AC	AP	GO	DF	MT	MS	TO
P_1	18	19	18	17	18	17	17	19	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
P_2	18	19	25	25	25	25	25	19	25	17	17	17	17	27	25	17	17	17	25	25	17	25	17	17	17	17	17
P_3	25	26	25	25	25	25	25	19	25	17	17	17	25	27	25	25	17	17	25	25	17	25	17	17	25	17	17
P_4	18	26	25	25	25	25	25	19	17	17	17	17	25	27	25	17	17	17	25	25	17	25	17	17	25	17	17
P_5	18	19	18	25	25	25	25	19	17	17	17	17	17	27	25	17	17	17	25	25	17	25	17	17	17	17	17
P_6	18	19	18	25	25	25	25	19	25	17	17	17	17	27	25	25	17	17	25	25	17	25	17	17	17	17	17
P_7	18	19	18	25	25	25	25	19	17	17	17	17	17	27	25	17	17	17	25	25	17	25	17	17	17	17	17
P_8	25	21	25	25	25	25	25	19	25	17	17	17	25	27	25	25	17	17	25	25	17	25	17	17	25	17	17

APÊNDICE B – TABELA DE DEMANDA

Tipo	Mercado	TOTAL	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
L_1	AGRESTE ALAGOANO	24.575	6.318	3.779	4.206	295	3.672	5.882	90	332
L_2	AGRESTE PARAIBANO	56.166	14.440	8.637	9.613	675	8.392	13.444	206	758
L_3	AGRESTE PERNAMBUCANO	106.643	27.417	16.400	18.253	1.282	15.935	25.526	391	1.439
L_4	AGRESTE POTIGUAR	12.258	3.151	1.885	2.098	147	1.832	2.934	45	165
L_5	AGRESTE SERGIPANO	20.212	5.196	3.108	3.460	243	3.020	4.838	74	273
L_6	ARACATUBA	53.377	13.723	8.208	9.136	642	7.976	12.776	196	720
L_7	ARARAQUARA	78.726	20.240	12.107	13.475	946	11.763	18.844	289	1.063
L_8	ASSIS	41.025	10.547	6.309	7.022	493	6.130	9.820	151	554
L_9	BAIXADAS	54.051	13.896	8.312	9.251	650	8.076	12.938	198	730
L_10	BAIXO AMAZONAS	37.371	9.608	5.747	6.396	449	5.584	8.945	137	504
L_11	BAURU	127.682	32.826	19.635	21.854	1.535	19.078	30.562	469	1.723
L_12	BORBOREMA	8.754	2.251	1.346	1.498	105	1.308	2.095	32	118
L_13	CAMPINAS	355.926	91.505	54.735	60.921	4.278	53.182	85.195	1.306	4.804
L_14	CAMPO DAS VERTENTES	30.940	7.954	4.758	5.296	372	4.623	7.406	114	418
L_15	CENTRAL ESPÍRITO-SANTENSE	193.723	49.804	29.791	33.158	2.328	28.946	46.370	711	2.615
L_16	CENTRAL MINEIRA	21.756	5.593	3.346	3.724	261	3.251	5.208	80	294
L_17	CENTRAL POTIGUAR	22.969	5.905	3.532	3.931	276	3.432	5.498	84	310
L_18	CENTRO AMAZONENSE	243.905	62.705	37.508	41.747	2.931	36.444	58.381	895	3.292
L_19	CENTRO FLUMINENSE	30.709	7.895	4.722	5.256	369	4.589	7.351	113	414
L_20	CENTRO GOIANO	233.700	60.082	35.939	40.001	2.809	34.919	55.939	858	3.154
L_21	CENTRO MARANHENSE	39.297	10.103	6.043	6.726	472	5.872	9.406	144	530
L_22	CENTRO NORTE BAIANO	99.721	25.637	15.335	17.068	1.198	14.900	23.869	366	1.346
L_23	CENTRO NORTE DE MATO GROSSO DO SUL	95.685	24.600	14.715	16.378	1.150	14.297	22.903	351	1.292
L_24	CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE	21.056	5.413	3.238	3.604	253	3.146	5.040	77	284
L_25	CENTRO OCIDENTAL RIO-GRANDENSE	42.323	10.881	6.509	7.244	509	6.324	10.130	155	571
L_26	CENTRO ORIENTAL PARANAENSE	39.063	10.043	6.007	6.686	469	5.837	9.350	143	527
L_27	CENTRO ORIENTAL RIO-GRANDENSE	49.425	12.707	7.601	8.460	594	7.385	11.830	181	667
L_28	CENTRO SUL BAIANO	100.113	25.738	15.396	17.136	1.203	14.959	23.963	367	1.351
L_29	CENTRO-NORTE PIAUIENSE	108.747	27.958	16.723	18.613	1.307	16.249	26.030	399	1.468
L_30	CENTRO-SUL CEARENSE	15.288	3.930	2.351	2.617	184	2.284	3.659	56	206
L_31	CENTRO-SUL MATO-GROSSENSE	103.360	26.573	15.895	17.691	1.242	15.444	24.740	379	1.395
L_32	CENTRO-SUL PARANAENSE	25.931	6.667	3.988	4.438	312	3.875	6.207	95	350
L_33	DISTRITO FEDERAL	280.887	72.213	43.195	48.077	3.376	41.970	67.233	1.031	3.791
L_34	EXTREMO OESTE BAIANO	27.470	7.062	4.224	4.702	330	4.105	6.575	101	371
L_35	GRANDE FLORIANÓPOLIS	115.947	29.809	17.831	19.846	1.394	17.325	27.753	426	1.565
L_36	ITAPETININGA	52.175	13.414	8.024	8.930	627	7.796	12.489	192	704
L_37	JAGUARIBE	26.809	6.892	4.123	4.589	322	4.006	6.417	98	362
L_38	JEQUITINHONHA	24.037	6.180	3.696	4.114	289	3.592	5.754	88	324
L_39	LESTE ALAGOANO	112.619	28.953	17.319	19.276	1.354	16.828	26.957	413	1.520
L_40	LESTE DE MATO GROSSO DO SUL	23.650	6.080	3.637	4.048	284	3.534	5.661	87	319
L_41	LESTE GOIANO	72.907	18.744	11.212	12.479	876	10.894	17.451	268	984
L_42	LESTE MARANHENSE	41.393	10.642	6.365	7.085	497	6.185	9.908	152	559
L_43	LESTE POTIGUAR	126.641	32.558	19.475	21.676	1.522	18.923	30.313	465	1.709
L_44	LESTE RONDONIENSE	62.007	15.941	9.536	10.613	745	9.265	14.842	228	837
L_45	LESTE SERGIPANO	102.105	26.250	15.702	17.476	1.227	15.257	24.440	375	1.378
L_46	LITORAL NORTE ESPÍRITO-SANTENSE	48.544	12.480	7.465	8.309	583	7.253	11.620	178	655
L_47	LITORAL SUL PAULISTA	31.134	8.004	4.788	5.329	374	4.652	7.452	114	420
L_48	MACRO METROPOLITANA PAULISTA	227.218	58.415	34.942	38.891	2.731	33.951	54.387	834	3.067
L_49	MADEIRA-GUAPORÉ	57.733	14.843	8.878	9.882	694	8.626	13.819	212	779
L_50	MARAJÓ	8.833	2.271	1.358	1.512	106	1.320	2.114	32	119
L_51	MARILIA	34.209	8.795	5.261	5.855	411	5.112	8.188	126	464
L_52	MATA PARAIBANA	92.159	23.693	14.172	15.774	1.108	13.770	22.059	338	1.244
L_53	MATA PERNAMBUCANA	59.181	15.215	9.101	10.130	711	8.843	14.166	217	799
L_54	METROPOLITANA DE BELEM	247.569	63.647	38.072	42.374	2.975	36.992	59.258	909	3.342
L_55	METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE	529.262	136.067	81.391	90.589	6.361	79.082	126.685	1.943	7.144
L_56	METROPOLITANA DE CURITIBA	285.410	73.376	43.891	48.851	3.430	42.646	68.316	1.048	3.852
L_57	METROPOLITANA DE FORTALEZA	263.612	67.772	40.539	45.120	3.168	39.389	63.098	968	3.558
L_58	METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE	411.642	105.829	63.303	70.457	4.947	61.508	98.531	1.511	5.556
L_59	METROPOLITANA DE RECIFE	347.741	89.400	53.476	59.520	4.179	51.959	83.236	1.276	4.694
L_60	METROPOLITANA DE SALVADOR	353.031	90.760	54.290	60.425	4.243	52.750	84.502	1.296	4.765
L_61	METROPOLITANA DE SÃO PAULO	1.840.154	473.083	282.982	314.964	22.116	274.956	440.461	6.755	24.837
L_62	METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO	1.099.390	282.641	169.066	188.174	13.213	164.271	263.151	4.036	14.839
L_63	NORDESTE BAIANO	53.807	13.833	8.275	9.210	647	8.040	12.879	198	726
L_64	NORDESTE MATO-GROSSENSE	18.207	4.681	2.800	3.116	219	2.720	4.358	67	246
L_65	NORDESTE PARAENSE	76.016	19.543	11.690	13.011	914	11.358	18.195	279	1.026
L_66	NORDESTE RIO-GRANDENSE	90.749	23.331	13.956	15.533	1.091	13.560	21.722	333	1.225
L_67	NOROESTE CEARENSE	43.539	11.193	6.696	7.452	523	6.506	10.422	160	588
L_68	NOROESTE DE MINAS	20.183	5.189	3.104	3.455	243	3.016	4.831	74	272
L_69	NOROESTE ESPÍRITO-SANTENSE	28.856	7.419	4.438	4.939	347	4.312	6.907	106	389
L_70	NOROESTE FLUMINENSE	20.373	5.238	3.133	3.487	245	3.044	4.877	75	275

Tipo	Mercado	TOTAL	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
L_71	NOROESTE GOIANO	9.973	2.564	1.534	1.707	120	1.490	2.387	37	135
L_72	NOROESTE PARANAENSE	46.457	11.944	7.144	7.952	558	6.942	11.120	171	627
L_73	NOROESTE RIO-GRANDENSE	142.354	36.598	21.891	24.366	1.711	21.271	34.074	523	1.921
L_74	NORTE AMAZONENSE	2.643	679	406	452	32	395	633	10	36
L_75	NORTE CATARINENSE	117.563	30.224	18.079	20.122	1.413	17.566	28.140	432	1.587
L_76	NORTE CEARENSE	28.416	7.305	4.370	4.864	342	4.246	6.802	104	384
L_77	NORTE CENTRAL PARANAENSE	155.653	40.017	23.937	26.642	1.871	23.258	37.257	571	2.101
L_78	NORTE DE MINAS	65.259	16.777	10.036	11.170	784	9.751	15.620	240	881
L_79	NORTE DE RORAIMA	44.129	11.345	6.786	7.553	530	6.594	10.563	162	596
L_80	NORTE DO AMAPA	3.158	812	486	541	38	472	756	12	43
L_81	NORTE FLUMINENSE	77.182	19.843	11.869	13.211	928	11.533	18.474	283	1.042
L_82	NORTE GOIANO	15.036	3.866	2.312	2.574	181	2.247	3.599	55	203
L_83	NORTE MARANHENSE	140.762	36.188	21.647	24.093	1.692	21.033	33.693	517	1.900
L_84	NORTE MATO-GROSSENSE	62.643	16.105	9.633	10.722	753	9.360	14.994	230	846
L_85	NORTE PIAUIENSE	25.717	6.612	3.955	4.402	309	3.843	6.156	94	347
L_86	NORTE PIONEIRO PARANAENSE	31.899	8.201	4.905	5.460	383	4.766	7.635	117	431
L_87	OCIDENTAL DO TOCANTINS	60.620	15.585	9.322	10.376	729	9.058	14.510	223	818
L_88	OESTE CATARINENSE	81.095	20.849	12.471	13.880	975	12.117	19.411	298	1.095
L_89	OESTE DE MINAS	60.225	15.483	9.262	10.308	724	8.999	14.416	221	813
L_90	OESTE MARANHENSE	67.778	17.425	10.423	11.601	815	10.127	16.223	249	915
L_91	OESTE PARANAENSE	90.722	23.324	13.951	15.528	1.090	13.556	21.715	333	1.225
L_92	OESTE POTIGUAR	48.540	12.479	7.465	8.308	583	7.253	11.619	178	655
L_93	ORIENTAL DO TOCANTINS	37.831	9.726	5.818	6.475	455	5.653	9.055	139	511
L_94	PANTANAL SUL MATO-GROSSENSE	22.489	5.782	3.458	3.849	270	3.360	5.383	83	304
L_95	PIRACICABA	126.101	32.419	19.392	21.584	1.516	18.842	30.184	463	1.702
L_96	PRESIDENTE PRUDENTE	61.227	15.741	9.416	10.480	736	9.149	14.655	225	826
L_97	RIBEIRAO PRETO	202.367	52.026	31.120	34.638	2.432	30.238	48.439	743	2.731
L_98	SAO FRANCISCO PERNAMBUCANO	28.685	7.375	4.411	4.910	345	4.286	6.866	105	387
L_99	SAO JOSE DO RIO PRETO	132.192	33.985	20.329	22.626	1.589	19.752	31.642	485	1.784
L_100	SERRANA	27.825	7.154	4.279	4.763	334	4.158	6.660	102	376
L_101	SERTAO ALAGOANO	10.787	2.773	1.659	1.846	130	1.612	2.582	40	146
L_102	SERTAO PARAIBANO	33.708	8.666	5.184	5.770	405	5.037	8.068	124	455
L_103	SERTAO PERNAMBUCANO	39.107	10.054	6.014	6.694	470	5.843	9.361	144	528
L_104	SERTAO SERGIPANO	7.267	1.868	1.118	1.244	87	1.086	1.739	27	98
L_105	SERTOES CEARENSES	29.837	7.671	4.588	5.107	359	4.458	7.142	110	403
L_106	SUDESTE MATO-GROSSENSE	35.061	9.014	5.392	6.001	421	5.239	8.392	129	473
L_107	SUDESTE PARAENSE	82.586	21.232	12.700	14.136	993	12.340	19.768	303	1.115
L_108	SUDESTE PARANAENSE	17.526	4.506	2.695	3.000	211	2.619	4.195	64	237
L_109	SUDESTE PIAUIENSE	18.679	4.802	2.872	3.197	224	2.791	4.471	69	252
L_110	SUDESTE RIO-GRANDENSE	59.117	15.198	9.091	10.119	710	8.833	14.150	217	798
L_111	SUDOESTE AMAZONENSE	4.280	1.100	658	733	51	640	1.024	16	58
L_112	SUDOESTE DE MATO GROSSO DO SUL	62.610	16.096	9.628	10.716	752	9.355	14.986	230	845
L_113	SUDOESTE MATO-GROSSENSE	21.047	5.411	3.237	3.602	253	3.145	5.038	77	284
L_114	SUDOESTE PARAENSE	28.126	7.231	4.325	4.814	338	4.203	6.732	103	380
L_115	SUDOESTE PARANAENSE	25.790	6.630	3.966	4.414	310	3.854	6.173	95	348
L_116	SUDOESTE PIAUIENSE	18.500	4.756	2.845	3.166	222	2.764	4.428	68	250
L_117	SUDOESTE RIO-GRANDENSE	49.735	12.786	7.648	8.513	598	7.431	11.905	183	671
L_118	SUL AMAZONENSE	6.301	1.620	969	1.078	76	941	1.508	23	85
L_119	SUL BAIANO	115.927	29.804	17.827	19.842	1.393	17.322	27.748	426	1.565
L_120	SUL CATARINENSE	74.614	19.182	11.474	12.771	897	11.149	17.860	274	1.007
L_121	SUL CEARENSE	38.051	9.782	5.852	6.513	457	5.686	9.108	140	514
L_122	SUL DE RORAIMA	4.728	1.216	727	809	57	706	1.132	17	64
L_123	SUL DO AMAPA	73.484	18.892	11.300	12.578	883	10.980	17.589	270	992
L_124	SUL ESPIRITO-SANTENSE	36.565	9.400	5.623	6.259	439	5.464	8.752	134	494
L_125	SUL FLUMINENSE	92.346	23.741	14.201	15.806	1.110	13.798	22.104	339	1.246
L_126	SUL GOIANO	83.012	21.341	12.766	14.208	998	12.404	19.870	305	1.120
L_127	SUL MARANHENSE	17.536	4.508	2.697	3.001	211	2.620	4.197	64	237
L_128	SUL/SUDOESTE DE MINAS	126.381	32.491	19.435	21.632	1.519	18.884	30.251	464	1.706
L_129	TRIANGULO MINEIRO/ALTO PARANAIBA	155.763	40.045	23.953	26.661	1.872	23.274	37.284	572	2.102
L_130	VALE DO ACRE	42.779	10.998	6.579	7.322	514	6.392	10.240	157	577
L_131	VALE DO ITAJAI	145.584	37.428	22.388	24.918	1.750	21.753	34.847	534	1.965
L_132	VALE DO JURUA	8.011	2.060	1.232	1.371	96	1.197	1.918	29	108
L_133	VALE DO MUCURI	18.579	4.776	2.857	3.180	223	2.776	4.447	68	251
L_134	VALE DO PARAIBA PAULISTA	214.030	55.025	32.914	36.634	2.572	31.980	51.230	786	2.889
L_135	VALE DO RIO DOCE	103.321	26.563	15.889	17.685	1.242	15.438	24.731	379	1.395
L_136	VALE SAO-FRANCISCANO DA BAHIA	42.435	10.910	6.526	7.263	510	6.341	10.157	156	573
L_137	ZONA DA MATA	125.996	32.392	19.376	21.566	1.514	18.826	30.159	462	1.701
Total	=		3.583.163	2.143.323	2.385.553	167.506	2.082.536	3.336.073	51.164	188.123

APÊNDICE C – TABELA DE DISTRIBUIÇÃO

Distribuição Atual

Terminal	UF	Mercado	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Belo Horizonte	MG	JEQUITINHONHA	3.519	3.696	4.114					
		METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE	136.067	81.391	90.589	6.361	79.082	126.685	1.943	7.144
		NORTE DE MINAS	10.927	10.036	11.170	784	9.751	15.620	240	881
Campinas	SP	ARARAQUARA	20.240	12.107	13.475	946	11.763	18.844	289	1.063
		CAMPINAS	91.505	54.735	60.921	4.278	53.182	85.195	1.306	4.804
		MACRO METROPOLITANA PAULISTA	58.415					35.244	834	3.067
		METROPOLITANA DE SAO PAULO					192.938	341.992	6.755	
		PIRACICABA	32.419	19.392	21.584	1.516	18.842	30.184	463	1.702
Franca	SP	DISTRITO FEDERAL	72.213	43.195	48.077	3.376	41.970	67.233	1.031	3.791
		EXTREMO OESTE BAIANO	7.062	4.224	4.702	330	4.105	6.575	101	371
		LESTE GOIANO	18.744	11.212	12.479	876	10.894	17.451	268	984
		MARAJÓ	2.271	1.358	1.512	106	1.320	2.114	32	119
		METROPOLITANA DE BELEM	63.647	38.072	42.374	2.975	36.992	59.258	909	3.342
		NORDESTE PARAENSE	19.543	11.690	13.011	914	11.358	18.195	279	1.026
		NOROESTE DE MINAS	5.189	3.104	3.455	243	3.016	4.831	74	272
		NORTE DO AMAPÁ	812	486	541	38	472	756	12	43
		NORTE GOIANO	3.866	2.312	2.574	181	2.247	3.599	55	203
		OCIDENTAL DO TOCANTINS	15.585	9.322	10.376	729	9.058	14.510	223	818
		ORIENTAL DO TOCANTINS	9.726	5.818	6.475	455	5.653	9.055	139	511
		SUDESTE PARAENSE	21.232	12.700	14.136	993	12.340	19.768	303	1.115
		SUL DO AMAPÁ	636	11.300	12.578	883	10.980	17.589	270	992
		SUL MARANHENSE	4.508	2.697	3.001	211	1.253			
Governador Valadares	MG	JEQUITINHONHA	2.661			289	3.592	5.754	88	324
		VALE DO MUCURI	4.776	2.857	3.180	223	2.776	4.447	68	251
		VALE DO RIO DOCE	25.919		17.685			24.731	379	
Matias Barbosa	MG	METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO	282.641	169.066	188.174	13.213	164.271	163.151	4.036	14.839
		NOROESTE ESPIRITO-SANTENSE	5.962	4.438	4.939	347	4.312	6.907	106	389
		SUL ESPIRITO-SANTENSE	3.123	5.623	2.792	439			134	494
		VALE DO RIO DOCE	644	15.889		1.242	15.438			1.395
		ZONA DA MATA	32.392	19.376	21.566	1.514	18.826	30.159	462	1.701
Nova Friburgo	RJ	BAIXADAS	13.896	8.312	9.251	650	8.076	12.938	198	730
		CENTRO FLUMINENSE	7.895	4.722	5.256	369	4.589	7.351	113	414
		NOROESTE FLUMINENSE	5.238	3.133	3.487	245	3.044	4.877	75	275
		NORTE FLUMINENSE	19.843	11.869	13.211	928	11.533	18.474	283	1.042
		SUL ESPIRITO-SANTENSE			3.467		5.464	8.752		
Pouso Alegre	MG	CENTRAL MINEIRA	5.593	3.346	3.724	261		388	80	
		OESTE DE MINAS	15.483	9.262	10.308	724	8.999	14.416	221	813
		SUL/SUDOESTE DE MINAS	32.491	19.435	21.632	1.519	18.884	30.251	464	1.706
Santos	SP	METROPOLITANA DE SAO PAULO	473.083	282.982	314.964	22.116	82.018			24.837
São José dos Campos	SP	CAMPO DAS VERTENTES	7.954	4.758	5.296	372	4.623	7.406	114	418
		CENTRAL MINEIRA					3.251	4.820		294
		METROPOLITANA DE SAO PAULO						98.469		
		NORTE DE MINAS	5.850							
		SUL FLUMINENSE		5.197			13.798	22.104		1.246
		VALE DO PARAIBA PAULISTA	55.025	32.914	36.634	2.572	31.980	51.230	786	2.889
Sorocaba	SP	ARACATUBA	13.723	8.208	9.136	642	7.976	12.776	196	720
		ASSIS	10.547	6.309	7.022	493	6.130	9.820	151	554
		BAURU	32.826	19.635	21.854	1.535	19.078	30.562	469	1.723
		CENTRO NORTE DE MATO GROSSO DO SUL	24.600	14.715	16.378	1.150	14.297	22.903	351	1.292
		CENTRO ORIENTAL PARANAENSE	10.043	6.007	6.686	469	5.837	9.350	143	527
		CENTRO-SUL MATO-GROSSENSE	12.791							
		ITAPETININGA	13.414	8.024	8.930	627	7.796	12.489	192	704
		LESTE DE MATO GROSSO DO SUL	6.080	3.637	4.048	284	3.534	5.661	87	319
		LITORAL SUL PAULISTA	8.004	4.788	5.329	374	4.652	7.452	114	420
		MACRO METROPOLITANA PAULISTA		34.942	38.891	2.731	33.951	19.143		
		MARILIA	8.795	5.261	5.855	411	5.112	8.188	126	462
		METROPOLITANA DE CURITIBA	73.376	43.891	48.851	3.430	42.646	68.316	1.048	3.852
		NOROESTE PARANAENSE	7.661						171	
		NORTE CENTRAL PARANAENSE	40.017	23.937	26.642	1.871	23.258	37.257	571	2.101
		NORTE PIONEIRO PARANAENSE	8.201	4.905	5.460	383	4.766	7.635	117	431
		PRESIDENTE PRUDENTE	15.741	9.416	10.480	736	9.149	14.655	225	826
		SUDESTE PARANAENSE	4.506	2.695	3.000	211	2.619	4.195	64	237
Volta redonda	RJ	SUL FLUMINENSE	23.741	9.004	15.806	1.110			339	
Rio de Janeiro	RJ	METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO						100.000		
Cachoeiro de Itapemirim	ES	CENTRAL ESPIRITO-SANTENSE	49.804	29.791	33.158	2.328	28.946	46.370	711	2.615
		SUL ESPIRITO-SANTENSE	6.277							
Colatina	ES	LITORAL NORTE ESPIRITO-SANTENSE	12.480	7.465	8.309	583	7.253	11.620	178	655
		NOROESTE ESPIRITO-SANTENSE	1.457							

Terminal	UF	Mercado	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Feira de Santana	BA	CENTRO MARANHENSE	10.103	6.043	6.726	472	5.872	9.406	144	530
		CENTRO NORTE BAIANO	25.637	15.335	17.068	1.198	14.900	23.869	366	1.346
		CENTRO-NORTE PIAUIENSE	27.958	16.723	18.613	1.307	16.249	26.030	399	1.468
		CENTRO-SUL CEARENSE	3.930	2.351	2.617	184	2.284	3.659	56	206
		LESTE MARANHENSE	10.642	6.365	7.085	497	6.185	9.908	152	559
		NOROESTE CEARENSE	11.193	6.696	7.452	523	6.506	10.422	160	588
		NORTE CEARENSE	7.305	4.370	4.864	342	4.246	6.802	104	384
		NORTE MARANHENSE	36.188	21.647	24.093	1.692	21.033	33.693	517	1.900
		NORTE PIAUIENSE	6.612	3.955	4.402	309	3.843	6.156	94	347
		OESTE MARANHENSE	17.425	10.423	11.601	815	10.127	16.223	249	915
		SAO FRANCISCO PERNAMBUCANO	7.375	4.411	4.910	345	4.286	6.866	105	387
		SERTAO PERNAMBUCANO	7.289							
		SERTOES CEARENSES	7.671	4.588	5.107	359	4.458	7.142	110	403
		SUDESTE PIAUIENSE	4.802	2.872	3.197	224	2.791	4.471	69	252
		SUDOESTE PIAUIENSE	4.756	2.845	3.166	222	2.764	4.428	68	250
		SUL CEARENSE	9.782	5.852	6.513	457	5.686	9.108	140	514
		SUL MARANHENSE					1.367	4.197	64	237
		VALE SAO-FRANCISCANO DA BAHIA	10.910	6.526	7.263	510	6.341	10.157	156	573
		SUL BAIANO	13.877	17.827	19.842	1.393	17.322	27.748	426	1.565
Itabuna Salvador	BA	AGRESTE POTIGUAR	3.151	1.885	2.098	147	1.832	2.934	45	165
		AGRESTE SERGIPANO	5.196	3.108	3.460	243	3.020	4.838	74	273
		BORBOREMA	2.251	1.346	1.498	105	1.308	2.095	32	118
		CENTRAL POTIGUAR	5.905	3.532	3.931	276	3.432	5.498	84	310
		CENTRO SUL BAIANO	25.738	15.396	17.136	1.203	14.959	23.963	367	1.351
		JAGUARIBE	6.892	4.123	4.589	322	4.006	6.417	98	362
		LESTE POTIGUAR		13.674	21.676	1.522	18.923	30.313	465	1.709
		LESTE SERGIPANO	26.250	15.702	17.476	1.227	15.257	24.440	375	1.378
		METROPOLITANA DE FORTALEZA	67.772	40.539	45.120	3.168	39.389	63.098	968	3.558
		METROPOLITANA DE SALVADOR	90.760	54.290	60.425	4.243	52.750	84.502	1.296	4.765
		NORDESTE BAIANO	13.833	8.275	9.210	647	8.040	12.879	198	726
		OESTE POTIGUAR	12.479	7.465	8.308	583	7.253	11.619	178	655
		SERTAO ALAGOANO	2.773	1.659	1.846	130	1.612	2.582	40	146
		SERTAO PARAIBANO	8.666	5.184	5.770	405	5.037	8.068	124	455
		SERTAO PERNAMBUCANO	2.765	6.014	6.694	470	5.843	9.361	144	528
		SERTAO SERGIPANO	1.868	1.118	1.244	87	1.086	1.739	27	98
		SUL BAIANO	15.927							
João Pessoa	PB	MATA PARAIBANA	21.236	14.172	587	1.108			338	
		MATA PARAIBANA			15.187		13.770	22.059		1.244
Recife	PE	METROPOLITANA DE RECIFE	89.400	53.476	59.520	4.179	51.959	83.236	1.276	4.694
		METROPOLITANA DE RECIFE	89.400	53.476	59.520	4.179	51.959	83.236	1.276	4.694
Aracajú	SE	AGRESTE ALAGOANO	6.318	3.779	4.206	295	3.672	5.882	90	332
		AGRESTE PARAIBANO	14.440	8.637	9.613	675	8.392	13.444	206	758
		AGRESTE PERNAMBUCANO	27.417	16.400	18.253	1.282	15.935	25.526	391	1.439
		LESTE ALAGOANO	28.953	17.319	19.276	1.354	16.828	26.957	413	1.520
		LESTE POTIGUAR	32.558	5.801						
		MATA PARAIBANA	2.457							
		MATA PERNAMBUCANA	15.215	9.101	10.130	711	8.843	14.166	217	799
		MATA PERNAMBUCANA	15.215	9.101	10.130	711	8.843	14.166	217	799
Passo Fundo	RS	CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE	5.413	3.238	3.604	253	3.146	5.040	77	284
		CENTRO-SUL PARANAENSE				27	3.875	6.207		350
		LESTE RONDONIENSE	15.941	9.536	10.613	745	9.265	14.842	228	837
		MADEIRA-GUAPORE	14.843	8.878	9.882	694	8.626	13.819	212	779
		NOROESTE PARANAENSE	4.283	7.144	7.952	558	6.942	11.120		627
		NOROESTE RIO-GRANDENSE	36.598	21.891	24.366	1.711	21.271	34.074	523	1.921
		NORTE AMAZONENSE	679	406	452	32	395	633	10	36
		OESTE CATARINENSE	20.849	12.471	13.880	975	12.117	19.411	298	1.095
		OESTE PARANAENSE	23.324	13.951	15.528	1.090	13.556	21.715	333	1.225
		PANTANAL SUL MATO-GROSSE	5.782	3.458	3.849	270	3.360	5.383	83	304
		SUDOESTE AMAZONENSE	1.100	658	733	51	640	1.024	16	58
		SUDOESTE DE MATO GROSSO DO SUL	16.096	9.628	10.716	752	9.355	14.986	230	845
		SUDOESTE MATO-GROSSE	5.411	3.237	3.602	253	3.145	5.038	77	284
		SUDOESTE PARANAENSE	6.630	3.966	4.414	310	3.854	6.173	95	348
		SUL AMAZONENSE	1.620	969	1.078	76	941	1.508	23	85
		VALE DO ACRE	10.998	6.579	7.322	514	6.392	10.240	157	577
		VALE DO JURUA	2.060	1.232	1.371	96	1.197	1.918	29	108
Porto Alegre	RS	CENTRO OCIDENTAL RIO-GRANDENSE	10.881	6.509	7.244	509	6.324	10.130	155	571
		CENTRO ORIENTAL RIO-GRANDENSE	12.707	7.601	8.460	594	7.385	11.830	181	667
		CENTRO-SUL PARANAENSE	6.667	3.988	4.438	285			95	
		METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE	105.829	63.303	70.457	4.947	61.508	98.531	1.511	5.556
		NORDESTE RIO-GRANDENSE	23.331	13.956	15.533	1.091	13.560	21.722	333	1.225

Distribuição Proposta

Terminal	UF	Mercado	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8
Belo Horizonte	MG	CENTRO NORTE BAIANO	25637	15335	17068	1198	14900	23869	366	1346
		CENTRO SUL BAIANO	25738	15396	17136	1203	14959	23963	367	1351
		CENTRO-NORTE PIAUIENSE	27958	16723	18613	1307	16249	26030	399	1468
		CENTRO-SUL CEARENSE	3930	2351	2617	184	2284	3659	56	206
		METROPOLITANA DE FORTALEZA	67772	40539	45120	3168	39389	63098	968	3558
		NOROESTE CEARENSE	11193	6696	7452	523	6506	10422	160	588
		NORTE CEARENSE	7305	4370	4864	342	4246	6802	104	384
		SAO FRANCISCO PERNAMBUCANO		1978	4910		4286			387
		SERTOES CEARENSES	7671	4588	5107	359	4458	7142	110	403
		SUDESTE PIAUIENSE	4802	2872	3197	224	2791		69	252
		SUL CEARENSE	9782	5852	6513	457	5686	9108	140	514
		VALE SAO-FRANCISCANO DA BAHIA	10910	6526	7263	510	6341	10157	156	573
		CENTRO ORIENTAL RIO-GRANDENSE	12707	7601	8460	594	7385	896	181	667
		METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE	105829	63303	70457	4947	61508	98531	1511	5556
Blumenau	SC	NORDESTE RIO-GRANDENSE	23331	13956	15533	1091	13560	21722	333	1225
		SUDESTE RIO-GRANDENSE	15198	9091	10119	710	8833	14150	217	798
		ARACATUBA		8208						
		ARARAQUARA		12107						
Campinas	SP	BAIXO AMAZONAS	9608	5747	6396	449	5584	8945	137	504
		CAMPINAS		54735						
		CENTRO AMAZONENSE	62705	37508	41747	2931	36444	58381	895	3292
		CENTRO GOIANO	7735							
		CENTRO-SUL MATO-GROSSENSE	26573	15895	17691	1242	15444	24740	379	1395
		EXTREMO OESTE BAIANO	7062	4224	4702	330	4105	6575	101	371
		LESTE MARANHENSE	10642	6365	7085	497	6185	9908	152	559
		LESTE RONDONIENSE	15941	9536	10613	745	9265	14842	228	837
		MACRO METROPOLITANA PAULISTA		34942			810			
		NORDESTE MATO-GROSSENSE	4681	2800	3116	219	2720	4358	67	246
		NOROESTE DE MINAS	5189	3104	3455	243	3016	4831	74	272
		NOROESTE GOIANO	2564	1534	1707	120	1490	2387	37	135
		NORTE AMAZONENSE	679	406	452	32	395	633	10	36
		NORTE DE RORAIMA	11345	6786	7553	530	6594	10563	162	596
		NORTE MATO-GROSSENSE	16105	9633	10722	753	9360	14994	230	846
		PIRACICABA		19392						
		RIBEIRAO PRETO		31120						
		SAO JOSE DO RIO PRETO		20329						
		SUDESTE MATO-GROSSENSE	9014	5392	6001	421	5239	8392	129	473
		SUDOESTE MATO-GROSSENSE	5411	3237	3602	253	3145	5038	77	284
		SUDOESTE PARAENSE	7231	4325	4814	338	4203	6732	103	380
		SUDOESTE PIAUIENSE			471		2764		68	
		SUL AMAZONENSE	1620	969	1078	76	941	1508	23	85
		SUL DE RORAIMA	1216	727	809	57	706	1132	17	64
		SUL GOIANO	21341	12766	14208	998	12404	19870	305	1120
		TRIANGULO MINEIRO/ALTO PARANAIBA	40045	23953	26661	1872	23274	37284	572	2102
Campo Grande	MS	NOROESTE FLUMINENSE					3044	1481		
		NORTE FLUMINENSE	19843	11869	13211	928	11533	18474	283	1042
Curitiba	PR	ARACATUBA	10244		9136		7976			
		ASSIS	10547	6309	7022	493	6130	9820	151	554
		BAURU	32826		21854	1535	19078	30562	469	1723
		CENTRO OCIDENTAL RIO-GRANDENSE	10881	6509	7244	509	6324	10130	155	571
		CENTRO ORIENTAL RIO-GRANDENSE						10934		
		ITAPETININGA	13414		8930	627	7796	12489	192	704
		LITORAL SUL PAULISTA	8004		5329	374	4652	7452	114	420
		MARILIA	8795		5855	411	5112	8188	126	462
		NOROESTE RIO-GRANDENSE	36598	21891	24366	1711	21271	34074	523	1921
		NORTE CATARINENSE	30224	18079	20122	1413	17566	28140	432	1587
		OESTE CATARINENSE	20849	12471	13880	975	12117	19411	298	1095
		PIRACICABA	32419		21584	1516	18842	30184	463	1702
		SERRANA	7154	4279	4763	334	4158	6660	102	376
		SUDOESTE RIO-GRANDENSE	12786	7648	8513	598	7431	11905	183	671
		VALE DO ITAJAI	37428	22388	24918	1750	21753	34847	534	1965
Franca	SP	CENTRO MARANHENSE	10103	6043	6726	472	5872	9406	144	530
		DISTRITO FEDERAL	72213	43195	48077	3376	41970	67233	1031	3791
		LESTE GOIANO	18744	11212	12479	876	10894	17451	268	984
		MARAJÓ	2271	1358	1512	106	1320	2114	32	119
		METROPOLITANA DE BELEM	63647	38072	42374	2975	36992	59258	909	3342
		NORDESTE PARAENSE	19543	11690	13011	914	11358	18195	279	1026
		NORTE DO AMAPA	812	486	541	38	472	756	12	43

Terminal	UF	Mercado	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Franca	SP	NORTE GOIANO	3866	2312	2574	181	2247	3599	55	203
		NORTE MARANHENSE	36188	21647	24093	1692	21033	33693	517	1900
		OCIDENTAL DO TOCANTINS	15585	9322	10376	729	9058	14510	223	818
		OESTE MARANHENSE	17425	10423	11601	815	10127	16223	249	915
		ORIENTAL DO TOCANTINS	9726	5818	6475	455	5653	9055	139	511
		SUDESTE PARAENSE	21232	12700	14136	993	12340	19768	303	1115
		SUL DO AMAPA	13330	11300	12578		10980			992
		SUL MARANHENSE	4508	2697	3001	211	2620	4197	64	237
Governador Valadares	MG	AGRESTE ALAGOANO	6318	3779	4206	295	3672	5882	90	332
		AGRESTE PARAIBANO	14440	8637	9613	675	8392	13444	206	758
		AGRESTE PERNAMBUCANO	27417	16400	18253	1282	15935	25526	391	1439
		AGRESTE POTIGUAR	3151	1885	2098	147	1832	2934	45	165
		AGRESTE SERGIPANO	5196	3108	3460	243	3020	4838	74	273
		BORBOREMA	2251	1346	1498	105	1308	2095	32	118
		CENTRAL POTIGUAR	5905	3532	3931	276	3432	5498	84	310
		JAGUARIBE	6892	4123	4589	322	4006	6417	98	362
		LESTE POTIGUAR	32558	19475	21676	1522	18923	30313	465	1709
		LESTE SERGIPANO	26250	15702	17476	1227	15257	24440	375	1378
		MATA PARAIBANA	23693	14172	15774	1108	13770	22059	338	1244
		METROPOLITANA DE SALVADOR	90760	54290	60425	4243	52750	84502	1296	4765
		NORDESTE BAIANO	13833	8275	9210	647	8040	12879	198	726
		OESTE POTIGUAR	12479	7465	8308	583	7253	11619	178	655
		SAO FRANCISCO PERNAMBUCANO	7375	2433		345		6866	105	
		SERTAO ALAGOANO	2773	1659	1846	130	1612	2582	40	146
		SERTAO PARAIBANO	8666	5184	5770	405	5037	8068	124	455
		SERTAO PERNAMBUCANO	10054	6014	6694	470	5843	9361	144	528
		SERTAO SERGIPANO	1868	1118	1244	87	1086	1739	27	98
		SUL BAIANO	29804	5971						1565
Londrina	PR	ARACATUBA	3479			642		12776	196	720
		PRESIDENTE PRUDENTE	15741	9416	10480	736	9149	14655	225	826
		SUDOESTE DE MATO GROSSO DO SUL	16096	4863						
Matias Barbosa	MG	BAIXADAS	13896	8312	9251	650	8076	12938	198	730
		CENTRO FLUMINENSE	7895	4722	5256	369	4589	7351	113	414
		METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO	282641	169066	188174	13213	164271	263151	4036	14839
		NOROESTE FLUMINENSE	5238	3133	3487	245		3396	75	275
Nova Friburgo	RJ	CENTRAL ESPIRITO-SANTENSE	49804	29791	33158	2328	28946	46370	711	2615
		JEQUITINHONHA	6180	3696	4114	289	3592	5754	88	324
		LITORAL NORTE ESPIRITO-SANTENSE	12480	5594	8309	583	7253	11620	178	655
		NOROESTE ESPIRITO-SANTENSE	7419	4438	4939	347	4312	6907	106	389
		SUL ESPIRITO-SANTENSE	9400	5623	6259	439	5464	8752	134	494
		VALE DO MUCURI	4776	2857	3180	223	2776	4447	68	251
		VALE DO RIO DOCE	26563	15889	17685	1242	15438	24731	379	1395
		ZONA DA MATA	32392	19376	21566	1514	18826	30159	462	1701
Pouso Alegre	MG	CAMPINAS	91505		60921	4278	53182	85195	1306	4804
		MACRO METROPOLITANA PAULISTA	58415		38891	2731	33141	54387	834	3067
		METROPOLITANA DE SAO PAULO	473083		212144	22116				
Santos	SP	METROPOLITANA DE SAO PAULO		282982			52962			
		SUL CATARINENSE	19182	916	12771	897	11149	17860	274	1007
São José dos Campos	SP	CAMPO DAS VERTENTES	7954	4758	5296	372	4623	7406	114	418
		CENTRAL MINEIRA	5593	3346	3724	261	3251	5208	80	294
		METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE	136067	81391	90589	6361	79082	126685	1943	7144
		NORTE DE MINAS	16777	10036	11170	784	9751	15620	240	881
		NORTE PIAUIENSE	6612	3955	4402	309	3843	6156	94	347
		OESTE DE MINAS	15483	9262	10308	724	8999	14416	221	813
		SUDOESTE PIAUIENSE	4756	2845	2695	222		4428		250
		SUL FLUMINENSE	23741	14201	15806	1110	13798	22104	339	1246
		SUL/SUDOESTE DE MINAS	32491	19435	21632	1519	18884	30251	464	1706
		VALE DO PARAIBA PAULISTA		32914						
São Mateus	SP	LESTE ALAGOANO	28953	17319	19276	1354	16828	26957	413	1520
		LITORAL NORTE ESPIRITO-SANTENSE		1871						
		MATA PERNAMBUCANA	15215	9101	10130	711	8843	14166	217	799
		METROPOLITANA DE RECIFE	89400	53476	59520	4179	51959	83236	1276	4694
		SUL BAIANO		11856	19842	1393	17322	27748	426	
Sorocaba	SP	BAURU		19635						
		CENTRO NORTE DE MATO GROSSO DO SUL	24600	14715	16378	1150	14297	22903	351	1292
		CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE	5413	3238	3604	253	3146	5040	77	284
		CENTRO ORIENTAL PARANAENSE	10043	6007	6686	469	5837	9350	143	527
		CENTRO-SUL PARANAENSE	6667	3988	4438	312	3875	6207	95	350

Terminal	UF	Mercado	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Sorocaba	SP	GRANDE FLORIANOPOLIS	29809	17831	19846	1394	17325	27753	426	1565
		ITAPETININGA		8024						
		LESTE DE MATO GROSSO DO SUL	6080	3637	4048	284	3534	5661	87	319
		LITORAL SUL PAULISTA		4788						
		MADEIRA-GUAPORE	14843	8878	9882	694	8626	13819	212	779
		MARILIA		5261						
		METROPOLITANA DE CURITIBA	73376	43891	48851	3430	42646	68316	1048	3852
		NOROESTE PARANAENSE	11944	7144	7952	558	6942	11120	171	627
		NORTE CENTRAL PARANAENSE	40017	23937	26642	1871	23258	37257	571	2101
		NORTE PIONEIRO PARANAENSE	8201	4905	5460	383	4766	7635	117	431
		OESTE PARANAENSE	23324	13951	15528	1090	13556	21715	333	1225
		PANTANAL SUL MATO-GROSSE	5782	3458	3849	270	3360	5383	83	304
		SUDESTE PARANAENSE	4506	2695	3000	211	2619	4195	64	237
		SUDOESTE AMAZONENSE	1100	658	733	51	640	1024	16	58
		SUDOESTE DE MATO GROSSO DO SUL		4765	10716	752	9355	14986	230	845
		SUDOESTE PARANAENSE	6630	3966	4414	310	3854	6173	95	348
		SUL CATARINENSE		10558						
		VALE DO ACRE	10998	6579	7322	514	6392	10240	157	577
		VALE DO JURUA	2060	1232	1371	96	1197	1918	29	108
Uberlândia	MG	ARARAQUARA	20240		13475	946	11763	18844	289	1063
		CENTRO GOIANO	52347	35939	40001	2809	34919	55939	858	3154
		RIBEIRAO PRETO	52026		34638	2432	30238	48439	743	2731
		SAO JOSE DO RIO PRETO	33985		22626	1589	19752	31642	485	1784
		SUL DO AMAPA	5562			883		17589	270	
Volta redonda	RJ	METROPOLITANA DE SAO PAULO			102820		221994	440461	6755	24837
		VALE DO PARAIBA PAULISTA	55025		36634	2572	31980	51230	786	2889

APÊNDICE D – MODELO EM GAMS

\$ TITLE TF Luiz Freitas

\$ OFFUPPER

* INDICES

* =====
* =====

SETS

I indice para fabricas / I_1 * I_4 /
J indice para CDs / J_1 * J_5 /
K indice para terminais / K_1 * K_80 /
L indice para mercados / L_1 * L_137 /
P indice para produtos / P_1 * P_8 /
N indice para tam CDs / N_1 * N_5 /
M indice para tam terminais / M_1 * M_8 /

;

* PARAMETROS

* =====
* =====

PARAMETER Dem(L,P) demanda do produto p no mercado l ;

\$include "C:\Users\Luiz Henrique\Documents\Trabalhos Poli\10ºSemestre\Dem.prn"

PARAMETER CapF(I,P) capacidade de fabrica i para o produto p;

*CapF(I,P) = 0;
*CapF('I_1','P_1') = 600000 ;
*CapF('I_2','P_8') = 15000 ;
*CapF('I_3','P_1') = 4100000 ;
*CapF('I_3','P_2') = 2700000 ;
*CapF('I_3','P_3') = 3000000 ;
*CapF('I_3','P_4') = 210000 ;
*CapF('I_3','P_5') = 2600000 ;
*CapF('I_3','P_6') = 4200000 ;
*CapF('I_3','P_7') = 64000 ;
*CapF('I_3','P_8') = 207000 ;
*CapF('I_4','P_6') = 5000 ;
*CapF('I_4','P_8') = 30000 ;

CapF(I,P) = 0;
CapF('I_1','P_1') = 349724 ;
CapF('I_2','P_8') = 7717 ;
CapF('I_3','P_1') = 3233439 ;
CapF('I_3','P_2') = 2143323 ;
CapF('I_3','P_3') = 2385553 ;
CapF('I_3','P_4') = 167506 ;
CapF('I_3','P_5') = 2082536 ;
CapF('I_3','P_6') = 3334005 ;

```
CapF('I_3','P_7') = 51164 ;
CapF('I_3','P_8') = 164893 ;
CapF('I_4','P_6') = 2068 ;
CapF('I_4','P_8') = 15513 ;
```

PARAMETER CapCD(J,N) capacidade do CD j nível n ;

```
*$include "C:\Users\Luiz Henrique\Documents\Trabalhos Poli\10ºSemestre\CapCD.prn"
*CapCD(J,'N_1')= 1000000;
*CapCD(J,'N_2')= 2500000;
*CapCD(J,'N_3')= 3500000;
*CapCD(J,'N_4')= 7000000;
*CapCD(J,'N_5')= 8500000;
```

```
CapCD(J,N)= 0;
CapCD('J_1','N_4')= 7000000;
CapCD('J_2','N_2')= 2500000;
CapCD('J_3','N_3')= 1500000;
CapCD('J_4','N_3')= 2500000;
CapCD('J_5','N_2')= 1500000;
```

PARAMETER CapTA(K,M) capacidade do terminal k no nível m ;

```
*$include "C:\Users\Luiz Henrique\Documents\Trabalhos Poli\10ºSemestre\CapTA.prn"
CapTA(K,'M_1')= 50000;
CapTA(K,'M_2')= 100000;
CapTA(K,'M_3')= 200000;
CapTA(K,'M_4')= 400000;
CapTA(K,'M_5')= 600000;
CapTA(K,'M_6')= 800000;
CapTA(K,'M_7')= 1000000;
CapTA(K,'M_8')= 1200000;
```

PARAMETER CusTrF(I,J) custos de transferencia da fabrica i para o CD j ;

```
$include "C:\Users\Luiz Henrique\Documents\Trabalhos Poli\10ºSemestre\CusTrF.prn"
```

PARAMETER CusTrCD(J,K) custos de transferência do CD j para o terminal k ;

```
$include "C:\Users\Luiz Henrique\Documents\Trabalhos Poli\10ºSemestre\CusTrCD.prn"
```

PARAMETER CusTA(K,L) custos de distribuicao via terminal k para o mercado l ;

```
CusTA(K,L)=100000;
*$include "C:\Users\Luiz Henrique\Documents\Trabalhos Poli\10ºSemestre\CusTA.prn"
$include "C:\Users\Luiz Henrique\Documents\Trabalhos Poli\10ºSemestre\CusTA_2.prn"
```

PARAMETER CusImTA(K,L,P) custos de ICMS na distribuicao via terminal k para o mercado l;

```
$include "C:\Users\Luiz Henrique\Documents\Trabalhos Poli\10ºSemestre\CusImTA.prn"
```

PARAMETER FixCD(J,N) custo fixo do CD j nível n;

```
*$include "C:\Users\Luiz Henrique\Documents\Trabalhos Poli\10ºSemestre\FixCD.prn"
FixCD(J,'N_1')= 5784321.87;
FixCD(J,'N_2')= 12550222.81;
```

```

FixCD(J,'N_3')= 16679418.94;
FixCD(J,'N_4')= 29967942.37;
FixCD(J,'N_5')= 33407626.85;

```

```

PARAMETER FixTA(K,M) custo fixo do terminal k nível m;
*$include "C:\Users\Luiz Henrique\Documents\Trabalhos Poli\10ºSemestre\FixTA.prn"
FixTA(K,'M_1')= 459648.07;
FixTA(K,'M_2')= 825850.53;
FixTA(K,'M_3')= 1483807.15;
FixTA(K,'M_4')= 2665959.01;
FixTA(K,'M_5')= 3755885.89;
FixTA(K,'M_6')= 4789933.40;
FixTA(K,'M_7')= 5784321.87;
FixTA(K,'M_8')= 6748207.02;

```

```

PARAMETER CusvTA(K) custo de transbordo do TA k;
CusvTA(K) = 2.5;

```

```

PARAMETER Pr(P) custo do produto p ;
Pr('P_1') = 1973.48;
Pr('P_2') = 329.67;
Pr('P_3') = 1655.52;
Pr('P_4') = 1591.04;
Pr('P_5') = 1057.73;
Pr('P_6') = 2611.69;
Pr('P_7') = 2170.88;
Pr('P_8') = 7440.16;

```

```

* VARIAVEIS

```

```

*=====
*=====

```

```

VARIABLES

```

TrnF(I,J,P)	quantidade transferida de p de i para j
TrnCD(J,K,P)	quantidade transferida de p de j para k
DstTA(K,L,P)	quantidade distribuída de p via terminal k para l
Z(J,N)	decisão de operar CDs de tamanho n
Y(K,M)	decisão de operar terminais de tamanho n
MLC	valor função de mérito
Receita	receita gerada
CFixCD	custo fixo CD
CFixTA	custo fixo TA
CDist	custo de distribuição para o mercado
CImp	custo do imposto (ICMS)
CTransF	custo de transferência fabrica
CTransCD	custo de transferência CD

```

;

```

```

POSITIVE VARIABLE TrnF;
POSITIVE VARIABLE TrnCD;

```

POSITIVE VARIABLE DstTA;
 BINARY VARIABLE Z;
 BINARY VARIABLE Y;

* EQUACOES

* =====
 * =====

EQUATIONS

OBJ	função objetivo
Atd_Dem(L,P)	atendimento da demanda
Cap_Fab(I,P)	capacidade de fabrica
Cap_CD(J)	capacidade do CD
Rel_CD(J)	relação de nível de tam de CD
Cap_TA(K)	capacidade do TA
Rel_TA(K)	relação de nível de tam de TA
Bal_MasCD(J,P)	balanço de massa do CD
Bal_MasTA(K,P)	balanço de massa do TA
Rect	receita
CusFixTA	custo fixo TA
CusFixCD	custo fixo CD
CusDist	custo de distribuição
CusImpos	custo ICMS
CusTransF	custo transferência fabrica
CusTransCD	custo transferência CD

;

OBJ ..
 MLC
 =E=
 Receita - CFixTA - CFixCD - CDist - CTransF - CTransCD
 * Receita - CFixTA - CFixCD - CDist - CImp - CTransF - CTransCD
 ;

Rect ..
 Receita
 =E=
 SUM((K,L,P) , Pr(P) * DstTA(K,L,P))
 ;

CusFixTA ..
 CFixTA
 =E=
 SUM((K,M) , FixTA(K,M) * Y(K,M))
 ;


```

CusFixCD ..
  CFixCD
  =E=
  SUM( (J,N) , FixCD(J,N) * Z(J,N) )
;

CusDist ..
  CDist
  =E=
  SUM( (K,L,P) , DstTA(K,L,P) * ( CusTA(K,L) + CusvTA(K)) )
;

CustImpos ..
  CImp
  =E=
  SUM( (K,L,P) , DstTA(K,L,P) * ( CusImTA(K,L,P) * Pr(P)) )
;

CusTransF ..
  CTransF
  =E=
  SUM( (I,J,P) , CusTrF(I,J) * TrnF (I,J,P) )
;

CusTransCD ..
  CTransCD
  =E=
  SUM( (J,K,P) , CusTrCD(J,K) * TrnCD (J,K,P) )
;

Atd_Dem(L,P) ..
  Dem(L,P)
  =E=
  SUM( K , DstTA(K,L,P) )
;

Cap_Fab(I,P) ..
  CapF(I,P)
  =G=
  SUM( J , TrnF (I,J,P) )
;

Cap_CD(J) ..
  SUM( N , CapCD(J,N) * Z(J,N) )
  =G=
  SUM( (K,P) , TrnCD(J,K,P) )
;

```

```

Cap_TA(K) ..
  SUM( M , CapTA(K,M) * Y(K,M) )
  =G=
  SUM( (L,P) , DstTA(K,L,P) )
;

```

```

Rel_CD(J) ..
  SUM( N , Z(J,N) )
  =L=
  * =E=
  1
;

```

```

Rel_TA(K) ..
  SUM( M , Y(K,M) )
  =L=
  * =E=
  1
;

```

```

Bal_MasCD(J,P) ..
  SUM( I , TrnF (I,J,P) )
  =E=
  SUM( K , TrnCD(J,K,P) )
;

```

```

Bal_MasTA(K,P) ..
  SUM( J , TrnCD (J,K,P) )
  =E=
  SUM( L , DstTA(K,L,P) )
;

```

```

* MODEL E SOLVE

```

```

*=====
*=====

```

```

MODEL SUPPLY /ALL/ ;

```

```

OPTION MIP = CPLEX ;
OPTION OPTCR = 0.00000001 ;
OPTION ITERLIM = 9000000 ;
OPTION RESLIM = 9000000 ;

```

```

SOLVE SUPPLY USING MIP MAXIMIZING MLC ;

```

```

* SAÍDAS

```

```

*=====
*=====

```

```

FILE Sd_Trns ;
PUT Sd_Trns ;
PUT 'TrnF' //;
LOOP (I,
  LOOP (J,
    LOOP (P,
      IF ( TrnF.L(I,J,P) NE 0,
        PUT    I.TL ;
        PUT @10 , J.TL ;
        PUT @20 , P.TL ;
        PUT @30 , TrnF.L(I,J,P)  :0:2 ;
        PUT @40 , CusTrF(I,J)    :0:2 /;
      );
    );
  );
);

FILE Sd_Trns_CD ;
PUT Sd_Trns_CD ;
PUT 'TrnCD' //;
LOOP (J,
  LOOP (K,
    LOOP (P,
      IF ( TrnCD.L(J,K,P) NE 0,
        PUT    J.TL ;
        PUT @10 , K.TL ;
        PUT @20 , P.TL ;
        PUT @30 , TrnCD.L(J,K,P)  :0:2 ;
        PUT @40 , CusTrCD(J,K)    :0:2 /;
      );
    );
  );
);

FILE Sd_DstrD ;
PUT Sd_DstrD ;
PUT 'DstTA ' //;
LOOP (K,
  LOOP (L,
    LOOP (P,
      IF ( DstTA.L(K,L,P) NE 0,
        PUT    K.TL ;
        PUT @10 , L.TL ;
        PUT @20 , P.TL ;
        PUT @30 , DstTA.L(K,L,P)  :0:2 ;
        PUT @40 , CusTA(K,L)      :0:2 ;
        PUT @50 , CusvTA(K)       :0:2 ;
        PUT @60 , Pr(P)           :0:2 ;
        PUT @70 , CusImTA(K,L,P)  :0:2 /;
      );
    );
  );
);

```

```
);
);
);
```

```
FILE Sd_Resumo ;
PUT Sd_Resumo ;
```

```
PARAMETER aux ;
```

```
PUT 'MLC';
PUT @12 , MLC.L :0:2 //;
```

```
PUT 'Receita';
PUT @12 , Receita.L :0:2 /;
```

```
PUT 'CFixTA';
PUT @12 , CFixTA.L :0:2 /;
```

```
PUT 'CFixCD';
PUT @12 , CFixCD.L :0:2 /;
```

```
PUT 'CDist';
PUT @12 , CDist.L :0:2 /;
```

```
PUT 'CImp';
PUT @12 , CImp.L :0:2 /;
```

```
PUT 'CTransF';
PUT @12 , CTransF.L :0:2 /;
```

```
PUT 'CTransCD';
PUT @12 , CTransCD.L :0:2 ///;
```

```
PUT 'TA' ;
PUT @15 , 'Nivel' ;
PUT @30 , 'C fixo' ;
PUT @45 , 'C trans' ;
PUT @60 , 'C distro' ;
PUT @75 , 'C tbordo' ;
PUT @90 , 'C ICMS' ;
PUT @105 , 'T.B.' //;
LOOP (K,
  LOOP (M,
    IF ( Y.L(K,M) NE 0,
      PUT K.TL ;
      PUT @15 , M.TL ;
      PUT @30 , FixTA(K,M):0:2 ;
      aux = SUM( (J,P) , CusTrCD(J,K) * TrnCD.L(J,K,P) ) ;
      put @45 , aux:0:2 ;
      aux = SUM( (L,P) , CusTA(K,L) * DstTA.L(K,L,P) ) ;
```

```

put @60 , aux:0:2 ;
aux = SUM( (L,P) , CusvTA(K) * DstTA.L(K,L,P) ) ;
put @75 , aux:0:2 ;
aux = SUM( (L,P) , CusImTA(K,L,P) * Pr(P) * DstTA.L(K,L,P) ) ;
put @90 , aux:0:2 ;
aux = SUM( (L,P) , DstTA.L(K,L,P) ) ;
PUT @105 , aux:0:2 /;
);
);
);

```