

**BÁRBARA TARRATACA DE MORAES**

**DEFINIÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DE CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO  
COM CONSIDERAÇÕES FISCAIS E DE NÍVEL DE SERVIÇO.**

Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo para obtenção do Diploma de  
Engenheiro de Produção.

São Paulo

2009



**BÁRBARA TARRATACA DE MORAES**

**DEFINIÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DE CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO  
COM CONSIDERAÇÕES FISCAIS E DE NÍVEL DE SERVIÇO.**

Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo para obtenção do Diploma de  
Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Livre-Docente Hugo  
Tsugunobu Yoshida Yoshizaki.

São Paulo

2009

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**Moraes, Bárbara Tarrataca de**

**Definição da localização de centros de distribuição com considerações fiscais e de nível de serviço / B.T. de Moraes. -- São Paulo, 2009.**

**94 p.**

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

**1. Logística 2. Otimização matemática 3. Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.**

A meus pais, fortalezas que me apóiam e sem os quais nada teria sido possível.

Tenham a certeza de que cada vitória minha é também de vocês.



## AGRADECIMENTOS

A meus pais e irmãos, pela paciência, pela compreensão e pelo carinho incondicional despendido durante todos esses anos. Agradeço, sobretudo, por serem parte tão presente em minha vida.

A minha tia Lola e a meus primos, pela torcida e pelo auxílio em momentos difíceis.

A Arthur Wetzel, pela sábia calma e pelas palavras doces nos momentos exatos, trazendo mais leveza à vida.

Ao professor Hugo Yoshizaki, pelos conselhos precisos e preciosos, pelas discussões essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

A Enrico Ferri, pelo compartilhamento de suas experiências.

A Leonardo Pelloso, por ter acreditado em mim e ter me dado a possibilidade de realização deste estudo.

A Eduardo Ambrosio e Fernanda Hashimoto, pelos auxílios e por compreenderem as ausências necessárias.

A minhas meninas, amigas de toda vida, que apesar da distância estão sempre presentes. Por todas as angústias e por todos os anseios divididos. A Pâmella, pelo auxílio bibliográfico e pelos conhecimentos fiscais, além das tantas razões já descritas.

A Sérgio Bassi, por, assim como eu, acreditar que a busca pela plenitude não é vã.

A Cris e ao Osni, pela compreensão e ajuda durante todo o curso, especialmente no momento de finalização deste trabalho.

Aos amigos queridos e especiais, cujos nomes não precisam ser ditos, mas que caminham sempre ao meu lado.





"Saber e não fazer ainda não é saber."

(Sabedoria oriental)



## RESUMO

Este trabalho apresenta a identificação da localização ideal dos centros de distribuição para uma indústria de sorvetes, bem como suas respectivas capacidades e área de atendimento, de forma a atender o aumento de demanda previsto. Atualmente a organização não possui benefícios fiscais em seus centros de distribuição. Contudo, este estudo também identifica a influência de um possível benefício fiscal na malha logística, nos custos relacionados e no nível de serviço praticado pela organização. Para resolução deste caso foi utilizado um modelo de programação linear inteira mista cuja função objetivo minimiza o custo total incorrido para atendimento da demanda. Tal custo compõe-se por parcelas referentes a frete, a armazenagem e a benefícios fiscais de ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviço). Os parâmetros utilizados no modelo foram obtidos junto à empresa, sendo estes baseados em informações históricas ou em cotações realizadas pela organização. Identificou-se que, para o caso em questão, a redefinição da localização dos centros de distribuição pode gerar redução significativa nos custos. Em relação ao incentivo fiscal considerado, não apresenta grandes modificações na malha logística otimizada para o caso em questão.

Palavras-chave: Logística. Otimização matemática. Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços.



## ABSTRACT

This work presents the identification of the ideal localization of the distribution centers of an ice cream industry, as well as their capacities and attending areas, in order to adapt to the expected increase of the demand. In the actual situation the organization does not take advantage of tax reductions in its distribution centers. Therefore this study also identifies the influence of a possible tax reduction in the logistic network, in the associated costs and in the service level provided by the organization. For the resolution of the case, it is used a mixed integer linear programming system whose objective function is to minimize the total cost due to the attending of the demand. Such cost is composed of lots concerning the freight, warehousing and tax reduction of ICMS (Tax on Goods and Services Circulation). The parameters used in the model were provided by the company, being based on historical information or on the listing made by the company. It was identified that, for this study case, the redefinition of distributions centers localization can provide a significant cost reduction. Concerning the tax reduction considered, it does not presents huge modifications in the logistic network for this study case.

Keywords: Logistics. Mathematical optimization. Tax on goods and services circulation.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Malha logística atual .....	17
Figura 2: Atendimento de atendimento exclusivamente indireto .....	18
Figura 3: Comparação entre volumes de atendimento direto e indireto .....	18
Figura 4: Localização das instalações .....	20
Figura 5: Abrangência do estudo .....	22
Figura 6: Representação da cadeia de suprimentos .....	26
Figura 7: Compensação de custos .....	27
Figura 8: Fluxo da Cadeia com ICMS (SP-MG-MG) .....	36
Figura 9: Fluxo da Cadeia com ICMS (SP-SP-MG) .....	37
Figura 10: Aplicação do crédito presumido do ICMS .....	41
Figura 11: Distribuição da demanda .....	55
Figura 12: Distribuição do nível de serviço .....	59
Figura 13: Tempo despendido para entrega .....	60
Figura 14: Definição dos níveis de capacidade .....	61
Figura 15: Área de atuação – cenário base .....	68
Figura 16: Comparação nível de serviço – desejado X cenário base .....	68
Figura 17: Divisão de custos – cenário base .....	69
Figura 18: Área de atuação – cenário base X cenário logístico otimizado .....	71
Figura 19: Comparação nível de serviço – cenário base X cenário logístico otimizado .....	73
Figura 20: Comparativo custos – cenário base X cenário custos logísticos .....	74
Figura 21: Área de atuação – cenário logístico otimizado X cenário incentivo fiscal em MG .....	76
Figura 22: Área de possível atendimento CD .....	77
Figura 23: Comparação nível de serviço – cenário logístico otimizado X cenário incentivo fiscal em MG .....	78
Figura 24: Comparativo custos – cenário custos logísticos X cenário incentivo fiscal em MG .....	78
Figura 25: Comportamento do volume expedido pelo CD Contagem com variações no incentivo fiscal .....	80
Figura 26: Comportamento do percentual de volume atendido em 24h com variações no incentivo fiscal .....	81
Figura 27: Custos logísticos X Variações no incentivo fiscal .....	81





Figura 28: Variação do valor do Benefício fiscal X Percentual de incentivo concedido.....	82
Figura 29: Variação do Custo Total X Percentual de incentivo concedido.....	82



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estruturas utilizadas na distribuição .....	19
Tabela 2: Exemplos de decisões estratégica, tática e operacional.....	27
Tabela 3: Alíquotas interestaduais – ICMS .....	35
Tabela 4: Alíquotas internas à UF – ICMS .....	35
Tabela 5: Cálculo de ICMS .....	36
Tabela 6: Avaliação das alternativas de localização .....	38
Tabela 7: Comparativo de cenários sob ótica fiscal – fluxo de caixa.....	39
Tabela 8: Local de produção de cada categoria.....	54
Tabela 9: Relação de mesorregiões e cidades pólo .....	55
Tabela 10: Localizações candidatas definidas na primeira etapa .....	57
Tabela 11: Localizações candidatas definidas na segunda etapa .....	57
Tabela 12: Localização candidata definida na terceira etapa .....	57
Tabela 13: Exceções – cidades candidatas .....	58
Tabela 14: Localizações candidatas .....	58
Tabela 15: Níveis de capacidade dos CDs.....	61
Tabela 16: Distâncias de transferência .....	63
Tabela 17: Incentivos fiscais baseados em crédito presumido de ICMS .....	64
Tabela 18: Níveis de capacidade dos CDs – cenário base.....	67
Tabela 19: Capacidades e volumes – Cenário base.....	67
Tabela 20: Comparativo cenário base e cenário logístico otimizado .....	70
Tabela 21: Capacidades e volumes – cenário logístico otimizado .....	71
Tabela 22: Custos – Cenário logístico otimizado.....	74
Tabela 23: Comparativo cenário custos logísticos e cenário incentivo fiscal em MG.....	75
Tabela 24: Comparativo capacidade utilizada – cenário logístico otimizado X cenário incentivo fiscal em MG .....	76
Tabela 25: Variações volume – cenário logístico otimizado X cenário incentivo fiscal em MG .....	77
Tabela 26: Custos – cenário incentivo fiscal em MG.....	79
Tabela 27: Resumo instalações – comparativo cenários .....	83
Tabela 28: Resumo nível de serviço – comparativo cenários .....	84
Tabela 29: Comparativo percentual de custos em relação ao cenário base.....	84
Tabela 30: Capacidade das novas instalações .....	86



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD	Atendimento Direto
AI	Atendimento Indireto
CD	Centro de Distribuição
SKU	<i>Stock Keeping Unit</i>
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
MP	Matéria-prima
Kl	Quilolitro
NS	Nível de Serviço
NE	Nordeste
N	Norte
SE	Sudeste
S	Sul
CO	Centro-oeste
UF	Unidade Federativa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	Descrição da empresa .....	13
1.2	Descrição da situação atual.....	15
1.2.1	Informações gerais.....	15
1.2.2	Malha logística .....	17
1.3	Definição do problema .....	20
1.4	Objetivos e relevância do estudo .....	21
1.5	Abrangências e restrições .....	22
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>25</b>
2.1	Logística e cadeia de suprimentos .....	25
2.2	Conflitos decisórios .....	27
2.3	Projetos de localização .....	28
2.4	Sistema tributário nacional .....	31
2.4.1	ICMS .....	33
2.5	Modelos considerando impactos fiscais .....	41
<b>3</b>	<b>MODELAGEM DO PROBLEMA .....</b>	<b>47</b>
3.1	Definição do modelo .....	47
3.2	Detalhamento do modelo.....	51
3.3	Parâmetros do modelo .....	54
<b>4</b>	<b>APLICAÇÃO DO MODELO E RESULTADOS.....</b>	<b>65</b>
4.1	Cenário base .....	65
4.2	Cenário logístico otimizado.....	70
4.3	Incentivo fiscal em MG .....	74
4.4	Análise de sensibilidade .....	79
4.5	Consolidação dos resultados.....	83
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>85</b>
5.1	Recomendações .....	85
5.2	Estudos futuros .....	88
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>89</b>





# 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho visa identificar a localização ideal para os centros de distribuição para uma indústria de sorvetes. Por conter informações de cunho estratégico, a pedido da instituição seu nome não será revelado, preservando sua identidade. Neste estudo esta será referida como Companhia X.

Este capítulo trata da introdução ao caso estudado. Para tanto, realiza-se uma breve descrição da empresa e de alguns aspectos de sua situação atual. Segue-se apresentando o problema encontrado e os objetivos e relevância do estudo proposto, bem como suas abrangência e restrições.

## 1.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

Atualmente, segundo informações institucionais datadas de 2008, a companhia forma um dos maiores conglomerados mundiais de empresas de bens de consumo. Presente em mais de 150 países, emprega cerca de 290 mil pessoas com atividades que englobam a fabricação e a comercialização de um *portfolio* expressivo de produtos. No Brasil, a organização possui aproximadamente 13 mil funcionários e trabalha com mais de 25 marcas.

O relacionamento com a empresa foi estabelecido através de estágio realizado na área de projetos logísticos para o Brasil. A área atua em melhorias e reduções de custos. Historicamente, a atuação se restringia aos produtos de carga seca, tendo sido incorporada este ano a marca de sorvetes. Dentre as principais ações já realizadas pela área pode-se destacar a elaboração e revisão de circuitos estáticos e a implementação de sinergias para armazenagem e distribuição de cargas secas. O estágio proporcionou atuação em frentes variadas dentro da área, propiciando alta geração e aplicação de conhecimento.

Por ser escopo de atuação recente da área, a divisão de sorvetes se mostrou passível de inúmeras melhorias. Tal divisão será foco deste estudo e, por tal razão, esta será mais bem detalhada nesta seção. A marca iniciou suas operações no país durante a década de 1940. Todavia, não foi criada pela empresa, tendo sido incorporada pela organização somente durante a década de 1990. Desde então, o montante movimentado fez deste negócio o maior da companhia fora dos Estados Unidos e Europa.

Trabalhando com um *portfolio* que gira em torno de 100 SKUs, a marca ocupa posição bastante relevante no mercado nacional. A segmentação de seus produtos se dá de acordo com suas características e com os padrões de consumo que estes apresentam. Podem-se identificar três grupos principais, descritos abaixo:

- Produtos de impulso: refere-se aos sorvetes de palito e aos cones. Carregam tal denominação, pois seu consumo é, em grande parte, desencadeado pela vontade momentânea de consumo.
- Produtos de consumo doméstico: tratam-se dos sorvetes em massa, vendidos em potes de até dois litros, para consumo doméstico.
- Produtos para restaurantes: diz respeito também a sorvetes em massa, contudo estes são vendidos em potes com maior volume. O consumidor final normalmente usufrui os produtos em restaurantes e em sorveterias.

No que tange a vendas, existem três canais principais, que possuem características de compras e de necessidade de atendimento diferenciadas:

- Canal tradicional: caracterizado por clientes com baixo número de caixas para pagamento, geralmente realizam pedidos de tamanhos menores e o volume comprado é predominantemente da categoria de impulso.
- Canal supermercados: quando comparados ao canal tradicional, possuem maior número de caixas para pagamento, os pedidos são de tamanhos maiores e grande parte do volume comprado é da categoria de consumo doméstico.
- Canal restaurantes: como o nome propõe, o volume comprado é, em sua maioria, composto por produtos para restaurantes.

A organização passou por uma reestruturação de sua estratégia, tendo sido definida uma estratégia de crescimento bastante ousada. Como consequência, houve o estabelecimento de

metas de vendas bastante altas para toda a companhia. Não foi diferente para a marca em questão, resultando em previsões de demanda elevadas.

## **1.2 DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL**

### **1.2.1 Informações gerais**

Segundo Billiard (2003), pode-se definir cadeia fria pelos esforços sucessivamente empregados para assegurar a preservação, desde a produção até o consumo, de determinados produtos perecíveis.

É nesse contexto que se enquadra a produção, a distribuição e o armazenamento de sorvetes, tendo sua temperatura controlada entre  $-30^{\circ}\text{C}$  nas fábricas e  $-18^{\circ}\text{C}$  nos pontos de venda. De forma a garantir a qualidade de produtos tão sensíveis a variações de temperatura, utilizam-se equipamentos especializados ao longo de toda cadeia.

Nas fábricas e nos centros de distribuição (CD) faz-se uso de câmaras frias para a estocagem dos produtos em questão. Todo o armazenamento e manuseio dos produtos no centro de distribuição é feito em área com temperatura controlada.

A qualidade da cadeia fria é uma constante preocupação da organização. Recentemente, o setor de qualidade, conjuntamente com o setor de pesquisa e desenvolvimento, estipulou normas mais rigorosas para variações de temperatura nos estoques fabris, resultando em adaptação de toda a estrutura de estoques de fábrica.

No que concerne às transferências, ou seja, transporte dos produtos das fábricas aos estoques fabris e dos estoques fabris aos centros de distribuição, são utilizadas carretas não ociosas com capacidade de 28 paletes que, através de ar forçado, são mantidas à temperatura de  $-25^{\circ}\text{C}$  controlada por um termo registrador interno. Para as entregas, utilizam-se veículos com capacidade equivalente a seis paletes. Os veículos bem como os motoristas são

terceirizados. Os baús possuem placas eutéticas, que mantêm a temperatura controlada a, no máximo,  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Durante a entrega, o motorista e o ajudante são responsáveis por diversas atividades: realização da separação no caminhão, abertura das caixas, adequação dos produtos nas conservadoras, cobrança de vendas à vista, além de recolherem palitos premiados e efetuarem novos pedidos.

Vale mencionar que, durante o cadastramento dos pedidos, os funcionários preocupam-se em solicitar somente aquela lista de produtos os quais foram previamente informados haver em estoque. Dessa forma, indicadores de atendimento adequado aos produtos solicitados atingem níveis bastante altos, contudo não representam fielmente a realidade.

Com relação aos pontos de venda, a Companhia X aluga conservadoras para os clientes. As mesmas são destinadas exclusivamente aos produtos da marca e cabe à empresa a manutenção das congeladoras, de forma que qualquer dano aos sorvetes proveniente de falhas de tais equipamentos é de responsabilidade da companhia.

Como a alocação dos produtos nos pontos de venda ocorre unicamente nos congeladores da Companhia X, o estoque dos clientes é limitado à quantia que estas comportam. Com o intuito de se evitar faltas há, portanto, necessidade de baixo lead-time de entrega.

A possível utilização indevida das congeladoras para alocação de produtos concorrentes, associada ao caráter impulsivo do consumo gera alto custo de falta, reafirmando a importância de se manter um nível de serviço adequado.

Como se pode esperar, o negócio de sorvete no Brasil sofre forte influência da temperatura, resultando em sazonalidade anual bastante acentuada, com período de pico correspondente aos meses de outubro a março. Não se constata a presença de sazonalidade mensal.

### 1.2.2 Malha logística

De forma a atender à demanda, como ilustrado na Figura 1, a marca de sorvetes da Companhia X conta com duas fábricas, dois CDs centrais, quatorze CDs regionais, além de 32 distribuidores exclusivos. A estrutura é totalmente dedicada à marca, não havendo qualquer sinergia com outros produtos da empresa.

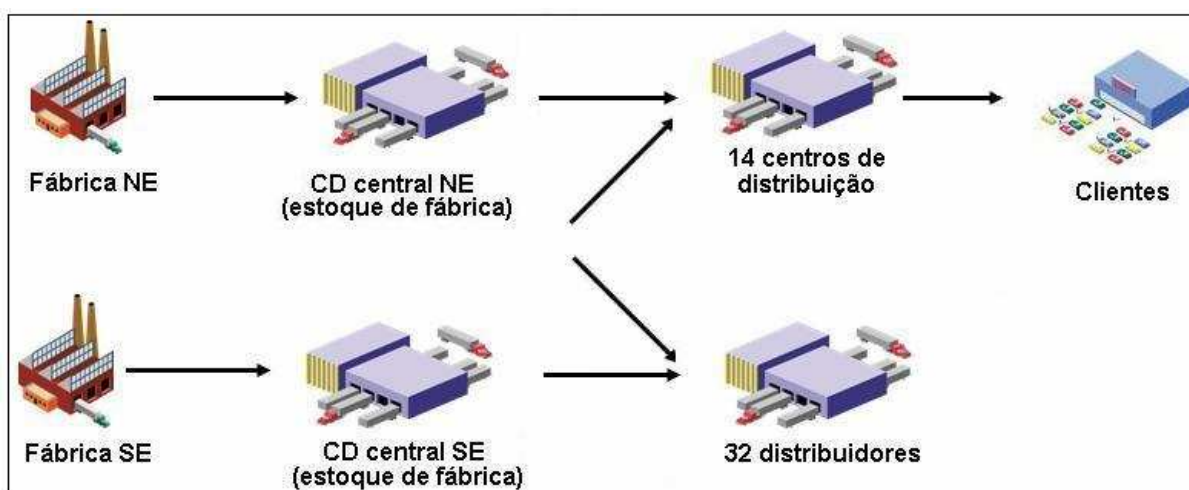


Figura 1: Malha logística atual

Atualmente as duas fábricas possuem área para estocagem de produto acabado (câmara fria) bastante reduzida, de forma que cada uma envia seus produtos a um CD central, que realiza o armazenamento das fábricas (estoque fabril). A partir destes são efetuadas não somente transferências aos demais centros de distribuição, como também vendas aos distribuidores. São os estoques fabris os responsáveis pela formação de estoques para atendimento da demanda sazonal.

No momento de definição da localização das fábricas, o posicionamento foi fortemente influenciado por benefícios fiscais. Atualmente, os centros de distribuição não contam com qualquer tipo de incentivo fiscal. Contudo, há, por parte da gerência da companhia, necessidade de compreender como aspectos fiscais poderiam influenciar nas localizações dos CDs e nos custos incorridos.

Para o atendimento aos clientes, existe uma divisão geográfica para cada canal, de forma que para cada combinação o atendimento é realizado por somente um CD regional ou distribuidor. O atendimento realizado através de tais distribuidores é denominado indireto (AI), em contraposição ao atendimento direto (AD) realizado pelos CDs regionais.



Figura 2: Atendimento de atendimento exclusivamente indireto

A Figura 2 ilustra as áreas onde ocorre atendimento exclusivamente indireto. Como se podem verificar, as áreas de atendimento indireto ocupam grande parte do território nacional. Contudo, como se verifica na Figura 3, o volume comercializado por distribuidores oscila entre 41% e 43% do total vendido no país, sendo, portanto, inferior ao volume comercializado diretamente pela companhia.

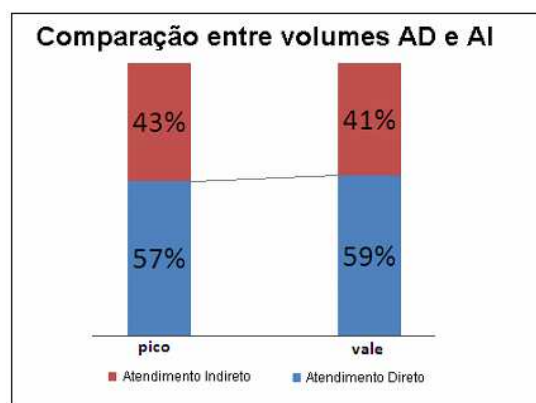


Figura 3: Comparação entre volumes de atendimento direto e indireto

Apesar de ser inferior ao volume comercializado através do atendimento direto, verifica-se a expressiva parcela de atendimento sob responsabilidade de distribuidores. Fica clara, então, a relevância do atendimento indireto para o oferecimento, por parte da marca de sorvetes, de adequado atendimento aos clientes. Entretanto, este não é o foco deste trabalho, de forma que a estrutura dos distribuidores e suas peculiaridades não serão passíveis de análise.

No que tange a área de atendimento direto, informações institucionais mostram que, atualmente, deseja-se que 98% dos pedidos, em volume, sejam entregues em 24 horas, o restante deve ser atendido em até 48 horas.

Atualmente operadores logísticos operam todos os centros de distribuição desta marca da companhia. A Tabela 1 mostra algumas informações sobre as estruturas utilizadas para a distribuição direta dos produtos e a Figura 4 ilustra como as instalações da companhia estão distribuídas no país.

Tabela 1: Estruturas utilizadas na distribuição

<b>Cidade</b>	<b>UF</b>	<b>Descrição</b>
Jaboatão dos Guararapes	PE	Fábrica
Valinhos	SP	Fábrica
Recife	PE	Estoque de fábrica
Taboão da Serra	SP	Estoque de fábrica
Fortaleza	CE	CD
Natal	RN	CD
Recife	PE	CD
Maceió	AL	CD
Aracaju	SE	CD
Salvador	BA	CD
Brasília	DF	CD
Contagem	MG	CD
Rio de Janeiro	RJ	CD
Taboão da Serra	SP	CD
Vinhedo	SP	CD
Marília	SP	CD
Curitiba	PR	CD
Esteio	RS	CD



Figura 4: Localização das instalações

### 1.3 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O problema tratado neste se relaciona a decisões voltadas à distribuição dos produtos da marca de sorvetes da Companhia X, especialmente no que tange a malha logística.

Os custos de distribuição da categoria encontram-se em um patamar bastante elevado. Compreende-se que as peculiaridades que envolvem uma cadeia fria tornam seus custos de distribuição, em geral, maiores do que os custos para cargas secas.

Todavia, a ausência de estudos recentes envolvendo toda a malha brasileira de distribuição de sorvetes da Companhia X gera um desconhecimento a respeito do nível de otimização no qual se enquadra tal malha logística, suscitando questionamentos não somente



sobre o padrão de custos atual como também a respeito do nível de serviço praticado, conforme mencionado anteriormente.

Em adição, existem previsões de crescimento no volume de vendas da marca, de forma que a gerência da companhia acredita que a atual estrutura mostra-se pouco preparada para absorver tal crescimento. Além das questões aqui expostas, dúvidas a respeito da real influência de considerações fiscais na localização dos centros de distribuição para o caso em questão permeiam a gerência da organização.

#### **1.4 OBJETIVOS E RELEVÂNCIA DO ESTUDO**

Segundo Ballou (2006) as decisões a respeito da malha logística são de cunho estratégico para a organização. Associado a tal fato, pode-se destacar as constatações de Meirim (2006), que pontua a logística como forma de estratégia competitiva para atingir melhores resultados no atendimento aos clientes através de melhoria na oferta de produtos e serviços, atendendo ou até mesmo superando suas expectativas.

Tendo em vista o problema levantado na seção anterior, as projeções institucionais para os anos subseqüentes e a necessidade constante de busca por maior competitividade nas empresas, define-se dois objetivos para este estudo:

- Determinar a estrutura e a localização ideal de centros de distribuição para atendimento da demanda prevista para o ano de 2012, de forma que seus custos sejam minimizados e, concomitantemente, sejam considerados aspectos relativos ao nível de serviço mínimo desejado pela organização;
- Identificar a influência de um possível benefício fiscal para um centro de distribuição na malha logística, nos custos relacionados e no nível de serviço praticado.

Com o final do estudo, espera-se obter as seguintes informações:

- Quantidade ideal de CDs;
- Localização dos CDs;

- Capacidade de cada CD;
- Área de atendimento de cada CD;
- Custos incorridos para atendimento da demanda;
- Possíveis alterações no resultado obtido em decorrência da obtenção de benefício fiscal em um centro de distribuição.

Trata-se de um estudo bastante relevante para a organização. Ballou (2006) afirma que o problema de localização de instalações fixas ao longo da malha da cadeia de suprimentos é um problema decisório importantíssimo, dando forma a esta cadeia.

### 1.5 ABRANGÊNCIAS E RESTRIÇÕES

A Figura 5 ilustra, através de um retângulo vermelho, qual a área de atuação deste estudo. Como se pode esperar, a localização dos clientes não será passível de modificação. Além destes, os distribuidores também não o serão, por não serem controlados pela organização foco deste estudo, como ressaltado anteriormente. Em relação às fábricas e aos estoques de fábricas, em razão de recentes investimentos institucionais, que ainda se encontram em andamento, estas não deverão ser modificadas.

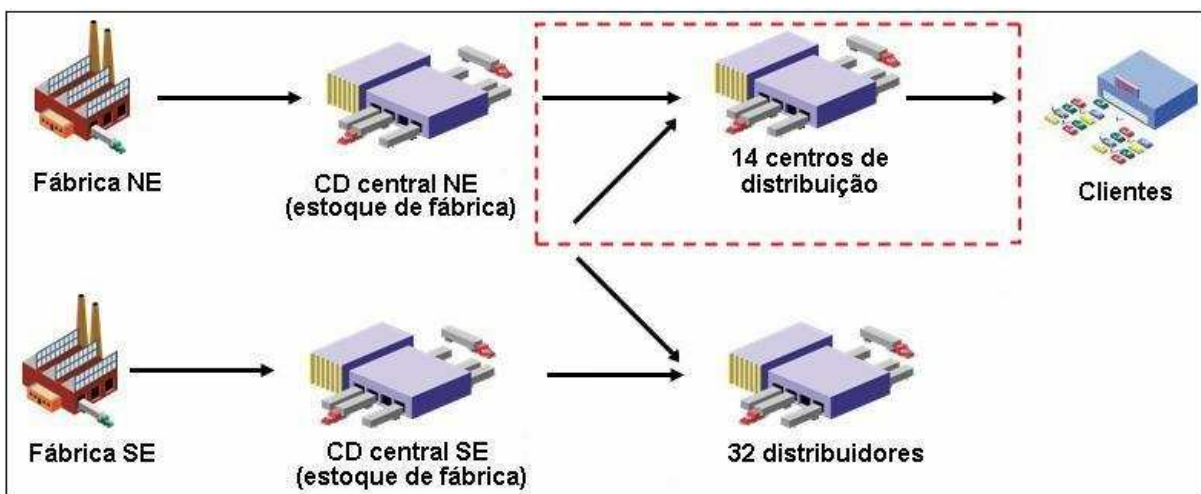


Figura 5: Abrangência do estudo

Dessa forma, encontram-se dentro do escopo deste estudo a otimização da localização dos centros de distribuição e dos fluxos a estes relacionados, que inclui os fluxos dos estoques de fábrica aos CDs e dos CDs aos clientes.

Uma vez que inúmeros fatores influenciam neste estudo, é importante destacar alguns pontos que este estudo não visa abordar:

- Área de atendimento de distribuidores;
- Alterações no *portfolio* de SKU;
- Alterações nos locais de produção de cada SKU;
- As políticas de estoque;
- Os perfis de veículo utilizados;
- Mapeamento completo dos incentivos fiscais possíveis para o produto em questão;
- Redefinição do nível de serviço praticado pela organização.



## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo tem o intuito de apresentar conceitos já abordados pela literatura e que serão de grande valia para compreensão e elaboração deste estudo. Assim, tem como objetivo apresentar conceitos relativos à logística e cadeia de suprimentos, bem como os *trade-offs* envolvidos. Visa ainda expor conceitos relacionados a problemas de localização e suas possíveis abordagens para solução. Finalmente, este capítulo discorre a respeito de questões fiscais e sobre modelos já desenvolvidos para projetos de localização envolvendo tais considerações.

Para tanto, divide-se em cinco seções: Logística e cadeia de suprimentos, Conflitos decisórios, Projetos de localização, Sistema tributário nacional e Modelos considerando impactos fiscais

### 2.1 LOGÍSTICA E CADEIA DE SUPRIMENTOS

São inúmeras as definições para logística e para cadeia de suprimentos constantes na literatura. Para Mentzer (2000), a cadeia de suprimentos é definida como um conjunto de empresas diretamente relacionadas por um ou mais fluxos de produtos, serviços e informações desde a fonte até os clientes. Segundo Chopra (2003), o gerenciamento da cadeia de suprimentos é um dos grandes desafios enfrentados pelas organizações.

Dentre os modelos de gestão, Ballou (2007) aponta a logística como o mais disseminado. Por logística, o autor compreende o estudo e os esforços realizados para que os clientes tenham seus pedidos atendidos no tempo desejado, dentro do prazo previamente estipulado, de forma que os custos de tal distribuição sejam os menores possíveis.

Segundo Ballou (2007), embora os principais fundamentos da logística, como atividade econômica, sejam utilizados há anos, trata-se de uma área de estudo recente. Os ganhos

potenciais conseguidos com a melhoria de sua aplicação têm a tornado uma parte fundamental das organizações.

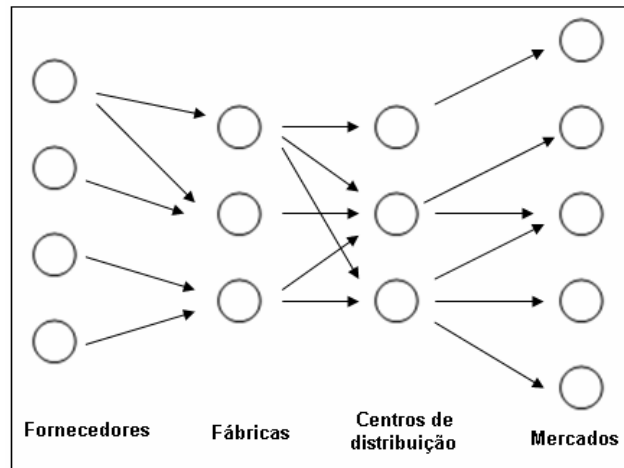


Figura 6: Representação da cadeia de suprimentos  
Fonte: Shapiro (2001)

Shapiro (2001) afirma que a cadeia de suprimentos é constantemente representada por uma rede como a ilustrada na Figura 6. Nestas redes os nós representam instalações, enquanto as conexões de transporte são representadas pelos fluxos. A rede exemplificada possui quatro níveis – fornecedores, fábricas, centros de distribuição (CDs) e mercado. De acordo com o autor, o número de níveis é, normalmente, uma definição arbitrária. A movimentação dos produtos ocorre no sentido dos fornecedores para os mercados. Contudo, o autor aponta que em alguns momentos da cadeia, pode haver retorno de produtos intermediários ou para reciclagem.

No que tange o planejamento logístico, Ballou (2006) identifica três grupos. Estes se encontram detalhados a seguir, segundo descrição do autor:

- Planejamento estratégico: trata-se de planejamentos de longo prazo, caracterizados por horizontes temporal superior a um ano;
- Planejamento tático: são planejamentos de médio prazo. Seu horizonte temporal é inferior a um ano;
- Planejamento operacional: com decisões definidas a cada hora, caracteriza-se por ser de curto prazo.

A Tabela 2 apresenta exemplos de processos de decisão apresentados pelo autor para os três níveis descritos.

Tabela 2: Exemplos de decisões estratégica, tática e operacional

Área de decisão	Nível da decisão		
	Estratégica	Tática	Operacional
Localização das instalações	Quantidade, área e localização de armazéns, plantas e terminais.		
Transporte	Seleção de modal.	Leasing de equipamento periódico.	Roteamento, despacho.
Serviço aos clientes	Padrões de procedimentos.	Regras de priorização dos pedidos de clientes.	Preparação das remessas.
Armazenagem	Seleção do material de deslocamento, leiaute da instalação.	Escolhas de espaços sazonais e utilização de espaços privados.	Separação de pedidos e reposição de estoques.

Fonte: adaptada de Ballou (2006)

## 2.2 CONFLITOS DECISÓRIOS

Para Fleury *apud* Pantalena (2004), o adequado gerenciamento da cadeia de suprimentos utiliza-se de uma visão sistêmica, a qual acarreta inúmeros *trade-offs*. Segundo Ballou (2007), um dos mais notórios está contido no conceito de compensação de custos, amplamente mencionado na literatura. De acordo com o autor, tal conceito baseia-se nas diferentes tendências encontradas para os custos incorridos por uma companhia, como se verifica na Figura 7.

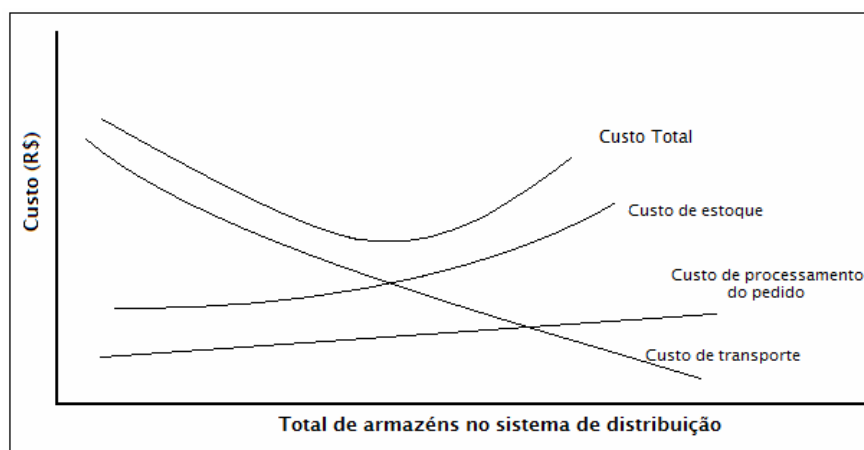


Figura 7: Compensação de custos  
 Fonte: adaptada de Ballou (2007)

De acordo com Ballou (2007), que com o aumento do número de armazéns, há diminuição nas distâncias a serem percorridas para entrega aos clientes e aumento no número

de carregamentos de transferências – os quais são geralmente caracterizados por maiores volumes e melhores negociações de frete. Dessa forma, a curva de custos de transporte apresenta um comportamento decrescente.

No que tange os custos de estoque, verifica-se que apresenta uma curva crescente. O autor afirma que tal comportamento ocorre, pois o aumento no número de centros de distribuição gera aumento na quantidade de produtos estocados na cadeia – e de seus custos relacionados – para que a disponibilidade se mantenha no mesmo nível. O custo de processamento dos pedidos também apresenta uma curva crescente que, segundo Ballou (2007), é resultante do fato de os CDs também serem pontos de processamento de pedidos.

De acordo com o autor, baseado nos comportamentos conflitantes de tais curvas, o conceito de custo total afirma que os custos anteriormente mencionados devem ser considerados conjuntamente para que, então, busque-se a otimização, como mostra a Figura 7.

Outro *trade-off* bastante enfrentado envolve o custo total e o nível de serviço desejado. A definição de nível de serviço não é clara, sendo encontradas diferentes opiniões na literatura. Uma das mais abrangente é a de Ballou (2007), que caracteriza o nível de serviço logístico como sendo a “qualidade com que o fluxo de bens e serviços é gerenciado”.

O autor afirma que, nas organizações, são muitas vezes utilizadas definições parciais, que não capturam todo o escopo que envolve o conceito de nível de serviço. É o que ocorre com a empresa na qual o estudo está sendo realizado, que define nível de serviço como sendo o intervalo de tempo definido para atendimento ao cliente, decorrido desde a recepção do pedido até a entrega dos produtos.

## **2.3 PROJETOS DE LOCALIZAÇÃO**

Para Ballou (2007), os projetos de rede visam definir a estrutura da malha logística desde a origem até os centros de demanda. Tais decisões relativas às instalações são classificadas por Chopra & Meindl (2004) em quatro principais grupos:



- Definição do papel das instalações;
- Definição da localização das instalações;
- Alocação de capacidade a cada instalação;
- Alocação de mercados e suprimentos.

Segundo Ballou (2007), a dependência de inúmeras informações para o adequado desenvolvimento das análises torna o envolvimento e o comprometimento de variadas áreas essenciais para a obtenção de bons resultados.

Este trabalho se foca na definição da localização de instalações. Possuindo grande relevância para as organizações, os projetos de localização formam a estrutura na qual as operações logísticas se desencadearão. Caracterizados constantemente por um horizonte temporal de longo prazo, estes projetos acarretam altos custos e grandes mudanças. Por tais razões, é freqüente o envolvimento da alta gerência das organizações. (BALLOU, 2007)

Ballou (2006) alerta que além dos aspectos espaciais – acima descritos – os projetos de rede devem considerar características temporais, ou seja, a disponibilidade de produtos em quantidades suficientes para que as metas de serviço sejam atingidas.

Silva (2007) aponta que diversos métodos podem ser utilizados para a análise de problemas de localização. Ballou (2006) classifica os métodos em três grupos: modelos de simulação, modelos heurísticos e modelos de otimização.

Segundo o autor, a simulação pode ser definida como a “técnica de conduzir experimentos de amostragem no modelo do sistema”. Ballou (2006) afirma que os modelos de simulação podem ser classificados em dois tipos: determinísticos ou estocásticos.

O autor caracteriza os determinísticos por se focarem nas características espaciais. Estes, de acordo com o autor, são comumente utilizados para análise da situação atual da empresa – a qual serve como base para comparação com outros cenários. Nestes modelos, os valores de variáveis estruturais são considerados fixos, dados do modelo. Como o escopo deste estudo envolve a determinação de variáveis estruturais como a localização dos CDs e alguns fluxos relacionados, este método não se mostra de apropriada aplicação.

No que tange modelos estocásticos, Ballou (2006) pontua que aspectos temporais são predominantemente considerados. Estes utilizam distribuições probabilísticas para simular as

variações reais em dados como, por exemplo, tempos de transporte e padrões de pedidos. Por trabalharem profundamente com a dimensão temporal e a necessidade deste estudo envolver ainda noções espaciais, a aplicação deste método é descartada.

O segundo grupo diz respeito aos modelos heurísticos. Segundo o autor, estes adotam determinadas regras a fim de reduzir o número de alternativas analisadas. De acordo com o autor, tais regras são utilizadas em programações que segue determinada lógica para encontrar uma solução satisfatória. Contudo, o autor alerta que tais modelos não garantem a obtenção da solução ótima.

De acordo com Ballou (2006), os modelos de otimização, como o nome infere, garantem a obtenção da solução ótima. Esta garantia ocorre, pois estes se baseiam em modelos matemáticos para avaliação de todas as alternativas. Como ponto de atenção, o autor identifica que o elevado número de configurações analisadas pode acarretar em um período de processamento do modelo bastante alto, mesmo considerando os avanços computacionais das últimas décadas.

Geoffrion *apud* Yoshizaki (2002) afirma que os métodos exatos se mostram bastante adequados para análises em níveis estratégicos. Como principais motivadores, aponta a possibilidade de avaliar os inúmeros *trade-offs* envolvidos e os avanços computacionais obtidos.

Assim, analisando as possibilidades anteriormente descritas e baseando-se na afirmação de Geoffrion *apud* Yoshizaki (2002), define-se os modelos de otimização como os mais adequados para o estudo em questão.

Shapiro (2001) afirma que modelos de localização de centros de distribuição são aplicações clássicas de programação linear inteira mista (PLIM), nestes modelos a função objetivo normalmente consiste em minimizar a soma dos custos de armazenagem e transporte. Para o autor, o que torna PLIM tão usual em problemas como o em questão é a capacidade de trabalhar custos fixos de maneira ótima.

Como o problema de localização proposto visa identificar a localização e o número de centros de distribuição, o fato de tratar custos fixos de armazenagem de forma otimizante faz com que a PLIM seja definida como método a ser utilizado para neste estudo.

Segundo Shapiro (2001), a agregação de determinados dados – relativos a instalações, produtos, fornecedores e mercados – é a etapa inicial para utilização destes modelos em nível tático e estratégico sem perdas na qualidade dos resultados, possibilitando a resolução de problemas de localização através de modelos de otimização.

Algumas das principais simplificações aos modelos de localização que, de acordo com Ávila *apud* Silva (2007), podem ser efetuadas sem comprometer a qualidade das decisões nestes baseadas estão indicadas a seguir:

- Considerar a demanda concentrada em um único ponto;
- Considerar custos de fretes proporcionais às distâncias percorridas;
- Agregar os produtos.

Estas simplificações foram utilizadas para o problema em questão. A definição dos parâmetros utilizados para resolução deste problema é foco da seção 3.3.

## **2.4 SISTEMA TRIBUTÁRIO NACIONAL**

De acordo com Machado (2009), o código tributário nacional, em seu artigo terceiro, define tributo como sendo: “toda prestação pecuniária compulsória, em moeda ou cujo valor nela se possa exprimir, que não constitua sanção de ato ilícito, instituída em lei e cobrada mediante atividade administrativa plenamente vinculada”.

Para melhor compreender o direito tributário, faz-se necessário o entendimento de algumas expressões bastante utilizadas. De acordo com o entendimento de Machado (2009):

- Fato gerador: é definido pelo autor como sendo a situação, definida em lei, cuja ocorrência é necessária para que determinado tributo possa ser incidido. Ou seja, sem o acontecimento de tal fato, não se pode efetuar a tributação relacionada.
- Base de cálculo: é caracterizada pelo autor como sendo “a expressão econômica do fato gerador do tributo” e, segundo Machado (2009), é definida na lei que institui o tributo.

– Alíquota: o autor afirma que, no direito tributário, a palavra é utilizada como o percentual que se aplica à base de cálculo para, então, obter-se o valor do tributo.

Segundo Gusmão (2008), a tributação no Brasil se dá nos patamares federal, estadual e municipal, seguindo determinados princípios. Abaixo, seguem alguns dos tributos pontuados por Yoshizaki (2002):

– Princípio da legalidade: somente através de uma lei pode-se aumentar ou instituir qualquer tributo;

– Princípio da anterioridade: toda lei que estabeleça ou aumente determinado tributo deve ser instituída no exercício anterior ao início da cobrança;

– Princípio da irretroatividade das leis: só podem ser cobrados tributos baseados em fatos geradores posteriores à instituição do tributo.

– Princípio da liberdade de tráfego: proíbe a instituição de tributos intermunicipais e/ou interestaduais que visem à limitação do tráfego de pessoas ou bens.

– Princípio da uniformidade geográfica tributária e vedação de isenções heterônomas: impede que os diferentes Estados ou municípios recebam tratamento diferenciado, favorecendo alguns em detrimento de outros.

De acordo com Gusmão (2008), o sistema tributário brasileiro apresenta três espécies de tributo: taxa, contribuição de melhoria e imposto.

As taxas, segundo a autora, têm como fato gerador a prestação ou disponibilidade de determinado serviço público ao contribuinte e é instituída como forma de contraprestação.

Em relação às contribuições de melhorias, a autora pontua que são relacionadas a valorizações do imóvel do contribuinte através de obras públicas e têm o objetivo de ressarcir – parcial ou totalmente – os gastos incorridos pelo Estado para execução das obras.

No que trata dos impostos, Gusmão (2008) afirma que estes têm fato gerador independente de atividades estatais relacionadas aos contribuintes. Por tal razão, esta será a única das três espécies abordadas no modelo matemático a ser definido no capítulo 3.

A autora identifica a cobrança de tributos como sendo um instrumento para transferência de recursos do poder privado para o poder público, tendo o intuito de financiar as despesas estatais. Entretanto, segundo Machado (2009), apesar de este ser o objetivo principal não é o

único, podendo o tributo também ser utilizado, entre outros fins, como forma de intervir na economia privada, estimulando ou desestimulando determinadas atividades, setores ou regiões.

Machado (2009) afirma que a carga tributária brasileira não somente é bastante alta como também é crescente. Em seu estudo, Silva (2007) aponta que Ribeiro (1999) realizou um levantamento dos impostos incidentes em operações logísticas. Dos diversos tributos analisados, somente o ICMS incidia em todas as operações. Devido a grande penetração deste imposto nas operações logísticas, este será abordado no modelo de otimização.

#### **2.4.1 ICMS**

O ICMS – imposto sobre circulação de mercadorias e serviços – tem, segundo Gusmão (2008), seu fato gerador caracterizado, principalmente, por:

- Operações relacionadas à circulação de mercadorias;
- Prestações de serviços de transporte interestaduais e intermunicipais por qualquer via, de pessoas, bens, mercadorias ou valores;
- Prestações onerosas de serviços de comunicação, por qualquer meio.

Apesar de relacionado à circulação de mercadorias, tal tributo não infringe o princípio da liberdade de tráfego, pois, segundo Machado (2009), o termo circulação deve ser entendido como a circulação econômica que gera alteração na propriedade da mercadoria, sendo a principal dessas operações a compra e venda.

É importante ressaltar que, segundo o autor, transferências entre estabelecimentos de uma mesma companhia são considerados circulação de mercadorias quando há alteração do estoque em que estas estão alocadas.

Assim sendo, por exemplo, a transferência da fábrica para um laboratório no qual serão realizados testes microbiológicos na mercadoria para que, depois, a mesma retorne a fábrica

não é considerada circulação de mercadoria. Em contraposição, a transferência de produtos da fábrica para um centro de distribuição a partir do qual será realizada a venda o é.

Gusmão (2008) afirma que o ICMS possui caráter seletivo e não-cumulativo. A seletividade diz respeito à variação que o mesmo apresenta de acordo com as características da mercadoria ou do produto no qual está incidindo, de forma que as mercadorias definidas como de caráter essencial devem possuir alíquotas inferiores.

No que tange a não-cumulatividade, a autora define como o fato de que a quantia relativa ao imposto incidente em uma operação de compra caracteriza um crédito, que poderá ser utilizado em uma operação de venda que venha a gerar um débito. Pode-se dizer, portanto, que se trata de um imposto pago sobre o valor agregado da mercadoria.

Apesar de ser um imposto de caráter predominantemente fiscal, Machado (2009) aponta que este é também utilizado para regulação de mercado, não somente através da aplicação de diferentes alíquotas de acordo com características do produto e do local de origem e destino, mas também utilizando-se de benefícios fiscais – tema que será abordado na seção 2.4.1.2.

#### **2.4.1.1 Alíquotas**

Segundo Gusmão (2008), as alíquotas de ICMS para determinado produto são variáveis de acordo com a origem e o destino da mercadoria. As operações de circulação podem ocorrer no âmbito estadual ou interestadual e, para cada uma das situações mencionadas, existem diferentes alíquotas a serem aplicadas.

Em operações interestaduais, a UF de origem é arrecadadora de impostos, enquanto o pagamento é realizado pelo cliente, situado na UF destino. Nazario (2002) pontua que a fim de promover o equilíbrio socioeconômico das diversas regiões do país, são definidas alíquotas diferenciadas quando a UF de destino é predominantemente compradora e a origem produtora.

A Tabela 3 apresenta de forma resumida as alíquotas de ICMS para operações interestaduais. Os Estados considerados predominantemente exportadores são: Minas Gerais,

Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Rio de Janeiro. Contudo, na origem, o Rio de Janeiro encontra-se descrito separadamente, pois suas alíquotas são um ponto percentual superiores que as estipuladas para os demais Estados exportadores. Segundo Carraro (2009), esta diferenciação se dá devido o Fundo de Combate à Pobreza existente nesta UF.

Tabela 3: Alíquotas interestaduais – ICMS

<b>Operações interestaduais</b>		
origem \ destino		
	UF Exportadora	UF Importadora
UF Exportadora	12%	7%
UF Importadora	12%	12%
Rio de Janeiro	13%	8%

Como se pode verificar, a regra geral define alíquota de 12%. Como exceção, UF de origem predominantemente exportadoras incorrem alíquota de 7% quando a UF de destino é predominantemente exportadora. Além dos casos do Rio de Janeiro, descritos acima.

Tabela 4: Alíquotas internas à UF – ICMS

<b>Operações internas à UF</b>	
MG, PR e SP	18%
RJ	19%
Demais UF	17%

A Tabela 4 resume as informações relativas às alíquotas de ICMS para operações interna a determinada UF. Os Estados de Minas Gerais, Paraná e São Paulo apresentam alíquota de 18%. O Estado do Rio de Janeiro, 19 % - a diferença de um ponto percentual em relação as Estados anteriormente citados também se dá devido o Fundo de Combate a Pobreza, segundo Carraro (2009). As demais UF apresentam alíquota de 17%.

Segundo Nazario (2002), a base de cálculo para o ICMS é composta pelo preço de venda da mercadoria, incluindo-se o valor relativo ao tributo – ou seja, este integra sua base de cálculo. Assim sendo, o valor de tributação a ser pago não é resultado de uma multiplicação direta entre o valor do produto e o valor da alíquota, devendo ser calculado conforme a equação que se segue:

$$Valor\_ICMS = \left( \frac{valor\_do\_produto}{1 - alíquota} - valor\_do\_produto \right)$$

A Tabela 5 ilustra um exemplo de cálculo do ICMS. Para tanto, partiu-se de um produto genérico e aplicou-se a alíquota do imposto, considerando-se uma operação de venda interna ao Estado de São Paulo.

Tabela 5: Cálculo de ICMS

<b>Operação interna a São Paulo</b>	
Preço de venda	R\$ 200,00
Alíquota	18%
ICMS destacado	$R\$ \frac{200,00}{(1-0,18)} - 200,00 = R\$ 43,90$
Valor da NF	R\$ 243,90

Fonte: Adaptado de Nazario (2002)

Note-se que, apesar de a alíquota ser de 18%, o valor a ser pago pelo imposto equivale a 21,95% do preço de venda do produto. Este fato ocorre devido, como mencionado anteriormente, o ICMS estar contido em sua base de cálculo.

Analisar-se, então, como ocorre a geração de créditos e débitos ao longo da cadeia de suprimentos. Para tanto, utiliza-se exemplo adaptado de Silva (2007), ilustrado na Figura 8.

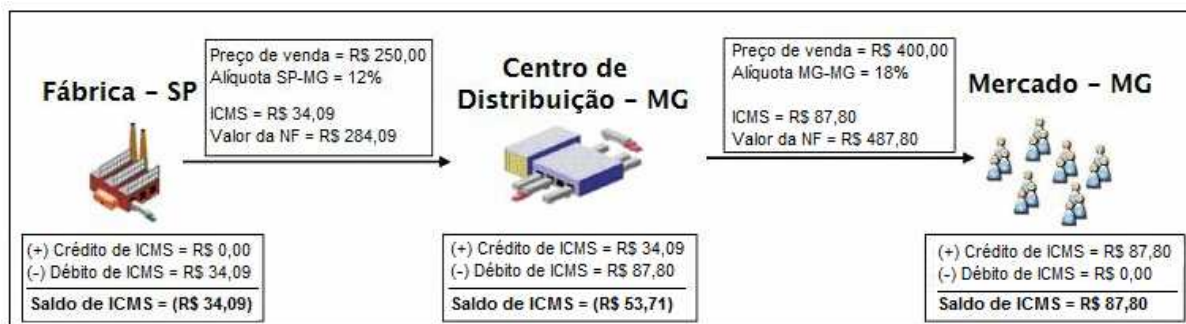


Figura 8: Fluxo da Cadeia com ICMS (SP-MG-MG)

Fonte: Adaptado de Silva (2007) e Carraro (2009)

Tem-se um produto qualquer, com valor de fábrica, sem impostos, equivalente a R\$250,00. Ao realizar uma venda ao centro de distribuição, a fábrica gera um débito de ICMS no valor de R\$34,09, enquanto o CD gera um crédito de igual valor. Ao vender o produto para o cliente (mercado), o armazém obtém um débito no valor de R\$87,80. Dessa forma,



compensando os débitos e créditos gerados, resulta ao CD um saldo negativo no valor de R\$53,71.

Em outro exemplo, também adaptado da autora, mantêm-se os preços de venda dos produtos e altera-se a localização do centro de distribuição. Analisando a Figura 9, observa-se que há variação nos débitos e créditos gerados ao longo da cadeia.

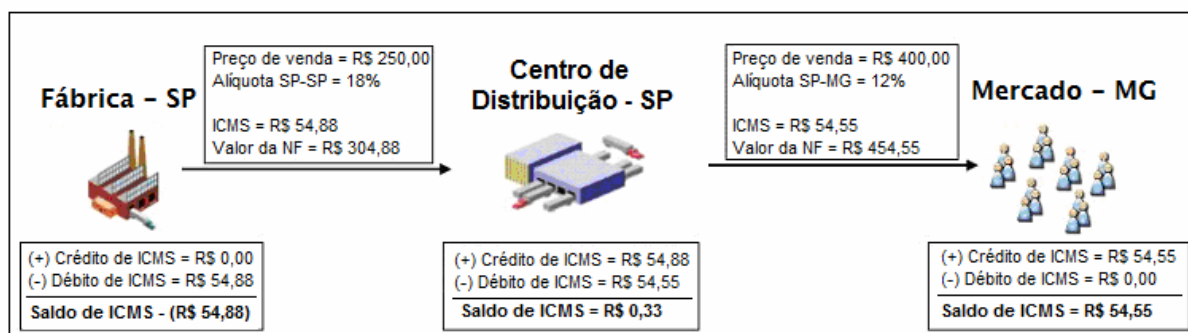


Figura 9: Fluxo da Cadeia com ICMS (SP-SP-MG)  
Fonte: Adaptado de Silva (2007) e Carraro (2009)

Note-se que os preços de venda permaneceram os mesmos. Contudo, os créditos e débitos gerados ao longo da cadeia variaram, de forma que o Saldo de ICMS no CD que, no exemplo da Figura 8, possuía valor negativo, passa a obter valor positivo.

Pantalena (2004) aponta que não é interessante para a companhia, ao longo dos anos, gerar créditos de ICMS superiores aos débitos, pois estes se caracterizam em “créditos mortos”, sendo considerados despesas da organização.

Silva (2007) afirma que, baseado nos exemplos acima citados, pode-se concluir que, é possível obter ganhos, de acordo com a localização das instalações. Para verificar a veracidade da conclusão obtida, a autora propõe a análise de um exemplo de problema de localização de um único centro de distribuição. Neste exemplo, a fábrica localiza-se em Sergipe e os clientes a serem atendidos, no Espírito Santo. Há três Estados candidatos: Bahia, Espírito Santo e Minas Gerais. A Tabela 6 apresenta a avaliação das alternativas citadas sem considerações logísticas, conforme elaborado pela autora.

Tabela 6: Avaliação das alternativas de localização

	<b>SE-ES-ES</b>	<b>SE-BA-ES</b>	<b>SE-MG-ES</b>
<b>COMPRA MATÉRIA PRIMA</b>			
Alíquota	12%	12%	12%
Valor do produto	R\$ 35,00	R\$ 35,00	R\$ 35,00
ICMS	R\$ 4,77	R\$ 4,77	R\$ 4,77
<b>Valor NF</b>	R\$ 39,77	R\$ 39,77	R\$ 39,77
Débito ICMS (Fornecedor)	-R\$ 4,77	-R\$ 4,77	-R\$ 4,77
Crédito ICMS (Fábrica)	R\$ 4,77	R\$ 4,77	R\$ 4,77
<b>TRANSFERENCIA PRODUTO ACABADO</b>			
Alíquota	12%	12%	12%
Valor do produto	R\$ 100,00	R\$ 100,00	R\$ 100,00
ICMS	R\$ 13,64	R\$ 13,64	R\$ 13,64
<b>Valor NF</b>	R\$ 113,64	R\$ 113,64	R\$ 113,64
Débito ICMS (Fábrica)	-R\$ 13,64	-R\$ 13,64	-R\$ 13,64
Crédito ICMS (CD)	R\$ 13,64	R\$ 13,64	R\$ 13,64
<b>VENDA AO VAREJISTA</b>			
Alíquota	17%	12%	7%
Valor do produto	R\$ 125,00	R\$ 125,00	R\$ 125,00
ICMS	R\$ 25,60	R\$ 17,05	R\$ 9,41
<b>Valor NF</b>	R\$ 150,60	R\$ 142,05	R\$ 134,41
Débito ICMS (CD)	-R\$ 25,60	-R\$ 17,05	-R\$ 9,41
Crédito ICMS (Varejista)	R\$ 25,60	R\$ 17,05	R\$ 9,41
<b>VENDA AO CONSUMIDOR</b>			
Alíquota	17%	17%	17%
Valor do produto	R\$ 150,00	R\$ 150,00	R\$ 150,00
ICMS	R\$ 30,72	R\$ 30,72	R\$ 30,72
<b>Valor NF</b>	R\$ 180,72	R\$ 180,72	R\$ 180,72
Débito ICMS (Varejista)	-R\$ 30,72	-R\$ 30,72	-R\$ 30,72

Fonte: Adaptada de Silva (2007)

A partir dos dados apresentados na Tabela 6, a autora identificou o resultado das partes envolvidas no exemplo: indústria, varejista e consumidor. O resultado encontra-se na Tabela 7.

Tabela 7: Comparativo de cenários sob ótica fiscal – fluxo de caixa

	SE-ES-ES	SE-BA-ES	SE-MG-ES
<b>INDÚSTRIA</b>			
Pagamento MP (Fábrica)	-R\$ 39,77	-R\$ 39,77	-R\$ 39,77
Crédito ICMS MP(Fábrica)	R\$ 4,77	R\$ 4,77	R\$ 4,77
Crédito ICMS transferência (CD)	R\$ 13,64	R\$ 13,64	R\$ 13,64
Débito ICMS transferência (Fábrica)	-R\$ 13,64	-R\$ 13,64	-R\$ 13,64
Recebimento venda a varejista (CD)	R\$ 150,60	R\$ 142,05	R\$ 134,41
Débito ICMS venda a varejista (CD)	-R\$ 25,60	-R\$ 17,05	-R\$ 9,41
Balanco ICMS	-R\$ 20,83	-R\$ 12,27	-R\$ 4,64
Resultado indústria	R\$ 90,00	R\$ 90,00	R\$ 90,00
<b>VAREJISTA</b>			
Compra produto acabado	-R\$ 150,60	-R\$ 142,05	-R\$ 134,41
Crédito ICMS compra produto acabado	R\$ 25,60	R\$ 17,05	R\$ 9,41
Venda ao consumidor	R\$ 180,72	R\$ 180,72	R\$ 180,72
Débito ICMS venda ao consumidor	-R\$ 30,72	-R\$ 30,72	-R\$ 30,72
Balanco ICMS	-R\$ 5,12	-R\$ 13,68	-R\$ 21,31
Resultado varejista	R\$ 25,00	R\$ 25,00	R\$ 25,00
<b>CONSUMIDOR</b>			
Valor ICMS pago	-R\$ 30,72	-R\$ 30,72	-R\$ 30,72
Valor produto pago	-R\$ 180,72	-R\$ 180,72	-R\$ 180,72

Fonte: Adaptada de Silva (2007)

Através das informações constantes na Tabela 7, pode-se notar que o resultado financeiro não varia de acordo com a localização das instalações. A variação existente consiste apenas no balanço de ICMS ao longo da cadeia.

Entretanto, Silva (2007) alerta que apesar de, quando analisado de forma isolada, o ICMS não gerar impactos na estrutura logística, existem alguns fatores relacionados a este tributo que a influenciam. Dentre eles, a autora destaca:

- Prazo para compensação de saldo: constante no estudo de Ribeiro (1999), o prazo para compensação pode ser realizado anteriormente ou posteriormente ao recebimento pelas vendas.
- Sonegação fiscal: tema abordado por Yoshizaki (2002), a sonegação pode ocorrer em diversos níveis ao longo da cadeia;
- Concessão de benefício: tema abordado pela própria autora, será detalhado na seção que se segue, devido a grande aderência ao problema foco deste estudo.

### 2.4.1.2 Benefícios fiscais

Os benefícios fiscais constituem prática bastante usual entre os Estados brasileiros para atrair investimentos (NETTO, 2003). Segundo Machado (2009), as inúmeras concessões de incentivos oferecidas pelos diferentes Estados do país geram a “guerra fiscal”.

O autor afirma que a Constituição Federal, em seu artigo 151, admite a concessão de incentivos fiscais desde que estes auxiliem na promoção do equilíbrio sócio-econômico das diversas regiões do país. Assim sendo, são percebidos de forma diferentes os benefícios oferecidos por Estados ricos e por Estados pobres, pois os primeiros não somente não contribuem para a diminuição das desigualdades regionais, como tendem a intensificá-las.

De acordo com Netto (2003), existem inúmeras espécies de benefícios, todavia, estes podem ser classificados em dois principais grupos: crédito financeiro e crédito presumido. O crédito financeiro trata do financiamento de parte ou da totalidade dos débitos de ICMS da organização. Dessa forma, o prazo para efetuação dos pagamentos é prolongado. No que tange o crédito presumido, há redução do montante base para cálculo do imposto, sem que este valor seja alterado na nota fiscal.

O autor pontua que o incentivo baseado em crédito presumido se mostra mais eficiente para atrair investimentos, pois este reduz o valor a ser pago pelo contribuinte, fato que não ocorre com o crédito financeiro. Dessa forma, este estudo considerará as vantagens oriundas do crédito presumido de ICMS.

Segundo informações da área fiscal da Companhia X, a quantia relativa ao benefício baseado em crédito presumido pode ser calculada da seguinte maneira:

$$Valor\_Benefício = valor\_produto * beneficio\% * \left( \frac{1}{1 - alíquota\_ICMS} - 1 \right)$$

A Figura 10 ilustra os diferentes comportamentos nos créditos e débitos de ICMS com e sem a aplicação do incentivo fiscal através do crédito presumido. Para tanto, utiliza-se do exemplo de um fornecedor localizado no Estado de São Paulo e de um comprador situado na Bahia. Note-se que, conforme afirma Netto (2003), com a instituição desta espécie de

incentivo há redução na quantia recolhida. O débito gerado ao fornecedor é diminuído, enquanto o crédito do comprador se mantém.

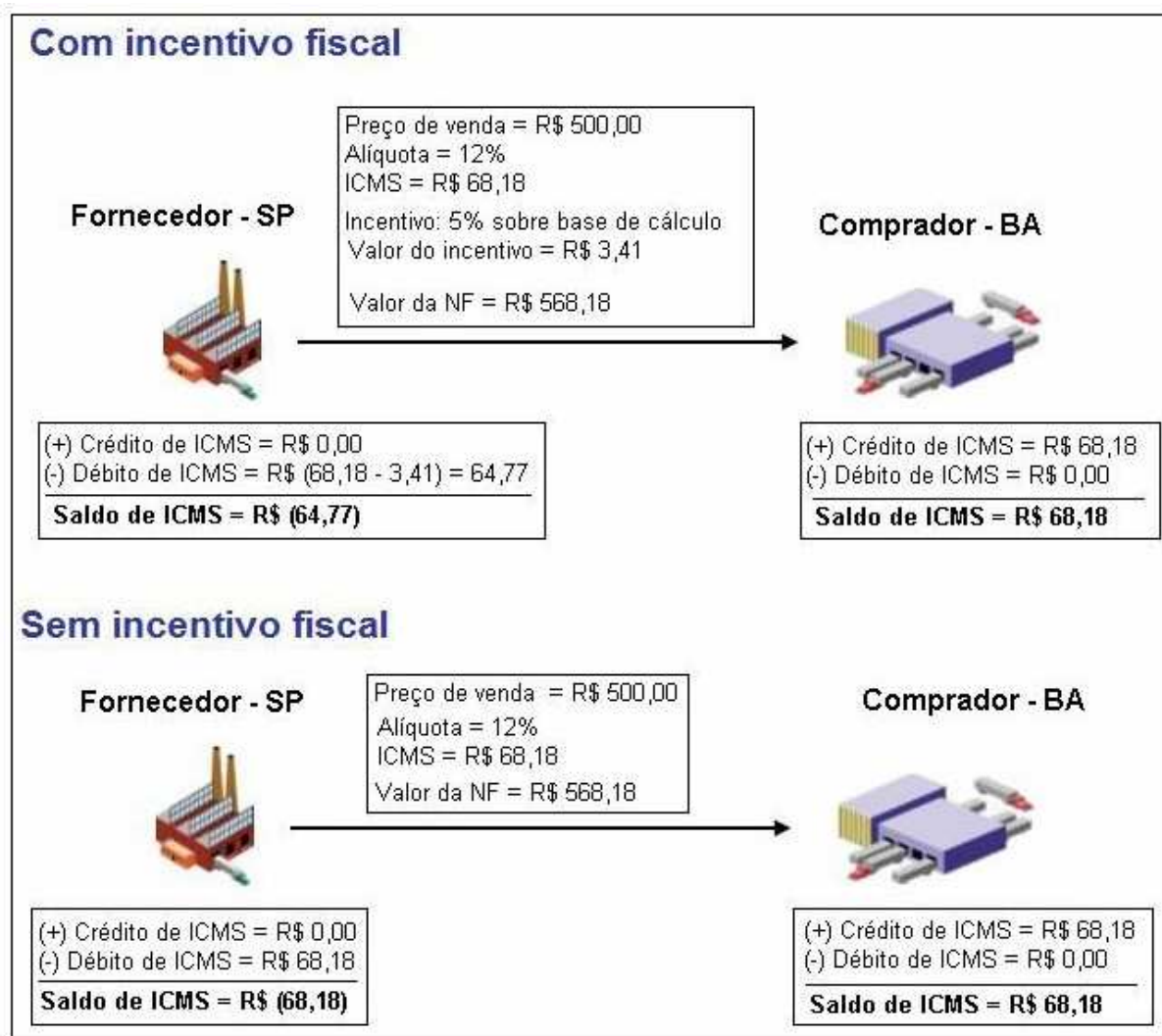


Figura 10: Aplicação do crédito presumido do ICMS

## 2.5 MODELOS CONSIDERANDO IMPACTOS FISCAIS

A forma como está estruturado o sistema tributário nacional tem forte impacto nas malhas logísticas do país. As variações de alíquotas e os benefícios resultantes da guerra fiscal alteram a lógica de distribuição no Brasil. Como resultado, a menor distância a ser percorrida

por uma mercadoria não é, necessariamente, o caminho ideal a fim de se minimizar os custos (NAZARIO, 2002).

Segundo Carraro (2009), apesar de ser foco de estudo recente na literatura, a consideração dos impactos fiscais nos problema de localização brasileiros já é bastante disseminada.

Dentre os modelos analisados, o proposto por Silva (2007) se mostrou bastante aderente ao problema em questão, pelo tratamento dado aos benefícios. Tendo sido este fator decisivo para escolha do modelo da autora como base para desenvolvimento do modelo a ser utilizado neste estudo.

A autora pontua que o modelo criado tem como função objetivo a redução do custo total incorrido, sendo este composto por uma parcela referente aos custos logísticos e outra referente ao benefício fiscal. A primeira parcela é composta pelos custos de frete de entrega e transferência, pelos custos do CD e pelo custo de transbordo na fábrica. Quanto à segunda parcela, esta se refere ao ganho auferido com benefícios fiscais e, por tal razão, possui sinal inverso à primeira.

Além de definir as variáveis binárias e as não nulas, as restrições constantes no modelo proposto pela autora abrangem os seguintes pontos:

- Toda a demanda deve ser atendida;
- A quantidade movimentada pelo CD não pode exceder a capacidade do mesmo;
- Deve haver somente uma capacidade de expedição em cada CD;
- O fluxo de mercadoria no centro de distribuição deve respeitar o valor mínimo desejado;
- Toda quantidade expedida por um determinado CD deve ser igual à quantidade por ele recebida;
- Não deve haver geração de crédito morto no CD;
- Cálculo do benefício fiscal.

O modelo elaborado por Silva (2007) encontra-se detalhado a seguir, conforme descrito pela autora.

## Índice

$i$	Fábrica; $i=1,2,...,I$
$j$	Centros de Distribuição; $j=1,2,...,J$
$k$	Mercados; $k=1,2,...,K$
$p$	Produtos; $p=1,2,...,P$
$n$	Nível de capacidade dos CDs; $n=1,2,...,N$

## Parâmetros

$Dem_{pk}$	Demanda do produto $p$ no mercado $k$ (t/ano);
$CapFab_{ip}$	Capacidade da fábrica $i$ para produzir o produto $p$ (t/ano);
$CapCD_{jn}$	Capacidade do CD $j$ no nível de capacidade $n$ (t/ano);
$CTrns_{ij}$	Custo do frete de transferência da fábrica $i$ para o CD $j$ (R\$/t);
$FixCD_{jn}$	Custo fixo do CD $j$ com capacidade $n$ (R\$/ano);
$CvCD_j$	Custo variável de transbordo no CD $j$ (R\$/t);
$CvF_i$	Custo variável de transbordo na fábrica $i$ (R\$/t)
$AlíqICMS_{ij}$	Alíquota de ICMS correspondente ao arco com origem na fábrica $i$ e destino no CD $j$ ;
$AlíqICMS_{jk}$	Alíquota de ICMS correspondente ao arco com origem no CD $j$ e destino no mercado $k$ ;
$AlíqBef_j$	Percentual relativo ao crédito presumido fornecido pelo benefício em relação à base de cálculo, no CD $j$ ;
$PT_p$	Custo de produção do produto $p$ sem o ICMS, ou seja, o valor utilizado na NF de transferência do produto, sobre o qual incide o ICMS (R\$/t);

$PV_p$  Preço de venda do produto p sem o ICMS, ou seja, custo de produção + margem, sobre o qual incide o ICMS (R\$/t);

$F_{MIN}$  Constante referente ao fluxo mínimo de operação dos CDs (%).

Variáveis

$Trns_{ijp}$  Quantidade do produto p transferida da fábrica i para o CD j (t/ano);

$DstrD_{jpk}$  Quantidade do produto p distribuída do CD j para o mercado k (t/ano);

$BF_j$  Ganho auferido com o benefício fiscal com a distribuição a partir do CD j (R\$/ano);

$Z_{jn}$  Variável binária: assume valor 1 caso o CD j com capacidade n esteja aberto e 0 em caso contrário;

$CT$  Custo total da operação (R\$/ano).

Função objetivo

– Minimizar Custo Total (CT)

$$\begin{aligned}
 CT = & \sum_i \sum_j \sum_p (Trns_{ijp} X CT_{rs_{ij}}) & / \text{ (A) Custo do frete de transferência i – j} \\
 & + \sum_j \sum_p \sum_k (DstrD_{jpk} X CD_{str_{jk}}) & / \text{ (B) Custo do frete de distribuição j – k} \\
 & + \sum_{jn} (Z_{jn} X FixCD_{jn}) & / \text{ (C) Custo fixo anual do CD j} \\
 & + \sum_j \sum_k \sum_p (DstrD_{jpk} X CvCD_j) & / \text{ (D) Custo de transbordo no CD j} \\
 & + \sum_i \sum_k \sum_p (Trns_{ijp} X CvF_i) & / \text{ Custo de transbordo na fábrica i} \\
 & - \sum_j BF_j & / \text{ (F) Ganho fiscal a partir do CD j}
 \end{aligned} \tag{1}$$



### Restrições

- Restrição de atendimento da demanda

$$Dem_{pk} = \sum_j DstrD_{jkp} \quad \forall k, \forall p \quad (2)$$

- Restrição de capacidade de operação do CD j

$$\sum_i \sum_p Trns_{ijp} \leq \sum_n (Z_{jn} XCapCD_{jn}) \quad \forall j \quad (3)$$

- Restrição para haver uma única capacidade de operação no CD j

$$\sum_n Z_{jn} \leq 1 \quad \forall j \quad (4)$$

- Restrição de fluxo mínimo no CD j com capacidade n

$$\sum_i \sum_p Trns_{ijp} \geq \sum_n (Z_{jn} XF_{MIN} XCapCD_{jn}) \quad \forall j, \forall n \quad (5)$$

- Balanço de massa no CD j

$$\sum_i Trns_{ijp} = \sum_k DstrD_{jkp} \quad \forall j, \forall p \quad (6)$$

- Saldo de ICMS nulo ou positivo no CD j

$$DstrD_{jkp} X \sum_j \left[ \left( \frac{PT_p}{1 - AliqICMS_{ij}} - PT_p \right) - \left( \frac{PV_p}{1 - AliqICMS_{jk}} - PV_p \right) - BF_j \right] \geq 0 \quad \forall j \quad (7)$$

- Binárias

$$Z_{jn} = \begin{cases} 1, & \text{se o CD j com capacidade n está operando} \\ 0, & \text{em caso contrário} \end{cases} \quad \forall j, \forall n \quad (8)$$

- Cálculo do ganho auferido

$$BF_j = \sum_p \left\{ \left[ \frac{PV_p}{1 - AliqBef_j} \right] - PV_p \right\} \quad \forall j \quad (9)$$

- Não-negatividade

$$Trns_{ijp} \geq 0 \quad \forall i, \forall j, \forall p \quad (10)$$

$$DstrD_{jkp} \geq 0 \quad \forall j, \forall k, \forall p \quad (11)$$

$$BF_j \geq 0 \quad \forall j \quad (12)$$

### 3 MODELAGEM DO PROBLEMA

Este capítulo visa retratar o modelo utilizado para geração de resultados dos cenários analisados neste estudo. Para tanto, utilizam-se três seções: definição do modelo, detalhamento do modelo e parâmetros do modelo.

Na definição, apresenta-se o modelo de programação linear inteira mista e as alterações realizadas no modelo proposto por Silva (2007) que, conforme abordado anteriormente, foi base para definição deste modelo.

A seção de detalhamento visa tratar na minúcia a modelagem do problema, descrevendo o significado de cada parcela da função objetivo e dos conjuntos de restrições determinados. Finalmente, nos parâmetros do modelo descrevem-se os dados de entrada obtidos e a forma de obtenção dos mesmos.

#### 3.1 DEFINIÇÃO DO MODELO

Conforme mencionado na seção 2.5, partiu-se do modelo de programação linear inteira mista proposto por Silva (2007) para definir o modelo utilizado neste estudo.

Para propiciar maior adequação ao caso em questão, foram realizadas algumas modificações no modelo de PLIM da autora. As alterações realizadas estão relatadas abaixo:

- Eliminação da parcela da função objetivo relacionada ao custo de transbordo da fábrica: uma vez que cada produto é manufatura em sua totalidade em uma única fábrica, tais custos não se mostram variáveis, uma vez que não está em questão alteração nas linhas de produção.
- Alteração na restrição de cálculo do benefício obtido: a forma como estava estruturado o cálculo do benefício fiscal não se enquadrava na maneira comumente utilizada pela organização em questão. Dessa forma, seguiu-se a maneira de cálculo indicada pela área

da Companhia X que trata de assuntos fiscais, a fim de garantir o alinhamento entre o modelo estabelecido e as práticas institucionais.

### Definição

A partir do modelo proposto por Silva (2007), realizando as modificações descritas acima, elaborou-se o modelo de PLIM utilizado neste estudo, apresentado abaixo. Vale mencionar que as possibilidades relacionadas aos índices descritos no modelo são apresentadas na seção 3.3.

### Índice

i	Estoque fabril; $i=1,2,...,I$
j	Centros de Distribuição; $j=1,2,...,J$
k	Mercados; $k=1,2,...,K$
p	Produtos; $p=1,2,...,P$
c	Nível de capacidade dos CDs; $c=1,2,...,C$

### Parâmetros

$Dem_{pk}$	Demanda do mercado k pelo produto p (Kl/ano);
$CapCD_{jc}$	Capacidade de expedição estabelecida para o CD j no nível c (Kl/ano);
$CTransf_{ij}$	Custo de frete para transferência do estoque fabril i para o CD j (R\$/Kl);
$CFCD_{jn}$	Custo fixo anual do CD j com capacidade c (R\$/ano);
$CVCD_j$	Custo variável do CD j (R\$/Kl);
$AlíqICMS_{ij}$	Alíquota de ICMS relacionada a origem no estoque fabril i com destino no CD j (%);

$AlíqICMS_{jk}$	Alíquota de ICMS relaciona a origem no CD j com destino no mercado k (%);
$AlíqBF_j$	Percentual de benefício oriundo de crédito presumido fornecido ao CD j (%);
$PT_p$	Preço do produto p, sobre o qual incidirá os impostos e, então, formará o valor constante na nota fiscal de transferência (R\$/Kl);
$PV_p$	Preço do produto p, sobre o qual incidirá os impostos e, então, formará o valor constante na nota fiscal de venda (R\$/Kl);
$F_{MIN}$	Fluxo percentual mínimo para operação de cada CD (%).

#### Variáveis

$Transf_{ijp}$	Quantidade do produto p transferida pela fábrica i ao CD j (Kl/ano);
$Distr_{jkp}$	Quantidade do produto p entregue pelo CD j ao mercado k (Kl/ano);
$BF_j$	Montante oriundo do benefício fiscal com entregas realizadas pelo CD j (R\$/ano);
$A_{jc}$	Variável binária: assume valor 1 caso o CD j com capacidade c esteja aberto e 0 em caso contrário;
$CT$	Custo total da operação (R\$/ano).

Função objetivo: Minimizar Custo Total (CT)

$$\begin{aligned}
 CT = & \sum_i \sum_j \sum_p (Transf_{ijp} X C Transf_{ij}) & / \text{ (A) Custo de transferência } i - j \\
 & + \sum_j \sum_p \sum_k (Distr_{jkp} X C Distr_{jk}) & / \text{ (B) Custo de entrega } j - k \\
 & + \sum_{jc} (A_{jc} X FixCD_{jc}) & / \text{ (C) Custo fixo anual do CD } j
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \sum_j \sum_k \sum_p (Distr_{jkp} XCVCD_j) & / \text{ (D) Custo variável no CD } j \\
& - \sum_j BF_j & / \text{ (E) Ganho fiscal no CD } j \quad (13)
\end{aligned}$$

### Restrições

- Atendimento da demanda

$$Dem_{pk} = \sum_j Distr_{jkp} \quad \forall k, \forall p \quad (14)$$

- Capacidade máxima de expedição do CD j

$$\sum_p \sum_k Distr_{jkp} \leq \sum_c (Z_{jc} XCapCD_{jc}) \quad \forall j \quad (15)$$

- Única capacidade de expedição no CD j

$$\sum_c A_{jc} \leq 1 \quad \forall j \quad (16)$$

- Fluxo mínimo no CD j

$$\sum_i \sum_p Transf_{ijp} \geq \sum_c (F_{MIN} XZ_{jc} XCapCD_{jc}) \quad \forall j \quad (17)$$

- Balanço de massa no CD j

$$\sum_i Transf_{ijp} = \sum_k Distr_{jkp} \quad \forall j, \forall p \quad (18)$$

- Não criação de “crédito morto” no CD j

$$\begin{aligned}
& \sum_p \sum_k \left[ \left( \frac{PV_p}{1 - AliqICMS_{jk}} - PV_p \right) XDistr_{jkp} \right] - & / \text{ (A)} \\
& - \sum_p \sum_i \left[ \left( \frac{PT_p}{1 - AliqICMS_{ij}} - PT_p \right) XTransf_{ijp} \right] - BF_j \geq 0 & / \text{ (B)} \quad \forall j \quad (19)
\end{aligned}$$

- Binárias de capacidade

$$Z_{jc} = \begin{cases} 1, \text{ se o CD } j \text{ está operando com capacidade } c \\ 0, \text{ em caso contrário} \end{cases} \quad \forall j, \forall c \quad (20)$$

- Cálculo do benefício obtido

$$BF_j = \sum_p \sum_k \left\{ \left[ \left( \frac{PV_p XAliqBef_j}{1 - AliqICMS_{jk}} \right) - PV_p XAliqBef_j \right] XDstrD_{jkp} \right\} \quad \forall j \quad (21)$$

- Não-negatividade

$$Transf_{ijp} \geq 0 \quad \forall i, \forall j, \forall p \quad (22)$$

$$Distr_{jkp} \geq 0 \quad \forall j, \forall k, \forall p \quad (23)$$

$$BF_j \geq 0 \quad \forall j \quad (24)$$

### 3.2 DETALHAMENTO DO MODELO

A função objetivo do modelo proposto visa minimizar o custo total incorrido, composto pelos custos de frete, custos dos CD e pelo benefício fiscal relativo ao ICMS. Os componentes do custo encontram-se descritos a seguir:

- Custo de transferência: Custos incorridos para levar o produto acabado do estoque fabril até os centros de distribuição;
- Custo de entrega: Custos incorridos para que o produto saia dos CDs e chegue aos clientes;
- Custo fixo do CD: Custos incorridos para manter o Cd aberto, independentemente do volume expedido;
- Custo variável do CD: Custos relativos à movimentação e armazenagem dos produtos no CD;

– Ganho fiscal: Ganhos fiscais relativos ao ICMS, possui sinal inverso às demais parcelas componentes do custo total.

No que tange as restrições, o modelo possui nove conjuntos:

- Atendimento da demanda

A demanda que determinado mercado tem por cada produto deve ser atendida na quantidade exata. Para tanto, estas restrições garantem que a soma da quantidade de produto  $p$  distribuída para o mercado  $k$  por todos os CDs seja igual à demanda deste mercado por tal produto.

- Binárias de capacidade

Como mencionado no modelo, estas variáveis apresentam valor 1 caso o CD  $j$  seja aberto com capacidade  $c$  e apresentam valor 0 em caso contrário.

- Única capacidade de expedição no CD  $j$

Restringe que seja atribuído, no máximo, um único nível de capacidade para cada CD. É importante notar que, caso a soma das binárias de capacidade no CD  $j$  apresentem valor zero, na solução encontrada não consta a abertura deste CD.

- Capacidade máxima de expedição no CD  $j$

Este conjunto de restrições impede que o volume expedido por cada CD exceda a sua capacidade. Para tanto, a soma da quantidade de todos os produtos  $p$  entregue pelo CD  $j$  a todos os mercados  $k$  não deve ultrapassar a capacidade do centro de distribuição. Como definido anteriormente, há somente uma capacidade possível para cada CD. Assim, a somatória  $\sum_n (Z_{jn} X Cap_{CD_{jn}})$  possui  $n-1$  parcelas iguais a zero e uma parcela equivalente a capacidade  $c$  definida para o CD  $j$ .

- Fluxo mínimo no CD  $j$

Este conjunto de restrição define que deve haver um volume mínimo movimentado no CD para que este seja aberto. O parâmetro de fluxo mínimo ( $F_{MIN}$ ) é estabelecido como um percentual da capacidade  $c$  definida para o CD  $j$ . A somatória dos volumes de cada produto  $p$



transferidos por cada estoque de fábrica  $i$  para o CD  $j$  deve ser superior ao fluxo mínimo determinado.

- Balanço de massa no CD  $j$

No que concerne os centros de distribuição abordados, não deve haver formação de estoque. Dessa forma, o volume de cada produto recebido pelo CD deve ser igual ao volume por ele expedido. Para garantir que tal afirmação seja respeitada, definiu-se que a somatória da quantidade de cada produto  $p$  transferida para o CD  $j$  por todas as fábricas  $i$  deve ser igual à somatória da quantidade de cada produto  $p$  distribuída pelo CD  $j$  para todos os mercados  $k$ .

- Não criação de “crédito morto” no CD  $j$

Este conjunto de restrições impede que o Saldo de ICMS seja positivo, ou seja, que haja crédito de ICMS. Conforme mencionado por Pantalena (2004), não é interessante para as empresas a obtenção de créditos não utilizados, pois, ao longo dos anos, estes se convertem em despesas para a companhia.

Para tanto, define-se que para cada CD  $j$  o débito de ICMS, considerado os benefícios fiscais obtidos, deve ser superior ao crédito gerado por aquele centro de distribuição.

- Benefício fiscal

Calcula o montante relativo ao ganho obtido através do crédito presumido de ICMS para o CD  $j$ . O benefício baseado em crédito presumido é executado na venda dos produtos do CD  $j$  e se trata de uma redução da base de cálculo do imposto. Assim sendo, este conjunto de equações define que a redução se dá através da multiplicação do percentual de benefício oferecido pelo preço de venda do produto  $p$ .

- Não-negatividade

Para o problema em questão, não há meio de se obter um valor negativo para a quantidade transferida e para a quantidade entregue. O mesmo ocorre para os benefícios fiscais que, caso obtivessem valor negativo, corresponderiam a aumento na quantidade a ser paga. Assim, estas restrições garantem que tais variáveis não assumam valor negativo.

### 3.3 PARÂMETROS DO MODELO

Esta seção descreve mais detalhadamente a abordagem dada ao caso em questão, apresentando as informações utilizadas como entrada para o modelo descrito no capítulo 3.

Conforme mencionado anteriormente, este trabalho apresenta informações de cunho estratégico para a organização. Dessa forma, as informações relativas a demanda, a custos e a margens foram alteradas, de forma a preservar o sigilo das informações da companhia e também a coerência dos resultados.

- Produtos

Os produtos acabados foram agrupados em três categorias distintas, baseadas em semelhanças de demanda, de local de produção e de preços. De acordo com Ávila *apud* Silva (2007) esta é uma das simplificações que podem ser realizadas sem prejudicar a qualidade dos resultados.

A Tabela 8 indica a previsão de volume anual de cada categoria a ser demandado em 2012. Os volumes utilizados neste trabalho tratam-se de previsões institucionais, obtidas junto à áreas responsável da Companhia X.

Tabela 8: Local de produção de cada categoria

<b>Categoria</b>	<b>Volume anual (Kl)</b>
C1	11.609
C2	49.045
C3	10.129

- Mercado

O agrupamento da demanda se trata de outra simplificação que, de acordo com Ávila *apud* Silva (2007), pode-se realizar sem comprometer os resultados. Verificou-se, então, a possibilidade de realizar o agrupamento através das mesorregiões do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – uma vez que este agrupamento já se mostrou coerente em estudos anteriores existentes na literatura como, por exemplo, Carraro (2009).

Para o caso em questão, também foi verificada a possibilidade de utilização deste agrupamento, pois, para cada mesorregião, os volumes mostram uma tendência de concentrar-se em uma única cidade, especialmente para as mesorregiões de maior extensão territorial. Este agrupamento totalizou, para o caso em questão, 55 (cinquenta e cinco) áreas

Para cada mesorregião, as cidades com maior volume foram consideradas cidades pólo, sendo a demanda considerada nestas sempre que necessário realizar cálculos de distâncias e custos relacionados.

A Figura 11 mostra como se comporta a demanda, para cada categoria, já agrupada em mesorregiões.

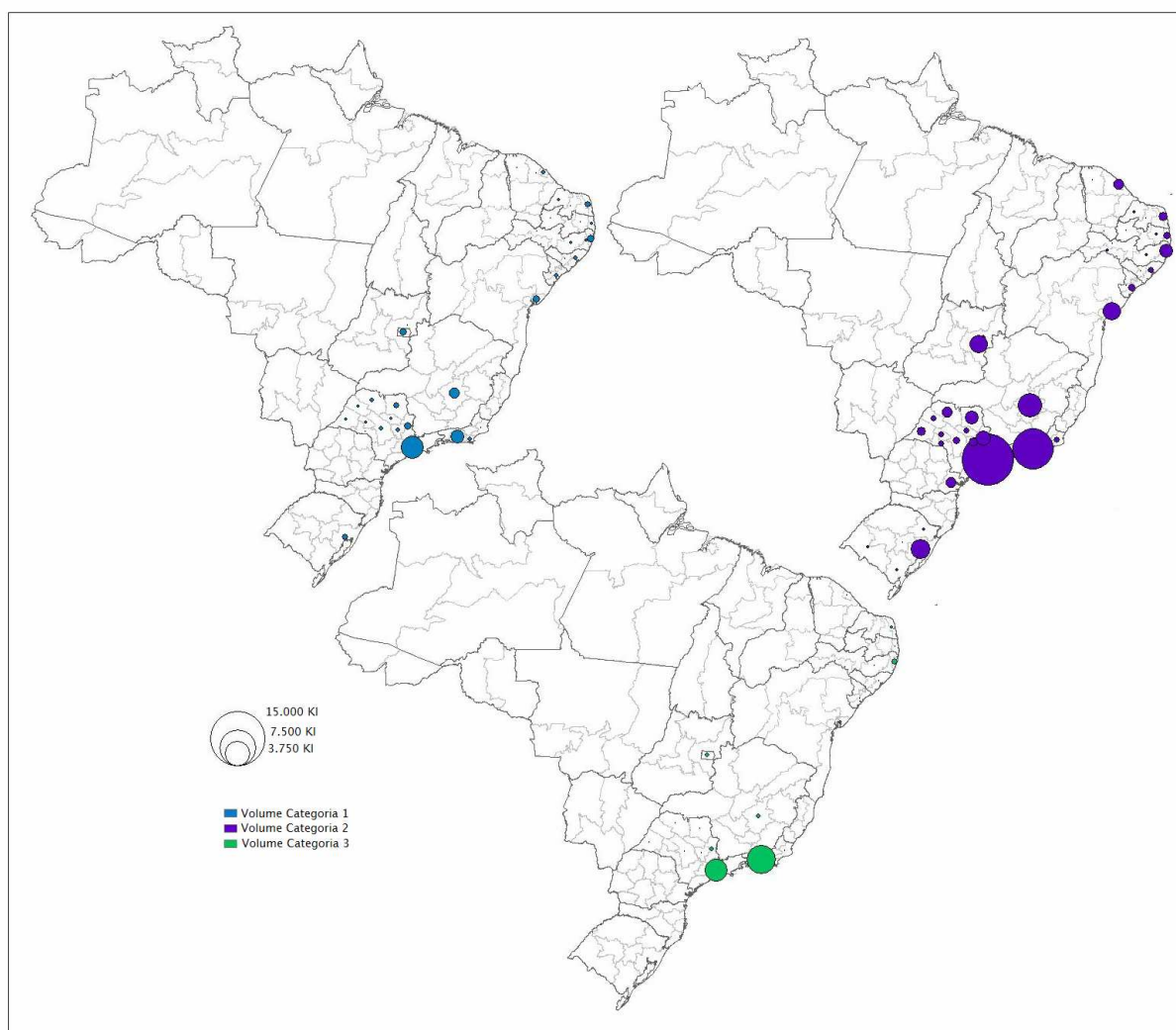


Figura 11: Distribuição da demanda  
Tabela 9: Relação de mesorregiões e cidades pólo

A Tabela 9 identifica as regiões consideradas com as respectivas cidades pólo.

UF	Mesorregião	Cidade pólo	UF	Mesorregião	Cidade pólo
AL	Agreste Alagoano	Arapiraca	RJ	Baixas	Cabo Frio
	Leste Alagoano	Maceió		Metropolitana do Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
	Sertão Alagoano	Delmiro Gouveia		Norte Fluminense	Macaé
BA	Metropolitana de Salvador	Salvador	RN	Agreste Potiguar	Santa Cruz
	Nordeste Baiano	Entre Rios		Central Potiguar	Caico
CE	Centro-Sul Cearense	Iguatu		Leste Potiguar	Natal
	Jaguaribe	Aracati		Oeste Potiguar	Mossoró
	Metropolitana de Fortaleza	Fortaleza	RS	Centro Oriental Rio-grandense	Santa Cruz do Sul
	Noroeste Cearense	Sobral		Metropolitana de Porto Alegre	Porto Alegre
	Norte Cearense	Canindé		Nordeste Rio-grandense	Caxias do Sul
	Sertões Cearenses	Quixada		Sudeste Rio-grandense	Pelotas
	Sul Cearense	Juazeiro do Norte		Sudoeste Rio-grandense	Dom Pedrito
DF	Distrito Federal	Brasília	SE	Agreste Sergipano	Lagarto
GO	Leste Goiano	Valparaíso de Goiás		Leste Sergipano	Aracaju
	Norte Goiano	Campos Belos		Sertão Sergipano	Canindé de São Francisco
MG	Metropolitana de Belo Horizonte	Belo Horizonte	SP	Araçatuba	Araçatuba
PB	Agreste Paraibano	Campina Grande		Araraquara	Araraquara
	Borborema	Santa Luzia		Assis	Assis
	Mata Paraibana	João Pessoa		Bauru	Bauru
	Sertão Paraibano	Patos		Campinas	Campinas
PE	Agreste Pernambucano	Caruaru		Litoral Sul Paulista	Itanhaem
	Mata Pernambucana	Vitória de Santo Antão		Macro Metropolitana Paulista	São Roque
	Metropolitana de Recife	Recife		Marília	Marília
	São Francisco Pernambucano	Petrolina		Metropolitana de São Paulo	São Paulo
	Sertão Pernambucano	Serra Talhada		Piracicaba	Piracicaba
PR	Centro Oriental Paranaense	Ponta Grossa		Presidente Prudente	Presidente Prudente
	Metropolitana de Curitiba	Curitiba		Ribeirão Preto	Ribeirão Preto
				São José do Rio Preto	São Jose do Rio Preto

- Instalações candidatas

A definição das instalações candidatas ocorreu em três etapas:

- Identificação das mesorregiões com os maiores volumes no país: como a demanda se mostra bastante concentrada, foram definidas como candidatas as regiões cuja soma de seus volumes totalizassem 80% do volume anual total da área de

atendimento direta. As localizações candidatas resultantes desta etapa, com seus respectivos volumes, estão descritas na Tabela 10.

Tabela 10: Localizações candidatas definidas na primeira etapa

<b>Mesorregião Geográfica</b>	<b>UF</b>	<b>Volume (Kl)</b>
Metropolitana de Fortaleza	CE	1.201
Metropolitana de Recife	PE	2.058
Metropolitana de Salvador	BA	2.949
Metropolitana de Belo Horizonte	MG	4.608
Metropolitana do Rio de Janeiro	RJ	15.156
Ribeirão Preto	SP	1.704
Campinas	SP	2.466
Metropolitana de São Paulo	SP	20.762
Metropolitana de Porto Alegre	RS	2.879
Distrito Federal	DF	3.075

– Identificação das mesorregiões com os maiores volumes nas UFs restantes: note-se que algumas das UFs contidas no escopo deste estudo não possuíam localizações candidatas definidas na primeira etapa. Todavia, caso se mantenha somente estas candidatas, pode ocorrer de o nível de serviço desejado pela organização não ser atendido. Dessa forma, esta segunda etapa constituiu-se na identificação da mesorregião com maior volume para cada uma das UF não contempladas na primeira definição. Os resultados obtidos estão listados na Tabela 11.

Tabela 11: Localizações candidatas definidas na segunda etapa

<b>Mesorregião Geográfica</b>	<b>UF</b>	<b>Volume (Kl)</b>
Leste Potiguar	RN	1.077,27
Mata Paraibana	PB	668,46
Leste Alagoano	AL	548,1
Leste Sergipano	SE	773,52
Metropolitana de Curitiba	PR	884,27
Leste Goiano	GO	283,5

– Acréscimo das localizações já existentes: as instalações já existentes também serão consideradas candidatas. Assim, a terceira etapa constituiu-se na adição das regiões nas quais já há um centro de distribuição e que ainda não haviam sido identificadas nas etapas anteriores. Conforme pode ser verificado na Tabela 12, somente uma mesorregião não havia sido listada anteriormente.

Tabela 12: Localização candidata definida na terceira etapa

<b>Mesorregião Geográfica</b>	<b>UF</b>	<b>Volume (Kl)</b>
Marília	SP	494,85

Para definir as distâncias e os custos relacionados, consideraram-se as instalações localizadas nas cidades com maior demanda de cada mesorregião candidata. Como exceção, apresentam-se os casos listados na Tabela 14.

Tabela 13: Exceções – cidades candidatas

Mesorregião Geográfica	UF	Cidade com maior demanda	Cidade candidata	Distância (Km)
Metropolitana de Belo Horizonte	MG	Belo Horizonte	Contagem	24,6
Metropolitana de São Paulo	SP	São Paulo	Taboão da Serra	16,1
Campinas	SP	Campinas	Vinhedo	26,6
Metropolitana de Porto Alegre	RS	Porto Alegre	Esteio	22,2

Tais exceções ocorrem, pois se tratam de locais onde a organização já possui centros de distribuição e a distância entre estes e as cidades com maior demanda das respectivas mesorregiões pode ser considerada bastante baixa. Dessa forma, a relação completa das localizações candidatas encontra-se detalhada na Tabela 14.

Tabela 14: Localizações candidatas

Mesorregião Geográfica	UF	Cidade	Localização atual
Metropolitana de Fortaleza	CE	Fortaleza	sim
Leste Potiguar	RN	Natal	sim
Mata Paraibana	PB	João Pessoa	não
Metropolitana de Recife	PE	Recife	sim
Leste Alagoano	AL	Maceió	sim
Leste Sergipano	SE	Aracaju	sim
Metropolitana de Salvador	BA	Salvador	sim
Metropolitana de Belo Horizonte	MG	Contagem	sim
Metropolitana do Rio de Janeiro	RJ	Rio de Janeiro	sim
Ribeirão Preto	SP	Ribeirão Preto	não
Campinas	SP	Vinhedo	sim
Marília	SP	Marília	não
Metropolitana de São Paulo	SP	Taboão da Serra	sim
Metropolitana de Curitiba	PR	Curitiba	sim
Metropolitana de Porto Alegre	RS	Esteio	sim
Leste Goiano	GO	Valparaíso de Goiás	não
Distrito Federal	DF	Brasília	sim

- Nível de serviço

Como mencionado, para a empresa em questão, nível de serviço é considerado o tempo despendido para atendimento do cliente, desde a entrada do pedido. Atualmente, a organização estipula que 98% (em volume) dos pedidos sejam atendidos em até 24 horas e o restante, em até 48 horas.

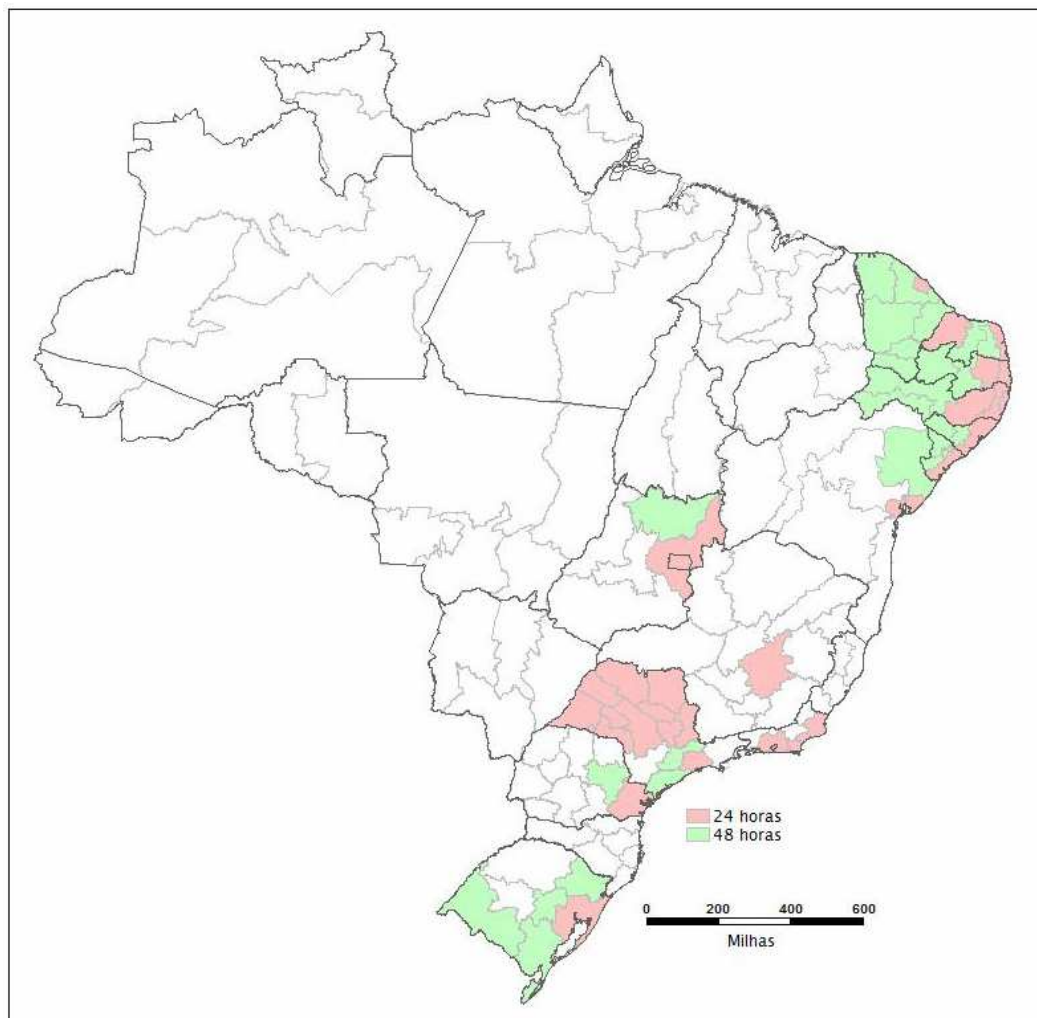


Figura 12: Distribuição do nível de serviço

Baseado no volume demandado por cada área, priorizou-se as mesorregiões com maior volume para atendimento em 24 horas. Estabeleceu-se que as áreas da Figura 12 em vermelho devem ser atendidas em até 24 horas e as áreas em verde, em 48 horas. É importante lembrar que os volumes utilizados equivalem somente aos distribuídos diretamente, ou seja, sem a utilização de distribuidores.

Assim como Yoshizaki (2002), as considerações de nível de serviço desejado foram realizadas através da atribuição de custos bastante elevados para fluxos de entrega que excedam determinada distância.

Este procedimento baseia-se no método do M-grande que, segundo Arenales *et al.* (2007), consiste na atribuição de valores exageradamente elevados para custos de fluxos não desejáveis, como forma de penalização.

Para definir qual a distância máxima equivalente ao nível de serviço que se deseja praticar, assim como Silva (2007), utilizou-se a equação da velocidade média, como indicado a seguir:

$$velocidade\_média = \frac{distância}{tempo} \Rightarrow distância = velocidade\_média * tempo$$

A velocidade média utilizada foi definida junto à área de operações da companhia e equivale a aproximadamente 65 Km/h. A jornada de trabalho estabelecida pela companhia é de 8 horas. Como ilustrado pela Figura 13, inúmeros clientes são atendidos durante uma viagem de entrega. Informações históricas institucionais mostram que o tempo médio gasto para atendido dos clientes é de duas horas.

Atualmente, é prática usual na companhia que os motoristas, caso necessário, durmam em estacionamentos credenciados junto à organização e continuem o trajeto – independentemente de se tratar da ida ou do retorno – no dia seguinte.

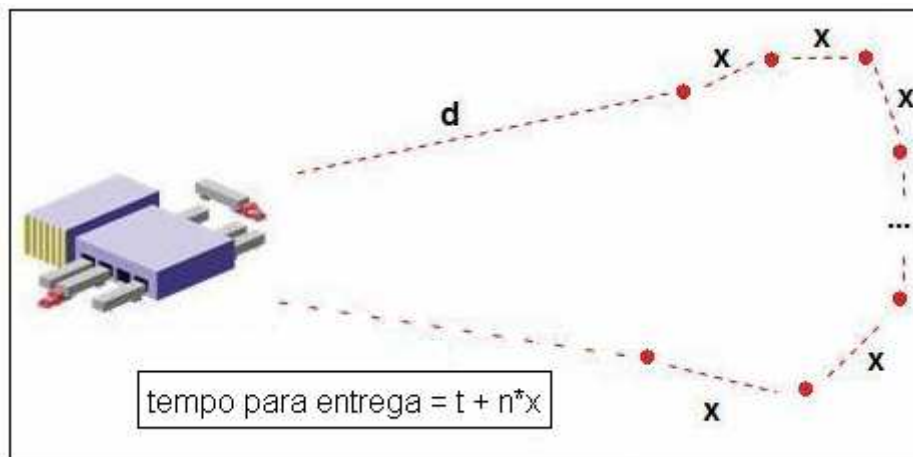


Figura 13: Tempo despendido para entrega

Dessa forma, para o período de entrega de 24 horas, utilizou-se o tempo máximo de 6 horas. Obteve-se, então, as distâncias máximas entre o CD e o cliente de aproximadamente 390 Km para atendimento em um dia e 810 Km para atendimento em 48 horas.

Dos 935 fluxos possíveis para entrega, 733 possuíam distância superior à desejada e, portando, a estes foram atribuídos custos bastante elevados, não seguindo a equação definida anteriormente, mas sim o método M grande.



- Capacidade das instalações

Por capacidade das instalações, entende-se a capacidade de expedição das mesmas. Práticas institucionais definem que, para os centros de distribuição da marca em questão, as quantidades máximas expedidas ao ano não devem ultrapassar 25 quilolitros por centro de distribuição, em razão da complexidade gerada para controle da qualidade. Para o modelo em questão, a definição dos níveis de capacidade se deu através de retro-alimentação dos parâmetros do modelo, como ilustra a Figura 14.

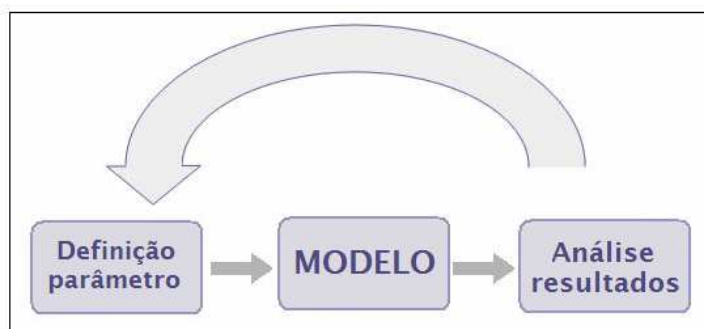


Figura 14: Definição dos níveis de capacidade

Definiram-se arbitrariamente alguns níveis de capacidade e analisou-se a qualidade dos resultados obtidos. Baseado nestes, redefiniu-se tais parâmetros, iniciado um novo ciclo. Este processo foi repetido inúmeras vezes, até que a definição fosse satisfatória e não prejudicasse a qualidade dos resultados. Os níveis estabelecidos encontram-se detalhados na Tabela 15:

Tabela 15: Níveis de capacidade dos CDs

Nível	Capacidade (Kl)
1	1.900
2	2.500
3	3.300
4	4.300
5	5.700
6	7.500
7	18.000
8	25.000

- Custos armazenagem

Os custos de armazenagem foram obtidos junto à área de compras da companhia. Rotineiramente, a área baseia-se em cotações com operadores logísticos com os quais a organização trabalha para definir uma tabela de cotações. A partir desta tabela, a área gera curvas de custos que são utilizadas como dado de entrada para projetos logísticos da organização.

Os valores obtidos mostram-se bastante altos quando comparados com os valores relativos às cargas secas da companhia. De acordo com informações da área de compras de serviços logísticos da empresa, os principais direcionadores que geram tamanha esta diferença são os gastos com energia elétrica e com mão-de-obra. O custo de mão-de-obra se mostra mais elevado, pois há necessidade de permanência durante longos períodos dentro das câmaras frias para manuseio dos produtos. Por possuírem temperatura em torno de  $-28^{\circ}\text{C}$ , a necessidade de permanência contínua nas câmaras frias gera aumento na periculosidade do cargo e, portanto, aumento dos custos relacionados.

- Fretes

Com finalidade de definir os custos de frete, estes foram considerados proporcionais às distâncias percorridas. Conforme mencionado anteriormente, Ávila *apud* Silva (2007) afirma que esta aproximação pode ser efetuada sem comprometer decisões tomadas a partir dos resultados a serem obtidos.

Para isso, utilizaram-se bases de dados institucionais contendo informações de um ano, tanto para entrega quanto para transferência. Antes de identificar um padrão comportamental para os dados, foram desconsiderados os *outliers*.

Para os custos de transferências, a amostra possuía 9.040 elementos e encontrou-se a seguinte equação, com  $r^2$  igual a 0,91:

$$\text{Custo}_{\text{transferência}} = 28,06 + 0,08 * \text{distância}$$

No que tange os custos de entrega, a base de dados possuía 61.956 valores de fretes pagos e foi encontrado um  $r^2$  igual a 0,87:

$$Custo\_entrega = 157,92 + 0,12 * distância$$

Para ambas as equações, foi realizado um teste de hipótese a fim de se verificar se correlação encontrada é estatisticamente significativa. Em ambos os casos, para um nível de significância de 1%, pode-se afirmar existência de correlação e, portanto, as equações se mostram válidas. A unidade de distância é quilômetros e os custos são obtidos em reais por quilolito (R\$/kl).

- Distâncias

As distâncias foram obtidas através de uma ferramenta institucional que calcula a distância percorrida através das rotas cadastradas. Para as transferências, as distâncias encontram-se identificadas na Tabela 16.

Tabela 16: Distâncias de transferência

<b>Cidade origem</b>	<b>UF origem</b>	<b>Cidade destino</b>	<b>UF destino</b>	<b>Distância (Km)</b>
Recife	PE	Taboão da Serra	SP	2632
Recife	PE	Fortaleza	CE	803
Recife	PE	Brasília	DF	2133
Recife	PE	Valparaíso de Goiás	GO	2167
Recife	PE	Contagem	MG	2042
Recife	PE	João Pessoa	PB	123
Recife	PE	Maceió	AL	261
Recife	PE	Curitiba	PR	3019
Recife	PE	Rio de Janeiro	RJ	2297
Recife	PE	Natal	RN	287
Recife	PE	Esteio	RS	3697
Recife	PE	Aracajú	SE	497
Recife	PE	Marília	SP	2772
Recife	PE	Ribeirão Preto	SP	2511
Recife	PE	Salvador	BA	807
Recife	PE	Vinhedo	SP	2598
Taboão da Serra	SP	Recife	PE	2650
Taboão da Serra	SP	Fortaleza	CE	2964
Taboão da Serra	SP	Brasília	DF	1012
Taboão da Serra	SP	Valparaíso de Goiás	GO	978
Taboão da Serra	SP	Contagem	MG	614
Taboão da Serra	SP	João Pessoa	PB	614
Taboão da Serra	SP	Maceió	AL	2416
Taboão da Serra	SP	Curitiba	PR	389
Taboão da Serra	SP	Rio de Janeiro	RJ	481
Taboão da Serra	SP	Natal	RN	2841
Taboão da Serra	SP	Esteio	RS	1067
Taboão da Serra	SP	Aracajú	SE	2167
Taboão da Serra	SP	Marília	SP	460
Taboão da Serra	SP	Ribeirão Preto	SP	329
Taboão da Serra	SP	Salvador	BA	1978
Taboão da Serra	SP	Vinhedo	SP	90,8

- Incentivos fiscais

Como já mencionado, não cabe a este estudo o mapeamento completo de benefícios possíveis, mas sim a análise de como a atribuição de um incentivo poderia gerar impacto na malha logística ótima.

Para tanto, primeiramente identificou-se não haver estudos realizados pela área fiscal da organização sobre possíveis incentivos para centros de distribuição da marca de sorvetes da companhia.

Dessa forma, buscou-se identificar algum possível benefício fiscal para a malha em questão. Verificou-se que dentre os nove incentivos apresentados por Silva (2007), um condizia às características do problema estudado.

O benefício apontado na Tabela 17 foi considerado possível candidato à análise não somente pelas características necessárias para atribuição dos benefícios serem supridas pela situação estudada, como também por já haver atualmente um CD localizado em Minas Gerais propício a análise de inclusão de benefício fiscal, como será descrito na seção 0.

Tabela 17: Incentivos fiscais baseados em crédito presumido de ICMS

UF	Operação	Mercadoria	Benefício	Legislação
MG	Mercadorias remetidas por estabelecimento atacadista ou central de distribuição para comercialização, produção ou industrialização.	Qualquer mercadoria.	Crédito presumido de 9% sobre a base de cálculo.	Art. 75, inc XIV do RICMS/MG

Fonte: adaptado de Silva (2007)

Após esta identificação, foi analisado junto à área fiscal da organização se realmente havia aderência entre o incentivo proposto e a situação da companhia. A aderência foi confirmada pela área. Contudo, é importante mencionar que o processo de obtenção de benefícios fiscais envolve negociações e questões legais específicas, acarretando tempo até sua concretização.

## 4 APLICAÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

Este capítulo tem como intuito a apresentação dos cenários que serão considerados, bem como a exposição dos resultados obtidos e análise destes.

Para execução do modelo foi utilizado o software *What'sBest!*, da LINDO *systems*. O programa escolhido tem interface com o *Microsoft Office Excel*, planilha eletrônica da *Microsoft*.

A escolha do programa se deu pela rapidez e pela facilidade na estruturação do modelo que este proporciona. Ballou & Masters *apud* Lacerda (2009) realizaram pesquisa que apontou a facilidade de utilização como o principal critério considerado na escolha de *softwares* para localização e distribuição da produção.

Como vantagem desse tipo de aplicativo, Lacerda (2009) ressalta o claro entendimento da lógica, sem necessidade de conhecimento de linguagens de programação. No que tange a desvantagem, o autor pontua a dificuldade de alterações da lógica e do dimensionamento do modelo, as quais não serão efetuadas neste estudo.

Anteriormente à aplicação do modelo para obtenção dos resultados para cada um dos cenários, houve uma etapa de verificação da aderência das premissas utilizadas para elaboração do modelo e definição dos parâmetros. Para tanto, utilizou-se as informações de demanda, fluxos e capacidades históricas e comparou-se os resultados obtidos do modelo com as informações apuradas pela organização.

### 4.1 CENÁRIO BASE

Este cenário foi definido como a permanência das instalações nas localizações atuais. Foi elaborado com o propósito de ser padrão comparativo os cenário otimizado, identificando a grandeza dos possíveis ganhos.

Uma vez que a intenção é refletir a estrutura atual para a demanda de 2012, foram definidas que todas as localizações atuais, e somente estas, deveriam ser mantidas abertas, adaptando-se as capacidades relacionadas.

Para garantir que todas as instalações atuais fossem abertas, alterou-se o conjunto de restrições que garantiam a atribuição de no máximo uma capacidade não nula a cada CD  $j$  ( $\sum_c A_{jc} \leq 1$ ) para restrições que garantiam a atribuição de exatamente uma capacidade não nula a cada CD  $j$  ( $\sum_c A_{jc} = 1$ ).

Além das alterações relacionadas à localização do centro de distribuição, o modelo apresentado no capítulo 3 foi alterado nos seguintes pontos:

- Eliminação da parcela da função objetivo relacionada ao benefício fiscal;
- Eliminação do conjunto de restrições de cálculo do benefício fiscal;
- Eliminação do conjunto de restrições de não geração de “crédito morto”.

É importante notar que, como a localização é pré-estabelecida, a otimização ocorre apenas definindo os seguintes pontos:

- Capacidades de expedição;
- Qual estoque de fábrica a atender cada CD;
- Quais mercados devem ser atendidos por cada centro de distribuição.

Não foi possível a obtenção de resultado quando consideradas restrições relativas a fluxo mínimo no CD e os níveis de capacidade definidos no capítulo anterior, sendo a solução infactível. Isto ocorreu, pois a restrição garantindo a abertura de centros de distribuição em todas as localizações atuais fez com que os CD tivessem capacidade de expedição menor em relação ao cenário otimizado, utilizado na definição dos níveis de capacidade e que será descrito posteriormente.

Assim, houve um processo de redefinição dos níveis de capacidade dos CDs para este cenário de forma a, concomitantemente, manter o fluxo mínimo percentual desejado e viabilizar uma solução factível.

Tabela 18: Níveis de capacidade dos CDs – cenário base

Nível	Capacidade (Kl)
1	900
2	1.500
3	2.500
4	3.500
5	5.000
6	7.500
7	18.000
8	25.000

A definição de tais níveis relacionados na Tabela 18 ocorreu através de iterações e análises de resultados, de forma semelhante à definição dos parâmetros para otimização, descritos na seção 3.3.

Como se pode verificar na Tabela 19, a rede logística conta com 14 centros de distribuição, e as capacidades utilizadas, na maioria dos casos, atinge níveis inferiores a 95%. É importante frisar que, apesar deste cenário considerar as localizações atuais, as capacidades definidas não consistem nas atualmente praticadas, pois estas não comportariam a demanda prevista.

Tabela 19: Capacidades e volumes – Cenário base

Localização	Capacidade (Kl/ano)	Volume expedido (Kl/ano)	Capacidade utilizada
Fortaleza	1500	1.301	86,7%
Natal	1500	1.308	87,2%
Recife	5000	4.028	80,6%
Maceió	900	725	80,6%
Aracajú	900	779	86,6%
Salvador	3500	2.949	84,3%
Contagem	5000	4.608	92,2%
Rio de Janeiro	18000	16.630	92,4%
Vinhedo	7500	6.915	92,2%
Marília	2500	2.265	90,6%
Taboão da Serra	25000	21.751	87,0%
Curitiba	900	894	99,3%
Esteio	3500	3.245	92,7%
Brasília	3500	3.378	96,5%

A Figura 15 ilustra a área de atuação definida para cada centro de distribuição. Não se constata a sobreposição de áreas, ou seja, determinada região sendo atendida por mais de um centro de distribuição. A relação completa contendo qual Centro de Distribuição atende cada mesorregião, com os respectivos volumes, para este cenário, pode ser encontrada no Apêndice B.

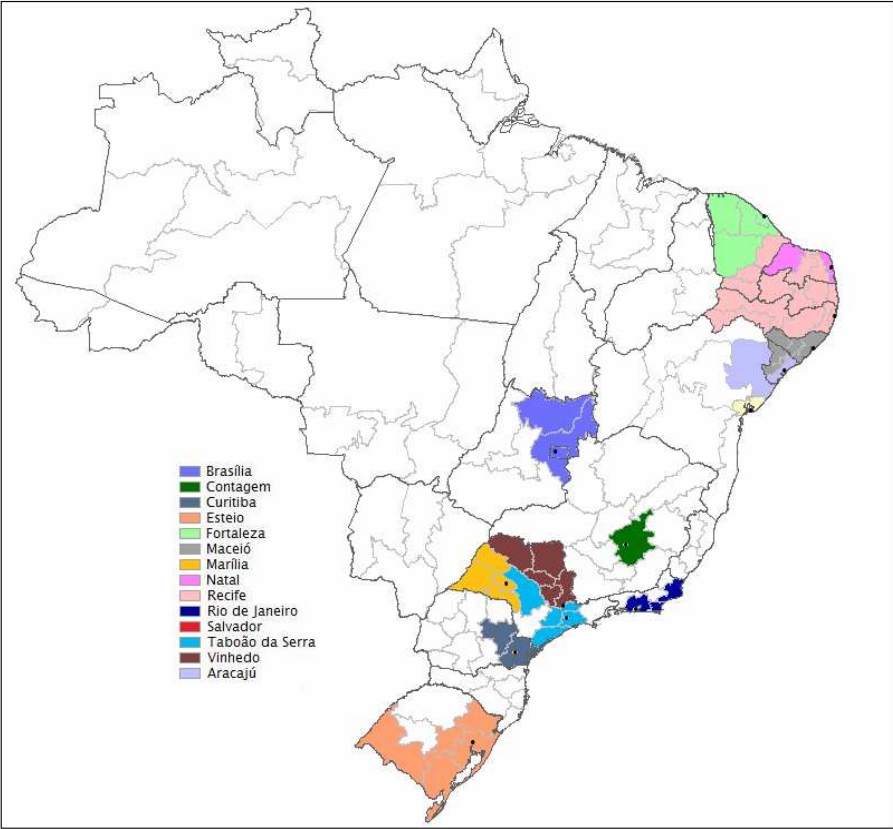


Figura 15: Área de atuação – cenário base

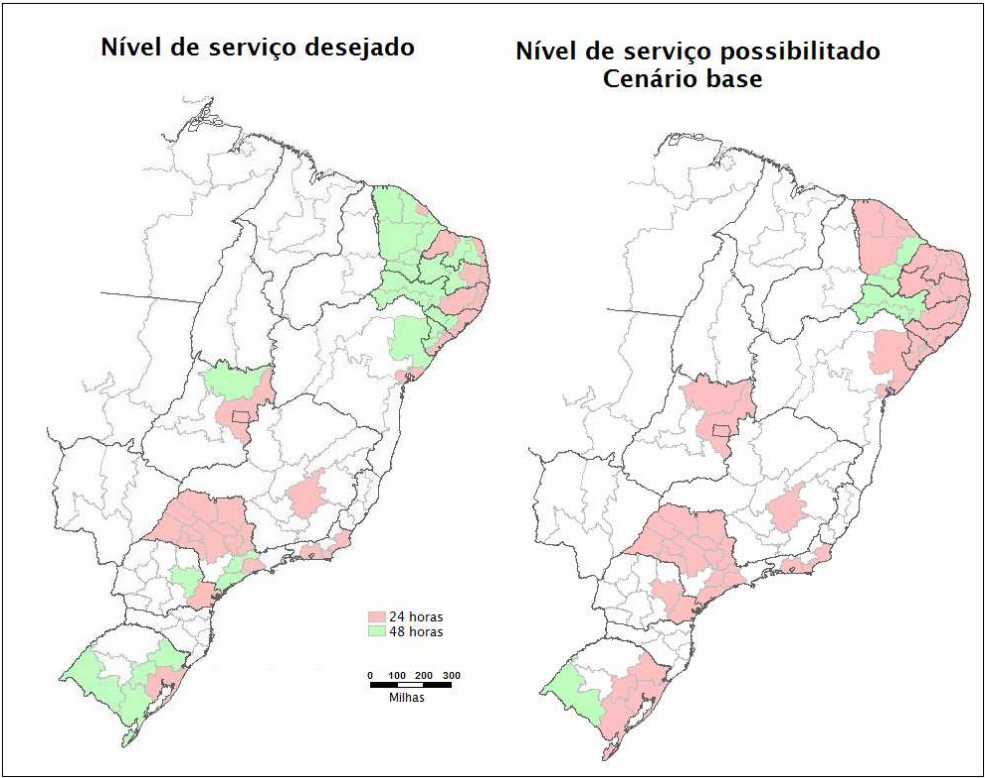


Figura 16: Comparação nível de serviço – desejado X cenário base



A Figura 16 apresenta uma comparação entre o nível de serviço desejado pela organização e o nível de serviço possibilitado pela configuração da malha logística no cenário base. Nota-se que inúmeras regiões apresentam nível de serviço acima do necessário, de forma que, neste cenário, 99,40% do volume pode ser atendido em até 24 horas, contra 98% da meta estabelecida.

Em relação às transferências, estas ocorrem da seguinte maneira:

- Os centros de distribuição de Fortaleza, Natal, Recife, Maceió, Aracajú e Salvador são atendidos pelo estoque de Recife;
- O estoque de Taboão da Serra atende os CDs localizados em Contagem, Rio de Janeiro, Vinhedo, Marília, Taboão da Serra, Curitiba, Esteio e Brasília.

Os custos incorridos para atendimento da demanda neste cenário totalizam R\$ 34.007.522 e estão detalhados na Figura 18.

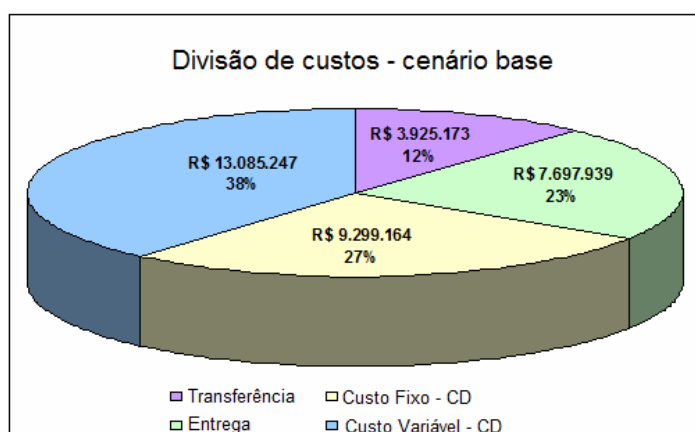


Figura 17: Divisão de custos – cenário base

Como se pode verificar, os custos relativos ao centro de distribuição são responsáveis por mais de 65% do total incorrido.

## 4.2 CENÁRIO LOGÍSTICO OTIMIZADO

Este cenário consiste na definição da malha logística ideal para atender a demanda prevista para 2012 considerando-se apenas os custos logísticos, ou seja, sem considerações fiscais. É este cenário que definirá a estrutura logística a ser recomendada.

Atualmente, a organização não apresenta problemas com geração de “crédito morto”. Todavia, tal conjunto de restrição foi incluído neste cenário para garantir que a nova estrutura logística não os gere.

Assim, para definição desta solução foram realizadas as seguintes modificações em relação ao modelo apresentado no capítulo 3:

- Retirada da parcela da função objetivo relacionada ao benefício fiscal;
- Retira do conjunto de restrições de cálculo do benefício fiscal.

A Tabela 20 mostra uma comparação entre os principais parâmetros de entrada utilizados no cenário base e neste cenário:

Tabela 20: Comparativo cenário base e cenário logístico otimizado

Cenário base X Cenário logístico otimizado		
Cenário	Base	Logístico otimizado
Produtos	Agrupados em 3 categorias	Agrupados em 3 categorias
Demanda	Agrupada em mesorregiões	Agrupada em mesorregiões
Instalações	São fixadas as atuais	Candidatas são otimizadas pelo modelo
Capacidade das instalações	Necessidade de redefinição.	Conforme definido na seção 3.3
Nível de serviço	Conforme definido na seção 3.3	Conforme definido na seção 3.3
Considerações fiscais	Não abordadas	Não criação de “crédito morto”

Os centros de distribuição, com respectiva capacidade e volume movimentado, encontram-se descritos na Tabela 21.

Tabela 21: Capacidades e volumes – cenário logístico otimizado

Localização	Capacidade (Kl/ano)	Volume expedido (Kl/ano)	Capacidade utilizada
Fortaleza	1.900	1.532	81%
Recife	6.000	5.766	96%
Aracajú	4.500	3.792	84%
Contagem	6.000	4.608	77%
Rio de Janeiro	18.000	16.630	92%
Marília	7.500	6.827	91%
Taboão da Serra	25.000	25.000	100%
Esteio	3.300	3.245	98%
Brasília	4.500	3.379	75%

A Tabela 21 mostra que foi definida uma quantidade menor de centros de distribuição, quando se compara com o cenário base. Como reflexo, os volumes expedidos por cada CD e, conseqüentemente, suas respectivas capacidades, aumentaram.

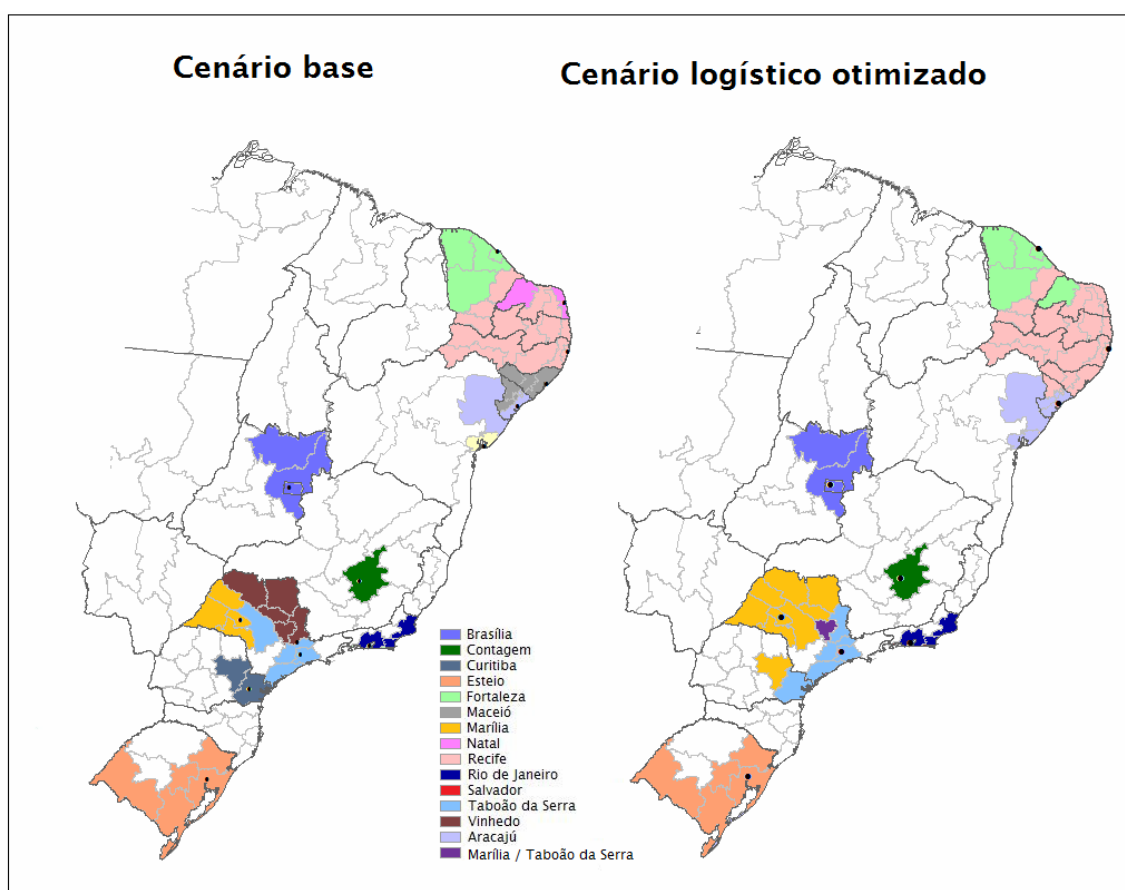


Figura 18: Área de atuação – cenário base X cenário logístico otimizado

Verifica-se que os centros de distribuição localizados em Natal, Maceió, Salvador, Vinhedo e Curitiba não são abertos neste cenário. As áreas antes atendidas por eles foram redistribuídas da seguinte maneira:

- Natal: no cenário base atendia duas mesorregiões, uma passa a ser atendida pelo CD de Recife e a outra pelo CD de Fortaleza;
- Maceió: das cinco mesorregiões por ele atendidas no cenário base, quatro serão atendidas por Recife e uma terá as entregas realizadas por Aracajú;
- Salvador: atendia apenas uma região, que ficará sob o atendimento do CD de Aracajú;
- Vinhedo: no cenário base, cinco mesorregiões eram atendidas por este CD. Destas, três serão integralmente atendida pelo CD de Marília e uma pelo CD de Taboão da Serra. Há ainda uma mesorregião, Piracicaba, na qual haverá sobreposição de atendimento, sendo atendida pelos dois centros de distribuição mencionados;
- Curitiba: das duas mesorregiões anteriormente atendidas por Curitiba, uma passa a receber atendimento do CD de Marília e a outra do CD de Taboão da Serra.

Por ter seu volume aumentado em relação à situação atual, o CD de Taboão da Serra teve sua capacidade restringida pelo nível máximo desejado de 25.000 Kl ao ano, identificado junto à área de operações da organização. Informações detalhadas sobre o centro de distribuição que atende cada mesorregião e o volume demandado constam no Apêndice C.

Em relação às transferências, estas serão realizadas da seguinte maneira:

- Estoque de Taboão da Serra atende os centros de distribuição localizados em Contagem, Rio de Janeiro, Marília, Esteio e Brasília, além do CD de Taboão da Serra;
- Estoque de Recife abastece os centros de distribuição de Fortaleza e Aracajú, além de Recife.

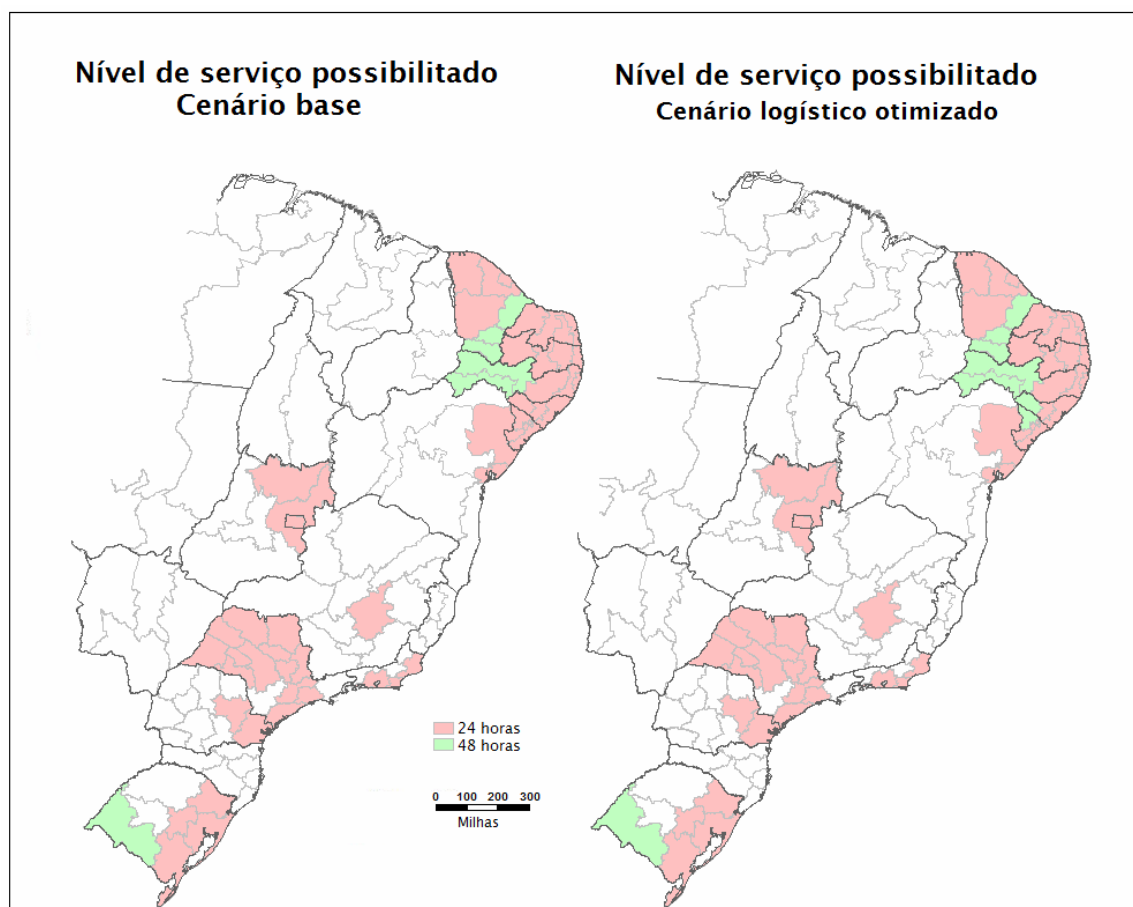


Figura 19: Comparação nível de serviço – cenário base X cenário logístico otimizado

Como se pode verificar na Figura 16, apenas as mesorregiões Sertão Sergipano e Sertão Alagoano apresentaram aumento no tempo de entrega, em relação ao cenário base. O volume com possibilidade de atendimento em até 24 horas é equivalente a 99,33% do total da área direta, contra 99,40% apresentado no cenário base. Verifica-se, portanto, que a otimização da rede não comprometeu significativamente o nível de serviço praticado. Os custos incorridos, todavia, apresentam decréscimo representativo, como será mostrado a seguir.

A Figura 20 apresenta um comparativo entre os custos e os percentuais relativos de cada custo entre o cenário base e este cenário. Note-se que a parcela relativa aos custos fixos dos centros de distribuição é a que sofre maior redução, equivalente a aproximadamente 30%, como indica a Tabela 22. Tal redução é consequência do menor número de CDs abertos para atender a demanda neste cenário.

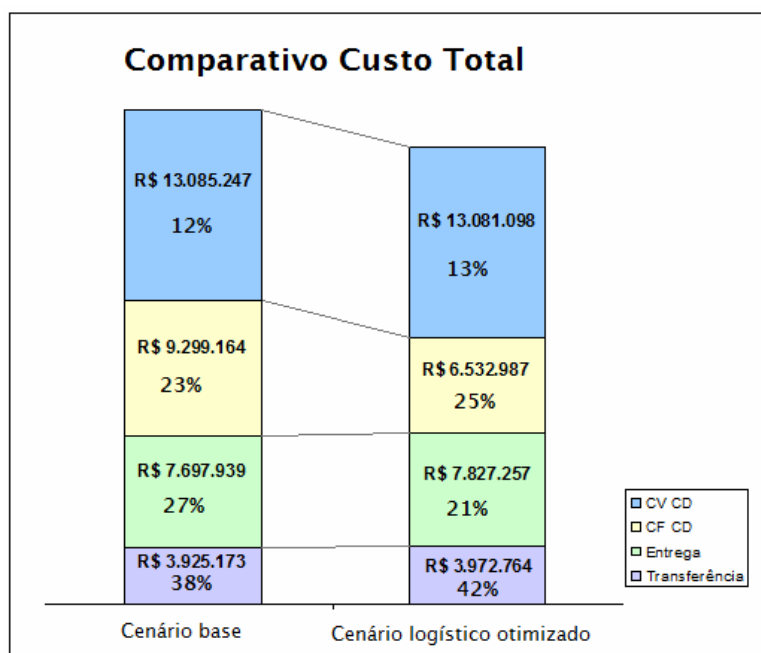


Figura 20: Comparativo custos – cenário base X cenário custos logísticos

No que tange as demais parcelas do custo total, nota-se aumento nos custos relativos a fretes de entrega e de transferência, o primeiro inferior a 2% e o segundo a 1,5%. Quando se analisam os custos totais, verifica-se redução de 7,6% nos custos incorridos em relação ao cenário base. Este percentual equivale à redução de R\$ 2.593.416 ao ano

Tabela 22: Custos – Cenário logístico otimizado

Parcela	Cenário base	Cenário logístico otimizado	Alteração nos custos
Transferência	R\$ 3.925.173	R\$ 3.972.764	1,21%
Entrega	R\$ 7.697.939	R\$ 7.827.257	1,68%
CF CD	R\$ 9.299.164	R\$ 6.532.987	-29,75%
CV CD	R\$ 13.085.247	R\$ 13.081.098	-0,03%
<b>Logística</b>	<b>R\$ 34.007.522</b>	<b>R\$ 31.414.106</b>	<b>-7,63%</b>
BF	—	—	—
<b>Total</b>	<b>R\$ 34.007.522</b>	<b>R\$ 31.414.106</b>	<b>-7,63%</b>

### 4.3 INCENTIVO FISCAL EM MG

Este cenário visa identificar a malha logística ideal, considerando-se a existência de incentivo fiscal baseado em crédito presumido de ICMS em um centro de distribuição da Companhia X.

Segundo informações da área fiscal da Companhia X, é praticamente inviável a obtenção de benefícios fiscais para centros de distribuição com baixo volume expedido. Não se constatou a existência de possíveis incentivos para os centros de distribuição de Taboão da Serra, Marília e Rio de Janeiro. Em Recife, por questões internas à companhia, não existe possibilidade de obtenção de incentivo fiscal para o CD.

Dessa forma, dentre os centros de distribuição com maiores volumes expedidos, o CD de Contagem se mostrou o mais propício para realização da análise de influência da inclusão do incentivo fiscal. Este incentivo corresponde à redução de 9% da base de cálculo e sua definição foi abordada na seção 3.3.

Por se tratar de um cenário otimizado, compreende-se que, para verificar os efeitos da inclusão do benefício fiscal, este deve ser comparado com o cenário logístico otimizado ao invés de ser comparado com o cenário base. A Tabela 23 estabelece comparação entre alguns parâmetros de entrada.

Tabela 23: Comparativo cenário custos logísticos e cenário incentivo fiscal em MG

<b>Cenário logístico otimizado X Cenário incentivo fiscal em MG</b>		
<b>Cenário</b>	<b>Logístico otimizado</b>	<b>Incentivo fiscal em MG</b>
Produtos	Agrupados em 3 categorias	Agrupados em 3 categorias
Demanda	Agrupada em mesorregiões	Agrupada em mesorregiões
Instalações	Candidatas são otimizadas pelo modelo	Candidatas são otimizadas pelo modelo
Capacidade das instalações	Conforme definido na seção 3.3	Conforme definido na seção 3.3
Nível de serviço	Conforme definido na seção 3.3	Conforme definido na seção 3.3
Considerações fiscais	Não criação de “crédito morto”	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Não criação de “crédito morto”;</li> <li>– Incentivo de 9% na base de cálculo do ICMS para o CD de Contagem.</li> </ul>

Como indica a Tabela 23, as considerações relacionadas à nível de serviço são mantidas da maneira definida na seção 3.3. Note-se ainda que a única diferenciação entre este cenário e o cenário logístico otimizado ocorre na inclusão de um benefício fiscal.

O modelo utilizado para obtenção dos resultados descritos a seguir compreende todas as parcelas da função objetivo e todas as restrições apresentadas no capítulo 3. Para este cenário,

obteve-se 3.276 variáveis, sendo 3.132 inteiras e 144 binárias. O tempo despendido pelo programa foi de 59 minutos e 51 segundos.

Tabela 24: Comparativo capacidade utilizada – cenário logístico otimizado X cenário incentivo fiscal em MG

Instalação	Cenário logístico otimizado			Cenário incentivo fiscal em MG		
	Capacidade (Kl/ano)	Expedição (Kl/ano)	Capacidade utilizada	Capacidade (Kl/ano)	Expedição (Kl/ano)	Capacidade utilizada
Fortaleza	1.900	1.532	80,6%	1.900	1.532	80,6%
Recife	6.000	5.766	96,1%	6.000	5.766	96,1%
Aracajú	4.500	3.792	84,3%	4.500	3.792	84,3%
Contagem	6.000	4.608	76,8%	6.000	4.646	77,4%
Rio de Janeiro	18.000	16.631	92,4%	18.000	16.631	92,4%
Marília	7.500	6.827	91,0%	7.500	6.789	90,5%
Taboão da Serra	25.000	25.000	100,0%	25.000	25.000	100,0%
Esteio	3.300	3.245	98,3%	3.300	3.245	98,3%
Brasília	4.500	3.379	75,1%	4.500	3.379	75,1%

Como se verifica na Tabela 24, apesar de as capacidades permanecerem iguais às encontradas para o cenário logístico otimizado, há aumento no volume expedido por Contagem e diminuição na quantidade expedida por Marília.

Ao se analisar a Figura 21, verifica-se que duas mesorregiões atendidas integralmente por Taboão da Serra no cenário custo logístico otimizado, passam a ter atendimento realizado por Taboão da Serra e por Contagem.

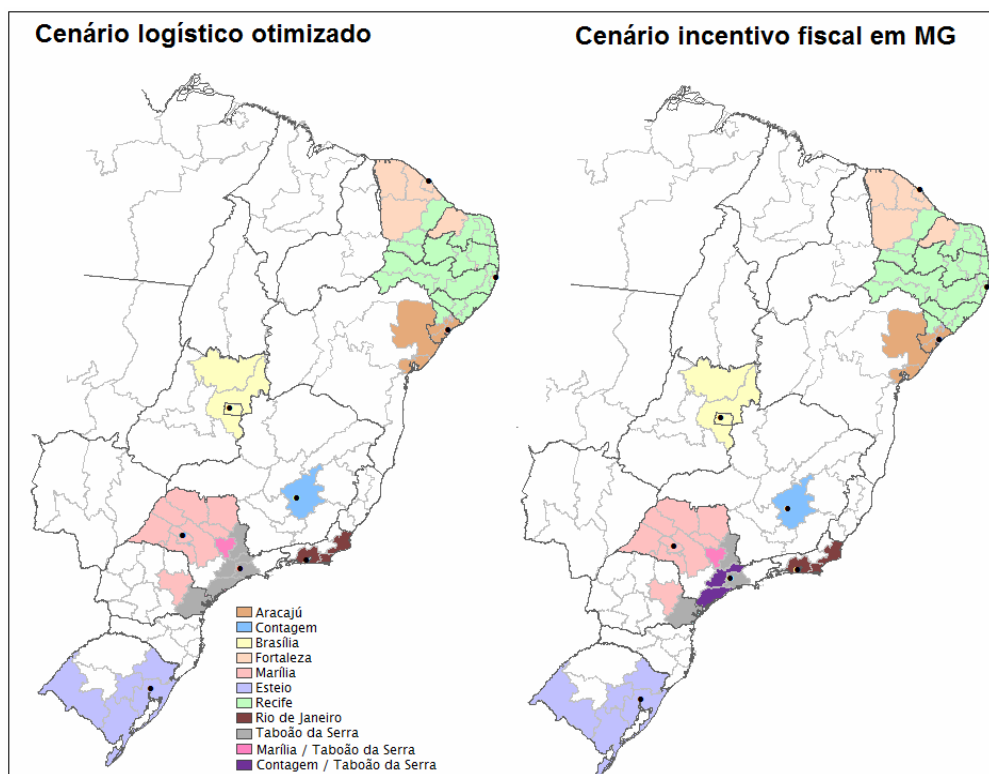


Figura 21: Área de atuação – cenário logístico otimizado X cenário incentivo fiscal em MG



A Tabela 25 mostra as variações nos volumes expedidos para as mesorregiões nas quais há mais de um centro de distribuição efetuando atendimento.

Tabela 25: Variações volume – cenário logístico otimizado X cenário incentivo fiscal em MG

Mesorregião	Instalação	Volume cenário logístico otimizado (Kl)	Volume cenário incentivo fiscal MG (Kl)
Piracicaba	Marília	448	410
Piracicaba	Taboão da Serra	670	708
Macro Metropolitana Paulista	Contagem	–	36
Macro Metropolitana Paulista	Taboão da Serra	136	100
Litoral Sul Paulista	Contagem	–	2
Litoral Sul Paulista	Taboão da Serra	82	80

Ao analisar a Figura 22 e compará-la com a Figura 21, verifica-se que as três mesorregiões que passaram a ser atendidas pelo CD de Contagem correspondem as três únicas que podem ser atendidas por este centro de distribuição sem comprometer o nível de serviço desejado.

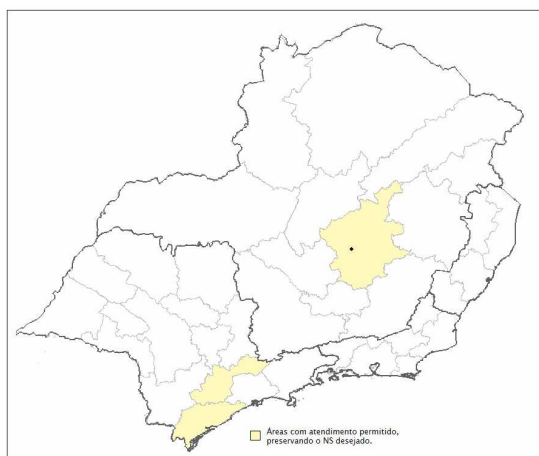


Figura 22: Área de possível atendimento CD

A Figura 23 retrata as alterações no nível de serviço possibilitado provenientes da inclusão do benefício fiscal no CD de Contagem. Como se verifica, as mesorregiões Macro Metropolitana Paulista e Litoral Sul Paulista sofreram alterações no tempo de entrega ao cliente em relação ao cenário logístico otimizado.

Estas, por serem atendidas por dois centros de distribuição, apresentam dois tempos de entrega distintos: 24 horas quando atendidas pelo CD de Taboão da Serra e 48 horas quando atendidas pelo CD de Contagem.

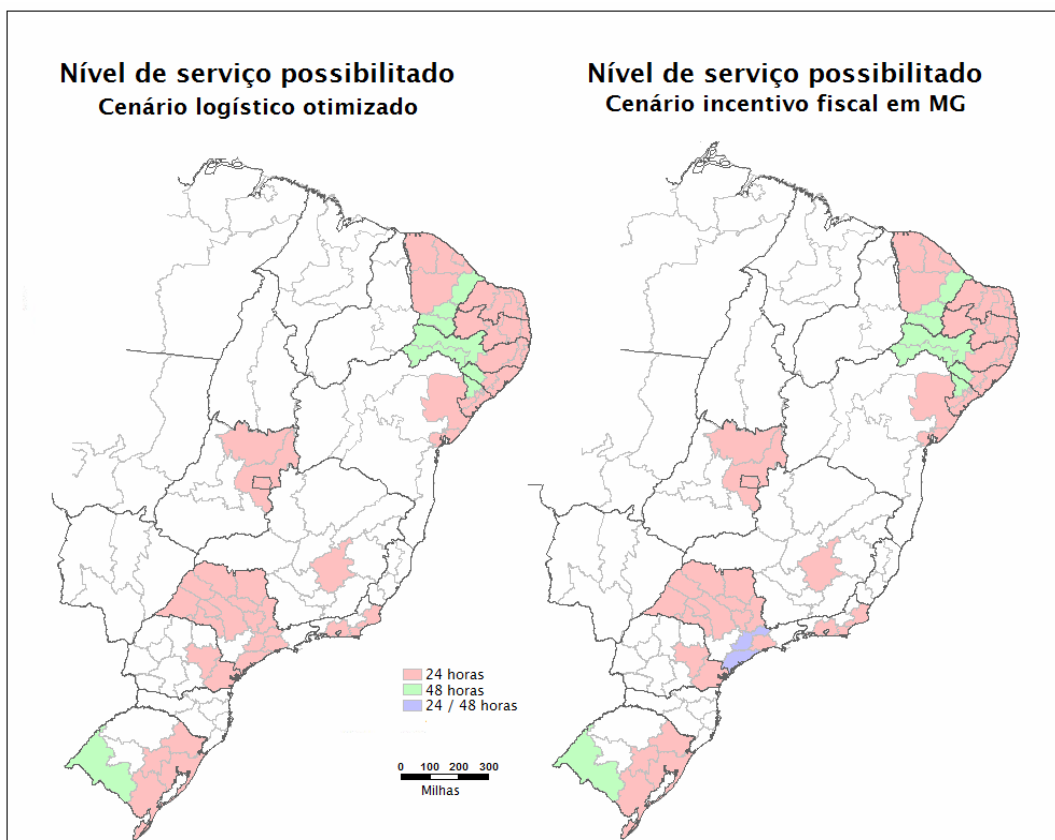


Figura 23: Comparação nível de serviço – cenário logístico otimizado X cenário incentivo fiscal em MG

O volume com possibilidade de entrega em até 24 horas é 99,28%, contra 99,33% possibilitado no cenário logístico otimizado. No que tange os custos logísticos incorridos, verifica-se na Figura 24 que há pouca variação entre os gerados pelo cenário custos logísticos otimizados e os gerados neste cenário.

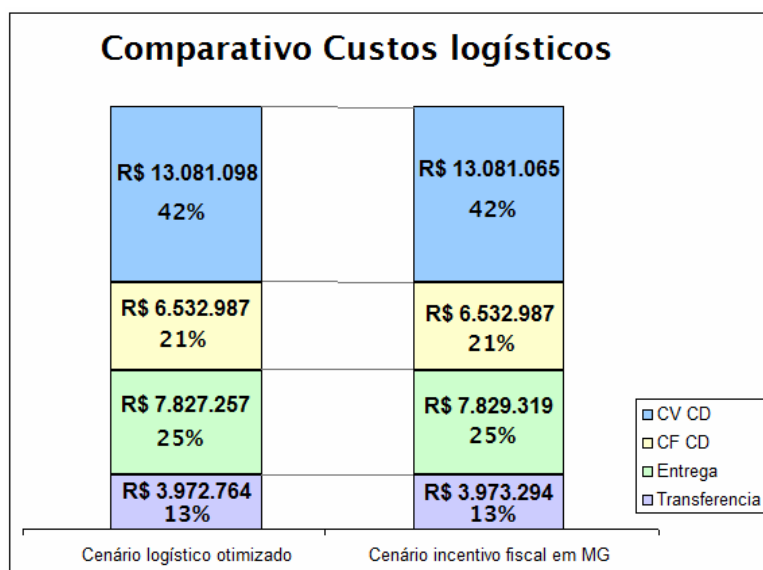


Figura 24: Comparativo custos – cenário custos logísticos X cenário incentivo fiscal em MG

Todavia, apesar de os custos logísticos serem bem semelhantes, este cenário gera redução do custo total em 2,13% quando comparado ao cenário logístico otimizado, como mostra a Tabela 26.

Tabela 26: Custos – cenário incentivo fiscal em MG

Parcela	Cenário logístico otimizado	Cenário incentivo fiscal em MG	Alteração nos custos
Transferência	R\$ 3.972.764	R\$ 3.973.294	0,01%
Entrega	R\$ 7.827.257	R\$ 7.829.319	0,03%
CF CD	R\$ 6.532.987	R\$ 6.532.987	0,00%
CV CD	R\$ 13.081.098	R\$ 13.081.065	0,00%
<b>Total logístico</b>	<b>R\$ 31.414.106</b>	<b>R\$ 31.416.664</b>	<b>0,01%</b>
BF	–	R\$ 671.054	–
<b>Custo total</b>	<b>R\$ 31.414.106</b>	<b>R\$ 30.745.610</b>	<b>-2,13%</b>

Caso não se deseje realizar modificações na alocação dos fluxos estabelecida no cenário logístico otimizado, o benefício gerado é de R\$ 663.536, equivalente a redução de 2,10% em relação ao custo total. Como se verifica, a alteração dos fluxos gera baixo aumento no benefício, de forma que há necessidade de avaliação, conjuntamente com a área de relacionamento com o cliente, se o aumento do tempo de entrega para as mesorregiões mencionadas faz-se vantajosa.

#### 4.4 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Esta seção visa analisar como variações no percentual de incentivo fiscal concedido alteram a solução ótima encontrada na seção 0. O intuito é verificar se os padrões de alteração identificados se mantêm, de forma a dar maior robustez as conclusões obtidas.

Para analisar como se comportam fatores relacionados à malha logística com variações no incentivo fiscal, foram comparados 19 cenários de otimização com percentuais de benefícios diferentes. Partiu-se do percentual de 9% para o CD de Contagem e realizou-se inúmeras variações de um ponto percentual, de forma a abranger de 0% a 18%. O incentivo fiscal de 9% foi foco de análise detalhada na seção 0 e o cenário com 0%, ou seja, sem benefício fiscal, na seção 4.2.

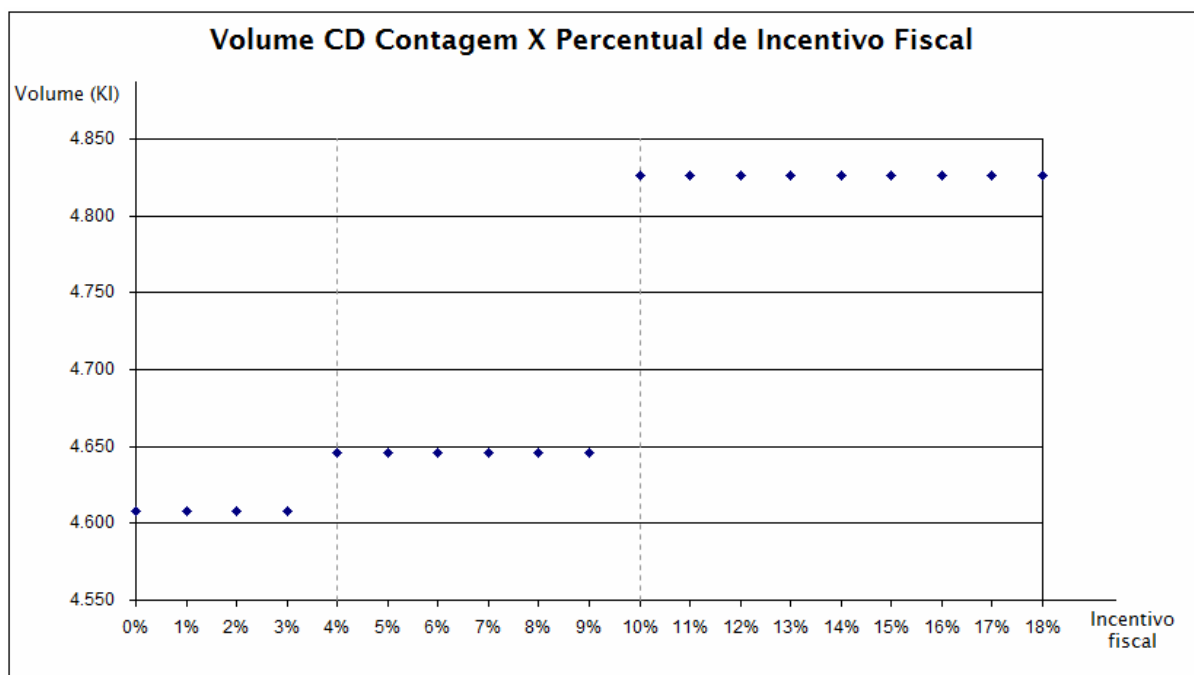


Figura 25: Comportamento do volume expedido pelo CD Contagem com variações no incentivo fiscal

Como se pode verificar na Figura 25, o volume de expedição do CD de Contagem varia com o aumento do percentual de benefício fiscal, apresentando três volumes distintos:

- De 0% a 3%: o volume é equivalente a 4.608 Kl e a capacidade de expedição contratada deve ser de 6.000 Kl ao ano;
- De 4% a 9%: o volume expedido passa a ser de 4.646 Kl, este aumento se dá pelo atendimento parcial das mesorregiões Macro Metropolitana Paulista e Litoral Sul Paulista. Tais regiões antes eram atendidas por Taboão da Serra, que passa a atender em maior volume a região de Piracicaba, área também atendida pelo CD de Marília;
- De 10% a 18%: o CD de Contagem passa a expedir 4.826 Kl, atendendo integralmente as mesorregiões Litoral Sul Paulista e Macro Metropolitana Paulista.

Conforme mencionado na seção 0, tendo em vista a área de atendimento direto e o nível de serviço desejado pela companhia, o CD de Contagem pode atender apenas as mesorregiões Litoral Sul Paulista e Macro Metropolitana Paulista, além da mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, na qual se encontra. Dessa forma, verifica-se que com o incentivo fiscal equivalente a 10% de redução na base de cálculo do ICMS, o CD de Contagem abrange toda a área que a ele é possível sem que deixe de atender as restrições de mercado e de nível de serviço.

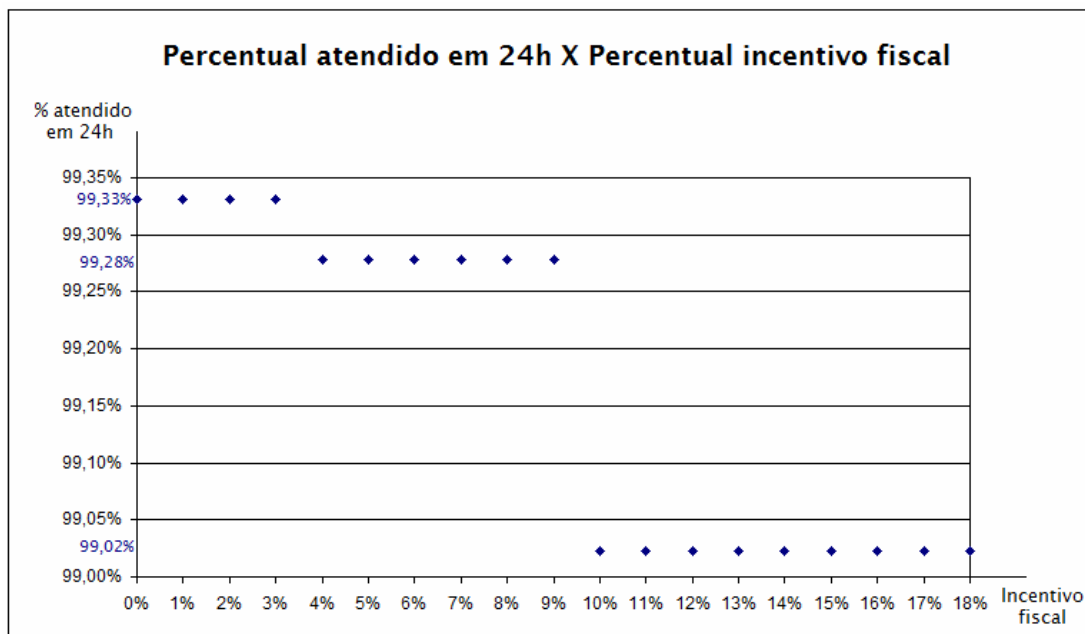


Figura 26: Comportamento do percentual de volume atendido em 24h com variações no incentivo fiscal

Como o percentual de pedidos com possibilidade de atendimento em até 24 horas é verificado com base no volume atendido, este também apresenta três valores distintos. Como se verifica na Figura 26, o maior valor apresentado é quando o incentivo varia entre 0% e 3% e o menor, de 10% a 18%. Isto ocorre, pois as mesorregiões Litoral Paulista e Macro Metropolitana Paulista têm seu tempo de entrega alterado para dois dias quando são atendidas pelo CD de Contagem.

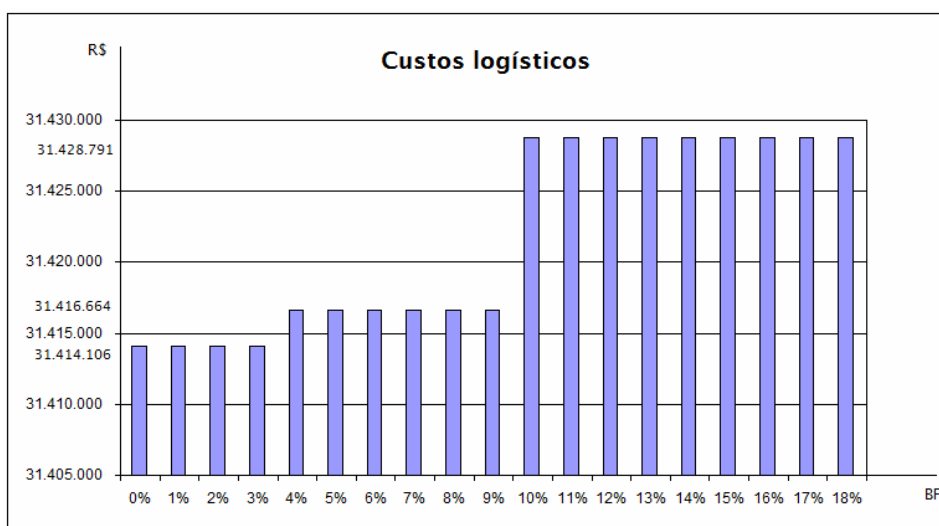


Figura 27: Custos logísticos X Variações no incentivo fiscal

No que tange os custos logísticos incorridos, verifica-se na Figura 27 que estes aumentam com o aumento do incentivo fiscal concedido. Este fato ocorre, pois o modelo

identifica que as alterações na malha logística, tornando-a mais cara são, em determinados momentos, compensados pelos benefícios fiscais. O valor mais alto apresentado nesta análise, R\$ 31.428.791 quando o incentivo fiscal tiver percentual igual ou superior a 10%, equivale a um aumento de R\$ 14.685, cerca de 0,05% dos custos logísticos do cenário logístico otimizado (sem benefícios fiscais).

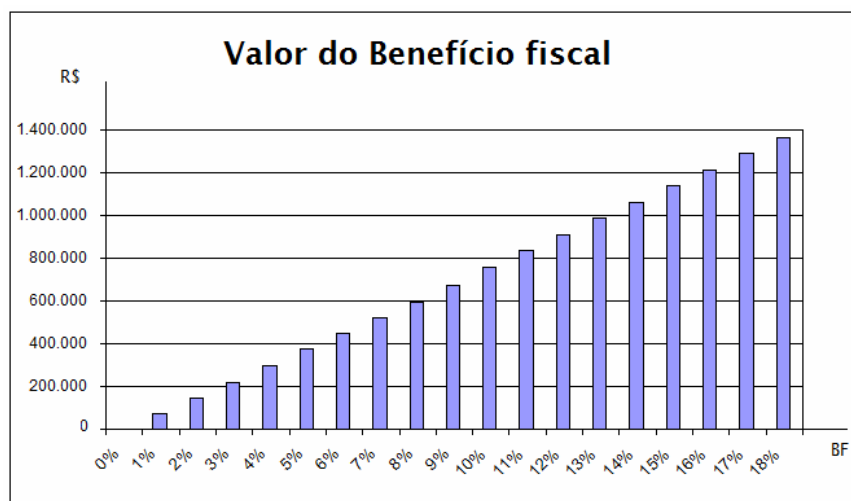


Figura 28: Variação do valor do Benefício fiscal X Percentual de incentivo concedido

Ao analisar a Figura 28 e a Figura 29 verifica-se que o valor do benefício fiscal compensa os custos logísticos incorridos, de forma que o custo total apresenta curva decrescente com o aumento do percentual de incentivo concedido.

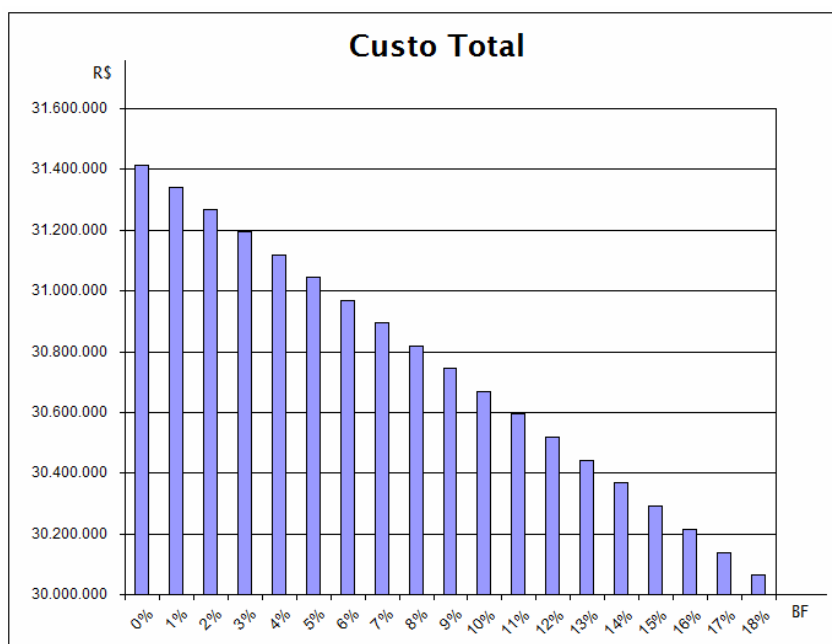


Figura 29: Variação do Custo Total X Percentual de incentivo concedido

## 4.5 CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS

Esta seção visa realizar uma consolidação das soluções obtidas, com o intuito de facilitar a comparação entre os três cenários apresentados anteriormente.

A Tabela 27 compara as instalações abertas em cada um dos cenários analisados neste capítulo. Como verificado na seção 4.2, houve uma significativa redução no número de instalações abertas no cenário logístico otimizado, quando comparado ao cenário base. A introdução de incentivos fiscais não alterou o número de instalações, mantendo-se nove centros de distribuição.

Tabela 27: Resumo instalações – comparativo cenários

<b>Instalação</b>	<b>Cenário base</b>	<b>Cenário logístico otimizado</b>	<b>Cenário incentivo em GO</b>
Fortaleza	X	X	X
Natal	X		
João Pessoa			
Recife	X	X	X
Maceió	X		
Aracajú	X	X	X
Salvador	X		
Contagem	X	X	X
Rio de Janeiro	X	X	X
Ribeirão Preto			
Vinhedo	X		
Marília	X	X	X
Taboão da Serra	X	X	X
Curitiba	X		
Esteio	X	X	X
Valparaíso de Goiás			
Brasília	X	X	X

Ao comparar o cenário com incentivo fiscal com o cenário logístico otimizado, nota-se que não ocorreram mudanças na localização das instalações. Mas alguns fluxos sofreram alterações, conforme abordado na seção 0.

Em relação às transferências, verifica-se que, para os três cenários, os centros de distribuição localizados em Estados das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país são atendidos pelo estoque fabril de Taboão da Serra, enquanto aqueles localizados na região Nordeste são atendidos por Recife.

As variações no percentual de volume atendido e no número de mesorregiões atendidas constam na Tabela 28. Como se verifica, tais fatores apresentam pequena variação entre os cenários. Vale ainda ressaltar que em todos os casos o percentual de atendimento mantém-se acima de 98%, valor desejado pela companhia.

Tabela 28: Resumo nível de serviço – comparativo cenários

	<b>Cenário base</b>	<b>Cenário logístico otimizado</b>	<b>Cenário incentivo fiscal em MG</b>
Percentual em volume atendido em até 24 horas	99,40%	99,33%	99,28%
Número de mesorregiões atendidas completamente até 24 horas	49	47	45
Número de mesorregiões parcialmente atendidas até 24 horas	–	–	2

No que tange os custos incorridos, a Tabela 29 apresenta as reduções percentuais em relação ao cenário base. Note-se que, para o caso em questão, a redução nos custos logísticos obtida com o cenário no qual há aplicação de incentivo fiscal é bastante semelhante à obtida no cenário logístico otimizado. Todavia, a redução no custo total chega a aproximadamente 9,6% para o cenário com benefício, sendo tal redução equivalente a R\$ 3.261.912 ao ano.

Tabela 29: Comparativo percentual de custos em relação ao cenário base

<b>Parcela</b>	<b>Cenário logístico otimizado</b>	<b>Cenário incentivo fiscal em MG</b>
Custos logísticos	-7,63%	-7,62%
Custo Total	-7,63%	-9,59%



## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Foram apresentados dois objetivos claros para este estudo: definir a estrutura logística ideal para atender ao crescimento de demanda previsto para 2012 e identificar as influências de um possível benefício fiscal baseado em crédito presumido de ICMS para um centro de distribuição. A definição do incentivo a ser considerado se deu conjuntamente com a área fiscal da companhia e os objetivos propostos para este estudo foram plenamente alcançados.

Identificou-se que a malha logística atual pode ser modificada gerando grande melhorias para a organização e o percentual de clientes com possibilidade de atendimento em até 24 horas permanece em patamares elevados, atendendo a meta de 98% praticada pela organização.

Quanto ao benefício fiscal analisado, verificou-se que, para a área de atendimento considerada, atendendo o nível de serviço desejado, a estrutura logística não sofreria grandes modificações para obtenção da malha ótima com sua inclusão.

### **5.1 RECOMENDAÇÕES**

Este estudo identificou que realizando algumas alterações na atual estrutura logística se podem reduzir os custos em aproximadamente 7,6%. Os resultados obtidos mostraram que, com a nova estrutura logística, a redução do percentual de volumes com possibilidade de entrega em até 24 horas é pouco significativa. Dessa forma, é de grande interesse por parte da companhia a implementação destas alterações.

Os resultados mostraram uma tendência de diminuição no número de centros de distribuição e aumento do volume expedido pelos mesmos para obtenção da solução ótima. Tal tendência é consequência dos altos custos relacionados à movimentação e armazenagem nos centros de distribuição, sendo estes responsáveis pela maior parcela dos custos incorridos analisados.

Já existem centros de distribuição da empresa nas nove localizações constantes na nova estrutura. Dessa forma, as seguintes alterações devem ser realizadas:

- Encerramento das operações nos centros de distribuição localizados em: Natal, Maceió, Vinhedo e Curitiba;
- Aumento da capacidade nos centros de distribuição, para adequação às apresentadas na Tabela 30.
- Alocação das áreas de atendimento de cada centro de distribuição, conforme descrito no Apêndice C.

Tabela 30: Capacidade das novas instalações

<b>Localização</b>	<b>Capacidade (Kl/ano)</b>
Fortaleza	1.900
Recife	6.000
Aracajú	4.500
Contagem	6.000
Rio de Janeiro	18.000
Marília	7.500
Taboão da Serra	25.000
Esteio	3.300
Brasília	4.500

Alguns pontos devem ser considerados no momento da readequação da estrutura logística. Dentre eles, destacam-se:

- Renegociação de contratos com operadores logísticos dos centros de distribuição: por ser necessária uma capacidade anual mais elevada do que atualmente, deve-se buscar melhorias nos valores praticados, uma vez que ganhos de escala serão incorridos;
- Capacidade de expedição: atualmente, a fim de diminuir os impactos da sazonalidade, os contratos com os operadores logísticos apresentam capacidades diferenciadas para o período de pico e de vale. Deve-se buscar manter tal diferenciação nos novos contratos;
- Sobreposição de áreas de atendimento: a mesorregião de Piracicaba terá atendimento efetuado tanto pelo CD de Taboão da Serra como pelo CD de Marília. Dessa forma, cabe efetuar uma análise mais detalhada dessa região para definir quais cidades serão atendidas por cada centro de distribuição;
- Alteração no tempo de entrega ao cliente: as mesorregiões de Sertão Sergipano e Sertão Alagoano apresentarão tempos de entrega maiores do que os praticados atualmente. A

área de relacionamento com o cliente deve estar envolvida no processo de transição, dando suporte em questões específicas junto aos clientes.

No que tange o incentivo fiscal de ICMS, a otimização da malha com tais considerações apresentou um pequeno acréscimo nos custos logísticos e uma redução no custo total equivalente a aproximadamente 2% dos custos da malha já otimizada, apresentada acima.

Não houve alteração de localização e capacidade dos centros de distribuição em relação a malha ótima sem considerações fiscais, contudo houve realocação de alguns fluxos. O nível de serviço também é pouco penalizado com a inclusão de tais considerações, possibilitando o atendimento em até 24 horas de 99,28% do volume contra 99,33% apresentado pela otimização apenas logística.

A análise de sensibilidade mostrou que, apesar de para o incentivo fiscal em questão os impactos na malha logística serem pequenos, as influências de incentivos fiscais podem atingir maiores proporções. O fator verificado foi o percentual de incentivo concedido. Contudo, outros fatores também podem influenciar nos resultados obtidos. Dentre os quais, pode-se destacar a margem de lucro praticada pela empresa, uma vez que se trata de um imposto pago sobre o valor agregado da mercadoria.

A inclusão deste benefício fiscal mostra-se vantajosa, no que tange o custo total. Caso este incentivo seja implementado, não há necessidade de readequação da localização dos centros de distribuição em relação à otimização apenas logística. Conforme abordado na seção 0, sem realização de alterações de fluxo em relação ao cenário logístico otimizado, a inclusão do benefício apresenta redução equivalente a 2,10% dos custos totais deste cenário. Já quando se altera os fluxos, para obtenção da solução ótima com considerações de benefícios fiscais, a redução equivale a 2,13% dos custos totais do cenário logístico otimizado.

É importante mencionar que a implementação de qualquer outro benefício deve ser alvo de um novo estudo antes de sua implementação, pois a literatura mostra que os impactos gerados na malha logística podem ser elevados, alterando a estrutura logística ótima encontrada para este caso.

## 5.2 ESTUDOS FUTUROS

Esta seção visa apresentar propostas de futuros estudos que complementem os resultados por este obtidos. Podem-se destacar os seguintes:

- A área de atendimento direto, efetuado pela companhia, abrange uma pequena extensão do território geográfico brasileiro, quando comparada à área de atendimento indireto. Assim, é bastante recomendado que seja realizado um estudo considerando todo território nacional, redefinindo responsabilidades (Companhia X e distribuidores).

- O alto nível de serviço praticado pela organização pode estar acarretando custos bastante elevados. Dessa forma, uma análise do custo de servir cada região pode se mostrar bastante proveitoso para identificação de quais áreas deveriam ter seu nível de serviço alterado e quais áreas devem ser priorizadas.

- Este estudo restringiu-se a análise de um benefício fiscal específico em um centro de distribuição da companhia. A área fiscal pode realizar um mapeamento mais detalhado dos possíveis benefícios fiscais e, então, um novo estudo ser efetuado, verificando os impactos destes na malha logística.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. 5ª edição – Porto Alegre: Bookmann, 2006

BALLOU, R. H. **Logística empresarial – Transportes, administração de materiais e distribuição física**. Tradução de Hugo T. Y. Yoshizaki. São Paulo: Atlas, 2007

BILLIARD, F. “**New Developments in the cold chain: specific issues in warm countries**”. Artigo de periódico. Revista Ecolibrium, 2003, FORUM p. 10-14.

CHOPRA, S.; MEINDL, P; tradução Claudia Freire. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação**. – São Paulo: Prentice Hall, 2003.

FIGUEIREDO, K. F.; FLEURY, P. F.; WANKE, P. **Logística empresarial – a perspectiva brasileira**. São Paulo: Atlas, 2000.

FIGUEIREDO, K. F.; FLEURY, P. F.; WANKE, P. **Logística e Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento do fluxo de produtos e dos recursos**. São Paulo: Atlas, 2008.

GURGEL, F.A. **Logística Industrial**. São Paulo: Atlas, 2000

GUSMÃO, D. R. **Direito tributário**. 2ª edição – São Paulo: Saraiva, 2008

LACERDA, L. S.; VASCONCELOS, R. S. **Utilização de planilhas eletrônicas como interface para modelagem para modelagem de problemas de programação matemática**. Disponível em: <<http://www.ilos.com.br>>. Acesso em: 16 set. 2009

MACHADO, H. B. **Curso de direito tributário**. 30ª edição – São Paulo: Malheiros, 2009.

MEIRIM, H. **A importância da logística para as empresas brasileiras**. Disponível em <<http://www.guialog.com.br>>. Acesso em: 17 maio 2009

NAZARIO, P. R. da S. **Impactos fiscais na decisão de localização de instalações: Estudos de Caso**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: 2002.

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

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

PEIXOTO, M .M. **Questões atuais de direito tributário**. São Paulo: Ieditora, 2002.

SILVA, M. B. **Otimização de redes de distribuição física considerando incentivo fiscal baseado no crédito presumido de ICMS.** Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

VARSAÑO, R.; PESSOA, E.P.; SILVA, N.L.C.; AFONSO, J.R.R.; ARAUJO, E.A.; RAMUNDO, J.C.M. **Uma análise da carga tributária do Brasil.** Texto para discussão – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Rio de Janeiro, 1998.

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

## APÊNDICE A: VOLUME POR UF – PICO E VALE

	Pico		Vale	
AL	379164,8	59%	262962,7	41%
BA	1809040	61%	1145327	39%
CE	572767,8	42%	800725,7	58%
DF	1687905	55%	1387112	45%
GO	163787,2	54%	140212,4	46%
MG	2782099	60%	1827289	40%
PB	560329,5	58%	411026,8	42%
PE	1654152	57%	1236116	43%
PR	616327,6	69%	277818,4	31%
RJ	10659229	64%	5971316	36%
RN	778678,5	56%	623727,7	44%
RS	2358022	73%	888117,8	27%
SE	467184,2	55%	389386,4	45%
SP	20119327	65%	10813388	35%
TOTAL	44608015	63%	26174526	37%

## APÊNDICE B: ATENDIMENTO CENÁRIO BASE

<b>Mesorregião</b>	<b>Origem</b>	<b>Volume (Kl)</b>
Noroeste Cearense	Fortaleza	43
Norte Cearense	Fortaleza	38
Metropolitana de Fortaleza	Fortaleza	1.201
Sertoões Cearenses	Fortaleza	19
Jaguaribe	Recife	18
Centro-Sul Cearense	Recife	7
Sul Cearense	Recife	47
Oeste Potiguar	Natal	231
Central Potiguar	Recife	68
Agreste Potiguar	Recife	26
Leste Potiguar	Natal	1.077
Sertão Paraibano	Recife	73
Borborema	Recife	9
Agreste Paraibano	Recife	221
Mata Paraibana	Recife	668
Sertão Pernambucano	Recife	126
São Francisco Pernambucano	Recife	146
Agreste Pernambucano	Recife	332
Mata Pernambucana	Recife	228
Metropolitana de Recife	Recife	2.058
Sertão Alagoano	Maceió	31
Agreste Alagoano	Maceió	63
Leste Alagoano	Maceió	548
Sertão Sergipano	Maceió	19
Agreste Sergipano	Maceió	64
Leste Sergipano	Aracaju	774
Nordeste Baiano	Aracaju	5
Metropolitana de Salvador	Salvador	2.949
Metropolitana de Belo Horizonte	Contagem	4.608
Norte Fluminense	Rio de Janeiro	456
Baixas	Rio de Janeiro	1.018
Metropolitana do Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	15.156
São José do Rio Preto	Vinhedo	1.099
Ribeirão Preto	Vinhedo	1.704
Araçatuba	Marília	551
Bauru	Taboão da Serra	772
Araraquara	Vinhedo	528
Piracicaba	Vinhedo	1.119
Campinas	Vinhedo	2.466
Presidente Prudente	Marília	838
Marília	Marília	495
Assis	Marília	381
Macro Metropolitana Paulista	Taboão da Serra	136
Litoral Sul Paulista	Taboão da Serra	82
Metropolitana de São Paulo	Taboão da Serra	20.762
Centro Oriental Paranaense	Curitiba	10
Metropolitana de Curitiba	Curitiba	884
Nordeste Rio-grandense	Esteio	109
Centro Oriental Rio-grandense	Esteio	33
Metropolitana de Porto Alegre	Esteio	2.879
Sudoeste Rio-grandense	Esteio	80
Sudeste Rio-grandense	Esteio	145
Norte Goiano	Brasília	20
Leste Goiano	Brasília	284
Distrito Federal	Brasília	3.075



## APÊNDICE C: ATENDIMENTO CENÁRIO CUSTOS LOGÍSTICOS OTIMIZADOS

Mesorregião	Origem	Volume (KI)
Noroeste Cearense	Fortaleza	43
Norte Cearense	Fortaleza	38
Metropolitana de Fortaleza	Fortaleza	1.201
Sertoões Cearenses	Fortaleza	19
Jaguaribe	Recife	18
Centro-Sul Cearense	Recife	7
Sul Cearense	Recife	47
Oeste Potiguar	Fortaleza	231
Central Potiguar	Recife	68
Agrete Potiguar	Recife	26
Leste Potiguar	Recife	1.077
Sertão Paraibano	Recife	73
Borborema	Recife	9
Agrete Paraibano	Recife	221
Mata Paraibana	Recife	668
Sertão Pernambucano	Recife	126
São Francisco Pernambucano	Recife	146
Agrete Pernambucano	Recife	332
Mata Pernambucana	Recife	228
Metropolitana de Recife	Recife	2.058
Sertão Alagoano	Recife	31
Agrete Alagoano	Recife	63
Leste Alagoano	Recife	548
Sertão Sergipano	Recife	19
Agrete Sergipano	Aracajú	64
Leste Sergipano	Aracajú	774
Nordeste Baiano	Aracajú	5
Metropolitana de Salvador	Aracajú	2.949
Metropolitana de Belo Horizonte	Contagem	4.608
Norte Fluminense	Rio de Janeiro	456
Baixadas	Rio de Janeiro	1.018
Metropolitana do Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	15.156
São José do Rio Preto	Marília	1.099
Ribeirão Preto	Marília	1.704
Araçatuba	Marília	551
Bauru	Marília	772
Araraquara	Marília	528
Piracicaba	Marília	448
Piracicaba	Taboão da Serra	670
Campinas	Taboão da Serra	2.466
Presidente Prudente	Marília	838
Marília	Marília	495
Assis	Marília	381
Macro Metropolitana Paulista	Taboão da Serra	136
Litoral Sul Paulista	Taboão da Serra	82
Metropolitana de São Paulo	Taboão da Serra	20.762
Centro Oriental Paranaense	Marília	10
Metropolitana de Curitiba	Taboão da Serra	884
Nordeste Rio-grandense	Esteio	109
Centro Oriental Rio-grandense	Esteio	33
Metropolitana de Porto Alegre	Esteio	2.879
Sudoeste Rio-grandense	Esteio	80
Sudeste Rio-grandense	Esteio	145
Norte Goiano	Brasília	20
Leste Goiano	Brasília	284
Distrito Federal	Brasília	3.075

**APÊNDICE D: ATENDIMENTO CENÁRIO INCENTIVO FISCAL EM MG**

<b>Mesorregião</b>	<b>Instalação</b>	<b>Volume</b>
Noroeste Cearense	Fortaleza	43
Norte Cearense	Fortaleza	38
Metropolitana de Fortaleza	Fortaleza	1.201
Sertoões Cearenses	Fortaleza	19
Jaguaribe	Recife	18
Centro-Sul Cearense	Recife	7
Sul Cearense	Recife	47
Oeste Potiguar	Fortaleza	231
Central Potiguar	Recife	68
Agreste Potiguar	Recife	26
Leste Potiguar	Recife	1.077
Sertão Paraibano	Recife	73
Borborema	Recife	9
Agreste Paraibano	Recife	221
Mata Paraibana	Recife	668
Sertão Pernambucano	Recife	126
São Francisco Pernambucano	Recife	146
Agreste Pernambucano	Recife	332
Mata Pernambucana	Recife	228
Metropolitana de Recife	Recife	2.058
Sertão Alagoano	Recife	31
Agreste Alagoano	Recife	63
Leste Alagoano	Recife	548
Sertão Sergipano	Recife	19
Agreste Sergipano	Aracajú	64
Leste Sergipano	Aracajú	774
Nordeste Baiano	Aracajú	5
Metropolitana de Salvador	Aracajú	2.949
Metropolitana de Belo Horizonte	Contagem	4.608
Norte Fluminense	Rio de Janeiro	456
Baixas	Rio de Janeiro	1.018
Metropolitana do Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	15.156
São José do Rio Preto	Marília	1.099
Ribeirão Preto	Marília	1.704
Araçatuba	Marília	551
Bauru	Marília	772
Araraquara	Marília	528
Piracicaba	Marília	410
Piracicaba	Taboão da Serra	708
Campinas	Taboão da Serra	2.466
Presidente Prudente	Marília	838
Marília	Marília	495
Assis	Marília	381
Macro Metropolitana Paulista	Contagem	36
Macro Metropolitana Paulista	Taboão da Serra	100
Litoral Sul Paulista	Contagem	2
Litoral Sul Paulista	Taboão da Serra	80
Metropolitana de São Paulo	Taboão da Serra	20.762
Centro Oriental Paranaense	Marília	10
Metropolitana de Curitiba	Taboão da Serra	884
Nordeste Rio-grandense	Esteio	109
Centro Oriental Rio-grandense	Esteio	33
Metropolitana de Porto Alegre	Esteio	2.879
Sudoeste Rio-grandense	Esteio	80
Sudeste Rio-grandense	Esteio	145
Norte Goiano	Brasília	20
Leste Goiano	Brasília	284
Distrito Federal	Brasília	3.075