



Bruno de Almeida Rodrigues Paiva

**Projeto de otimização de localização de
infraestruturas de distribuição considerando a
influência de créditos acumulados do imposto de
circulação de mercadorias e serviços**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre (opção profissional) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Hugo Miguel Varela Repolho

Rio de Janeiro

Abril de 2018



Bruno de Almeida Rodrigues Paiva

**Projeto de otimização de localização de
infraestruturas de distribuição considerando a
influência de créditos acumulados do imposto de
circulação de mercadorias e serviços**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre (opção profissional) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Hugo Miguel Varela Repolho

Presidente e Orientador

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Antônio Márcio Tavares Thomé

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Rafael Martinelli Pinto

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Márcio da Silveira Carvalho

Coordenador (a) Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 20 de Abril de 2018

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Bruno de Almeida Rodrigues Paiva

Graduou-se em Engenharia de Produção na PUC-Rio (Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro) em 2012. Kursou pós-graduação *lato sensu* em Logística e Suprimentos no IBMEC (Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais) em 2013. Tem como experiência profissional a atuação na cadeia de suprimentos da indústria farmacêutica e de bens de consumo alvo desse estudo. (brupaiva@gmail.com)

Ficha Catalográfica

Paiva, Bruno de Almeida Rodrigues

Projeto de otimização de localização de infraestruturas de distribuição considerando a influência de créditos acumulados do imposto de circulação de mercadorias e serviços / Bruno de Almeida Rodrigues Paiva ; orientador: Hugo Miguel Varela Repolho. – 2018.

86 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)—Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2018.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Localização. 3. Cadeia de distribuição. 4. Formação dos preços de frete. 5. Créditos tributários. 6. ICMS. I. Repolho, Hugo Miguel Varela. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

Para os meus pais, Carlos e Marili
e a minha doce Carolina pelo
carinho e apoio de todas as horas.

Agradecimentos

Ao meu orientador Professor Hugo Miguel Varela Repolho pelo estímulo e parceria para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos Alan Cruz, Marcos Gomes, Daniel Martins, Carlos Pinto e Humberto Francesconi pelas importantes contribuições e palavras de apoio.

Aos meus pais pela educação, atenção e ensinamentos.

Aos meus irmãos Gisele e Guilherme pela paciência, apoio e amizade.

Aos meus colegas da PUC-Rio.

Aos professores que participaram da Comissão examinadora.

A todos os amigos e familiares que de uma forma ou de outra me estimularam ou me ajudaram.

Resumo

Paiva, Bruno de Almeida Rodrigues; Repolho, Hugo Miguel Varela. **Projeto de otimização de localização de infraestruturas de distribuição considerando a influência de créditos acumulados do imposto de circulação de mercadorias e serviços**. Rio de Janeiro, 2018. 86p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Incluir o gerenciamento tributário no planejamento da cadeia de suprimentos é fundamental, especialmente no Brasil, onde cada estado pratica sua própria política tributária. Esta dissertação estuda a importância dos custos tributários ao decidir a localização dos centros de distribuição. Foi desenvolvido um modelo de Programação Linear Inteira Mista (PLIM) o qual inclui as oportunidades e restrições criadas pelas políticas tributárias brasileiras, juntamente com as restrições tradicionais em que os custos de implantação, operação e transporte estão incluídos. Especificamente, nos concentramos em sistemas de distribuição que operam em um ambiente interestadual e intermunicipal e onde o Imposto sobre Circulação de Mercadorias (ICMS) se aplica. O modelo de otimização minimiza os custos totais dados pela soma dos custos de distribuição entre fábrica - centros de distribuição - clientes, custos fixos e variáveis das instalações e créditos fiscais cumulativos não recuperados. Ou seja, o modelo considera e calcula para cada caso os custos ou créditos gerados em cada transação devido à aplicação do ICMS. O modelo gerado é por natureza não linear sendo apresentada uma forma de linearização do mesmo. O modelo foi aplicado a uma empresa brasileira que lida com bens não duráveis e atua em todo o país. A solução encontrada propôs a abertura de três novos centros de distribuição, além do já existente, correspondentes a um sistema de distribuição onde são utilizados todos os créditos tributários acumulados decorrentes de transações de ICMS. O valor da economia anual foi de 29% do custo total do sistema de distribuição.

Palavras-chave

Localização; Cadeia de distribuição; Formação dos preços de frete; Créditos tributários; ICMS; Cadeia de Suprimento; Logística.

Abstract

Paiva, Bruno de Almeida Rodrigues; Repolho, Hugo Miguel Varela. (Advisor). **Optimal Location of Distribution Centers considering the Effect of Cumulative Tax Credits**. Rio de Janeiro, 2018. 86p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Including tax management in supply chain planning is mandatory, especially in Brazil, where each state practices its own tax policy. This dissertation studies the importance of tax costs upon deciding the location of distribution centers. Was developed a Mixed Integer Linear Programming (MILP) that includes the restrictions and opportunities created by the Brazilian tax policies along with the traditional restrictions where deployment, operating and transportation costs are included. Specifically, we focus on distribution systems that operate within an interstate and inter-municipal environment and where a Goods Circulation Tax (ICMS) applies. The optimization model minimizes the total costs given by the sum of distribution costs between factory - distribution centers - clients, facility fixed and variable costs and non-recovered cumulative tax credits. Thus, the model considers and calculates for each case and transaction the costs or credits resulting from the application of ICMS. The presented model is by nature non-linear and a linearization form of the model is presented. The model was applied to a Brazilian company that deals with non-durable goods and operates in the whole country. The solution found proposed the opening of three new distribution centers, besides the existing one, corresponding to a distribution system where all cumulative tax credits deriving from ICMS transactions are used. The annual saving amount to 29% of the distribution system present costs.

Keywords

Facility location; Distribution network; Formation of freight prices; Tax Credits; ICMS; Supply chain management; Logistics.

Sumário

1.	Introdução	15
1.1	Objetivos da pesquisa	17
1.2	Metodologia científica.....	17
1.3	Estrutura do trabalho.....	18
2.	Referencial teórico	20
2.1	Logística.....	20
2.2	Logística integrada / Cadeia de suprimentos (SCM).....	20
2.3	Transporte.....	23
2.4	Custos logísticos	25
2.5	Revisão de frete	25
2.5.1	Frota própria.....	26
2.5.2	Frota terceirizada	28
2.5.2.1	Legislação pertinente à frota terceirizada	30
2.5.2.2	Custo de transporte terceirizado.....	31
2.5.2.3	Cálculo do preço do frete para uma remessa	34
2.6	Questão tributária no brasil	34
2.6.1	Tributos relevantes na configuração da rede logística.....	36
2.6.2	ICMS	38
2.6.2.1	Cálculo do valor da nota fiscal.....	41
2.6.2.2	Regra geral dos créditos tributários do ICMS	43
2.6.2.3	Benefício fiscal referente ao ICMS	45
2.6.3	Influência fiscal na configuração da rede logística.....	48
2.7	Localização de instalações.....	53
2.8	Modelo clássico de localização p-mediana.....	55
3.	Modelo matemático de localização com fator fiscal	57
4.	Aplicação do modelo em um caso real	63
4.1	Perfil da empresa	63
4.2	Levantamento de dados para o modelo	63
4.2.1	Características da demanda.....	64
4.2.2	Escolha das cidades candidatas a receber um CD.....	67
4.2.3	As distâncias entre as cidades	67

4.2.4	Os custos de armazenagem para a escolha do CD.....	69
4.2.5	Os custos tributários.....	70
4.2.6	Os custos de fretes entre as cidades	71
4.2.7	Fator de recuperação de créditos de ICMS acumulados	71
4.3	Discussão dos resultados obtidos com a aplicação do modelo	72
4.3.1	Análise de sensibilidade do fator de recuperação	80
5.	Conclusão	81
6.	Referências bibliográficas	83

Lista de figuras

Figura 1 - Modelo conceitual de logística integrada	21
Figura 2 - Evolução da Logística para a Cadeia de Suprimentos	22
Figura 3 - Relatório FICO Xpress-Optimizer® modelo de localização clássico	73
Figura 4 - Rede de distribuição atual sub-ótima.	74
Figura 5 - Rede de distribuição ótima não considerando os custos tributários.	74
Figura 6 - Relatório FICO Xpress-Optimizer® modelo com custo tributário.....	76
Figura 7 - Rede de distribuição ótima considerando custo tributário	77
Figura 8 - Rede de distribuição ótima com apenas um CD	79
Figura 9 - Rede de distribuição ótima com Japeri com FR = 96%.....	80

Lista de tabelas

Tabela 1 - Quantidade de registros por categoria do transportador	31
Tabela 2 - Tarifa por cidade	32
Tabela 3 - Formação do preço do frete de uma encomenda.....	34
Tabela 4 - Receitas correntes Estado de São Paulo em 2016	37
Tabela 5 - Alíquotas ICMS 2018	38
Tabela 6 - Localização das instalações dos Fluxos	49
Tabela 7 - Resultados da fábrica	50
Tabela 8 - Resultados do centro de distribuição	51
Tabela 9 - Resultados do varejo	52
Tabela 10 - Relação de cidades candidatas a receber o centro de distribuição	67
Tabela 11 - Custos de armazenagem nas cidades candidatas	70
Tabela 12 - Fator de recuperação das cidades candidatas	71
Tabela 13 - Comparativo de despesas com Modelo tradicional	75
Tabela 14 - Comparativo de despesas com Modelo tributário.....	77
Tabela 15 - Comparativo de despesas com Modelo tributário com CD único	79

Quadros

Quadro 1 - Necessidades especiais para formar frota própria de transportes 27

Quadro 2 - Comparativo de operadores logísticos com prestadores de serviço tradicional.29

Quadro 3 - Custos extras 33

Gráficos

Gráfico 1 - Distribuição geográfica dos clientes	65
Gráfico 2 - Demanda de produtos por regiões	65
Gráfico 3 - Total de toneladas por Estado.....	66

Siglas

- (TAC) Transportador Autônomo de Cargas
- (CTC) Cooperativas de Transporte de Cargas
- (ETC) Empresas de Transporte de Cargas
- (SCM) *Supply Chain Management* (Gerenciamento da cadeia de Suprimentos)
- (ICMS) Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
- (PSLs) Provedores de Serviços Logísticos
- (CEL) Centro de Estudo em Logística
- (UFRJ) Universidade Federal do Rio de Janeiro
- (ANTT) Agência Nacional de Transportes Terrestres
- (TRC) Transporte Rodoviário de Cargas
- (RNTRC) Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas
- (TDE) Taxa de Difícil Entrega
- (GRIS) Gerenciamento de Risco
- (CTN) Código Tributário Nacional
- (STN) Sistema Tributário Nacional
- (CF/88) Constituição Federal de 1988
- (IPVA) Imposto de Propriedade de Veículo Automotor
- (ISS) Imposto Sobre Serviços
- (ITCMD) Imposto de Transmissão *causa mortis* e Doação
- (RICMS) Regulamentos do ICMS
- (FECP) Fundo Estadual de Combate à Pobreza
- (CONFAZ) Conselho Nacional de Política Fazendária
- (STF) Supremo Tribunal Federal
- (RIR) Regulamento do Imposto de Renda
- (CD) Centro de Distribuição
- (CIF) *Cost, Insurance and Freight* (custo, seguro e frete).
- (SAC) Serviço de Atendimento ao Consumidor

1. Introdução

Com as intensas transformações impulsionadas pelos avanços tecnológicos e as integrações das cadeias produtivas nos mais diferentes setores, a capacidade competitiva das organizações se torna cada vez mais essencial. Em resposta ao aumento da competitividade, Ballou (2006) ressalta que a administração ao reconhecer a importância de se gerir suas cadeias de suprimento, atinge a condição de se diferenciar no mercado. Sendo assim, o grande desafio das atividades de gestão é alcançar essa diferenciação, atendendo as expectativas dos clientes sem que resulte, de forma significativa, em diminuição das margens de lucro ou impacte negativamente no preço final.

Para Dumit (2005), a inércia e a relutância em abordar os desafios logísticos podem resultar em consequências negativas para a organização, uma vez que a Logística se tornou um diferencial competitivo capaz de reduzir custos e melhorar o desempenho das empresas. Ainda segundo Dumit (2005, p.25) “No mundo globalizado atual, não são mais perdoados erros estratégicos e a concorrência está sempre pronta para absorver demandas perdidas por empresas que estão logisticamente mal preparadas”.

Em um ambiente cada vez mais competitivo, padrões de eficiência mais elevados tornam-se necessários. Lima (2011) acrescenta que os consumidores estão exigindo melhores níveis de serviço, entretanto não estão dispostos a pagar por isso. Nesse ponto, gerenciar os custos logísticos é fundamental e vários aspectos da rede de distribuição precisam ser levados em consideração, como por exemplo a escolha da localização das instalações, a seleção do transporte adequado e a questão tributária.

Cunha e Mutarelli (2004, p.1098) definem rede de distribuição como sendo “a representação físico-espacial e temporal das origens e dos destinos de produtos acabados, bem como dos seus fluxos e dos demais aspectos relevantes”. A configuração da rede de distribuição muitas vezes é definida pelas organizações de maneira empírica, negligenciando fatores importantes que acabam impactando negativamente e de forma determinante o custo logístico total.

De acordo com Lacerda (2011) os problemas de localização de instalações, usualmente, possuem uma complexidade bastante elevada e utilizam um grande volume de dados. A complexidade está na análise de um conjunto extenso de variáveis de decisão. Tais variáveis são muitas vezes conflituosas e influenciam umas nas outras, gerando conflitos de escolhas. Esse conflito é conhecido como *trade-off*, ou seja, o princípio das perdas e ganhos, ou compensações. Uma forma de facilitar a manipulação e análise dessa grande massa de dados, usualmente encontrada nos problemas de localização, é a utilização de ferramentas computacionais. Os modelos matemáticos de localização são utilizados como ferramentas de apoio à decisão, auxiliando na escolha da melhor estratégia para se configurar a rede logística.

Segundo Caixeta-Filho (2001) o transporte é usualmente o principal componente da logística, sendo visto como a última fronteira para a redução de custos das empresas. No Brasil, o transporte rodoviário de cargas pode ser feito pela própria empresa utilizando frota própria ou executado através da contratação de terceiros: Transportador Autônomo de Cargas (TAC); Cooperativas de Transporte de Cargas (CTC) e Empresas de Transporte de Cargas (ETC).

O aspecto tributário é essencial e está presente em toda transação praticada pelos membros da cadeia produtiva, sendo cobrado separadamente, de forma independente, por cada ente da administração pública: União, Estados e Municípios. Ao se negligenciar aspectos tributários, as empresas perdem oportunidades, além de assumirem riscos desnecessários. Para Espírito Santo (2015), os custos gerados por decisões fiscais equivocadas podem se mostrar mais significativos que os custos logísticos, uma vez que as empresas estariam sujeitas a elevadas sanções e multas pelo não cumprimento de suas obrigações fiscais, podendo comprometer a viabilidade do negócio.

Para Bowersox e Closs (2001) mais do que promover significativas reduções de custos, os recentes desenvolvimentos da logística a elevaram à condição de importante fator competitivo em muitos setores da economia. Dessa forma, as empresas que conseguirem se capacitar logisticamente podem alavancar consideravelmente suas posições no mercado.

Segundo Wood Jr. e Zuffo (1998), muitas empresas continuam sem perceber a importância de controlar e reduzir os estoques. Poucas são as que conseguiram implementar o conceito de logística integrada nos componentes de sua organização e raras são aquelas que iniciaram a implantação de práticas de *supply chain management* (SCM). São muitos os desafios, mas enormes as oportunidades para as organizações que conseguirem gerenciar os importantes *trade-offs* logísticos tais como os custos de transporte, armazenagem e estoque.

1.1 Objetivos da pesquisa

Esta dissertação tem como objetivo geral propor um modelo matemático que avalie o *trade-off* entre os custos logísticos operacionais decorrentes da armazenagem, estocagem e transporte, bem como incorporar a incidência de custos tributários, mais especificamente o ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), resultante das operações relativas à circulação e transporte interestadual e intermunicipal de mercadorias.

O objetivo específico deste trabalho é aplicar o modelo desenvolvido a um caso real de uma empresa brasileira do setor cosmético farmacêutico de abrangência nacional e avaliar a solução apontada pelo modelo com a atualmente praticada pela organização, demonstrando, assim, os ganhos da solução.

1.2 Metodologia científica

O método empregado na pesquisa é de natureza aplicada e tem objetivo exploratório, já que busca gerar conhecimentos para aplicação prática, direcionados à resolução de um problema específico por meio da utilização de um modelo de otimização em um caso real com abordagem qualitativa. Para Cervo et al. (2007, p.63) "a pesquisa exploratória realiza descrições precisas da situação e quer descobrir as relações existentes entre seus elementos componentes".

O trabalho seguiu as seguintes etapas:

1. Pesquisa bibliográfica: levantamento de referencial teórico de relevância acadêmica publicado em meios eletrônicos e escritos como livros, artigos

científicos, teses de doutorado e dissertações de mestrado, referentes aos temas de localização de instalações, distribuição e custos logísticos e tributários incidentes nas operações.

2. Estudo e caracterização do sistema tributário brasileiro aplicável a sistemas de distribuição.
3. Formulação de um modelo matemático teórico de localização de instalações, que contempla a questão tributária, em particular o ICMS. O modelo foi desenvolvido utilizando a ferramenta de apoio para a modelagem: Software XPRESS®, da FICO.
4. Linearização do modelo matemático.
5. Coleta de dados na empresa alvo do estudo empírico: pesquisa documental na empresa por meio da coleta de dados tais como arquivos, tabelas com estatísticas, documentos e relatórios internos, além da observação em campo.
6. Análise e discussão dos resultados obtidos e geração de cenários de análise para possíveis gestores: verificação da melhor solução para o caso abordado além de uma comparação dos resultados obtidos no modelo teórico com o atualmente praticado pela empresa; análise de aplicabilidade do modelo desenvolvido para estudos similares posteriores.

1.3 Estrutura do trabalho

O trabalho possui os seus capítulos estruturados da seguinte maneira:

- **CAPÍTULO 1:** A Introdução apresenta importantes pontos de motivação para a pesquisa, o objetivo geral e específico, bem como a metodologia científica utilizada.
- **CAPÍTULO 2:** Apresenta o Referencial teórico, iniciando com o estudo da logística, logística integrada/cadeia de suprimentos, o transporte, os custos logísticos, bem como a revisão de frete, especificamente tratando da frota própria e da frota terceirizada. Desenvolve-se também sobre a questão tributária no Brasil, abrangendo os tributos relevantes na configuração da rede logística, com a devida ênfase ao ICMS. Por fim, estudou-se a localização das instalações e o modelo clássico de localização p-mediana.

- **CAPÍTULO 3:** Apresenta o modelo matemático de localização com a inclusão do custo tributário.
- **CAPÍTULO 4:** Apresenta as características da empresa objeto de estudo desta dissertação, aplica o modelo matemático apresentado à realidade da empresa e por fim apresenta e discute os resultados obtidos com o atualmente praticado.
- **CAPÍTULO 5:** Apresenta a conclusão da dissertação, bem como algumas recomendações.
- **CAPÍTULO 6:** Referências Bibliográficas do trabalho.

2. Referencial teórico

2.1 Logística

Para Bowersox e Closs (2001) e Fleury et al. (2011) a Logística se apresenta como um paradoxo. Fleury et al. (2011) atribui ao fato da Logística ser uma atividade muito antiga e simultaneamente um conceito gerencial muito moderno. Ainda para Fleury et al. (2011) isso pode ser visto no momento que o homem deixa a economia extrativista dando início às atividades produtivas organizadas, comercializando seus excedentes de produção, até os dias de hoje, quando mudanças econômicas aumentam a competitividade entre as empresas e mudanças tecnológicas tornam possível um gerenciamento eficiente e eficaz das operações logísticas.

É comum encontrar em diversos textos confusões com o significado e o uso das expressões Logística, Logística Integrada e Gestão da Cadeia de Suprimentos. Essas expressões não são sinônimas, elas representam uma evolução natural e um aprofundamento de técnicas e conceitos que buscam otimizar de forma integrada a gestão e o projeto do sistema logístico sendo capaz de agregar valor as operações, beneficiando também os clientes e fornecedores. Sendo assim, a Logística deu origem aos modernos conceitos de Logística integrada e Gestão da Cadeia de Suprimentos.

A Logística já deixou de ser tema de relevância secundária e de cunho meramente operacional para se firmar no centro dos debates e decisões estratégicas das empresas.

2.2 Logística integrada / Cadeia de suprimentos (SCM)

Segundo Marques (2007) a Logística, durante muito tempo, foi tratada de maneira segmentada. As funções logísticas eram estudadas e aplicadas como áreas de apoio ao negócio e de forma independente. Para Lambert et al. (1998) o tratamento desagregado da logística pode explicar parte do motivo dos vários nomes e neologismos atribuídos a logística: distribuição, distribuição física, transporte, administração de materiais, logística de distribuição, dentre outros.

Para Kent e Flint (1997, APUD Figueiredo e Arkader, 1998), a evolução do pensamento logístico acontece com o surgimento de uma visão integrada das questões logísticas internas das organizações. Segundo os autores, aspectos como abordagem de sistemas e o custo total passam a ser utilizados. As atenções antes voltadas para a distribuição física, pela primeira vez direcionam-se para um enfoque mais amplo de funções devido à influência da economia industrial.

Lambert et al. (1998) define a Logística Integrada como sendo a abordagem de diversas atividades como um sistema integrado. Figueiredo e Arkader (1998) definem a Logística Integrada como sendo a integração interna das atividades, representando uma mudança de pensamento das empresas que passam a assumir uma forte preocupação não só com a qualidade do produto, como também com a qualidade dos serviços prestados. Busca-se, dessa forma, uma ponderação entre um melhor nível de serviço e um baixo custo logístico.

Tanto Bowersox e Closs (2001) como Fleury et al. (2011) apresentam um modelo conceitual de logística integrada, colocando o serviço ao cliente como componente central da estratégia de marketing. Dessa forma, sob o enfoque operacional, a organização logística passa a ter como missão estruturar-se para garantir o cumprimento do nível de serviço determinado.

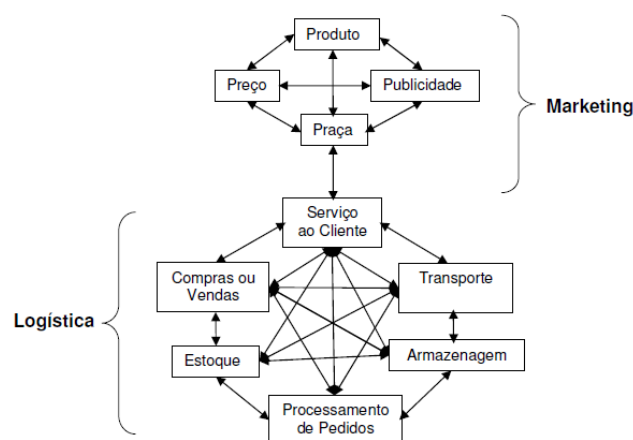


Figura 1- Modelo conceitual de logística integrada
Fonte: (Adaptado de Lambert e Stock, 1993).

Conforme descrito na Figura 1, Fleury et al. (2011) destaca que os componentes do sistema de marketing (“*marketing mix*”) estão conectados com os componentes do sistema logístico de forma integrada, representando assim um conjunto de *trade-offs* entre cada uma das atividades que compõem todo o contexto de logística.

Kent e Flint (1997) apontam em seu estudo uma nova evolução no pensamento logístico, visto como última fronteira empresarial, colocando a logística como elemento diferenciador chamado de *Supply Chain Management*. Para Figueiredo e Arkader (1998, p.2) o conceito de *Supply Chain Management* se apresenta como uma natural evolução do conceito de logística integrada. “Enquanto a Logística Integrada representa uma integração interna de atividades, o *Supply Chain Management* representa sua integração externa, pois estende a coordenação dos fluxos de materiais e de informações aos fornecedores e ao cliente final.” Ballou (2006) caracteriza esta evolução com a Figura 2.

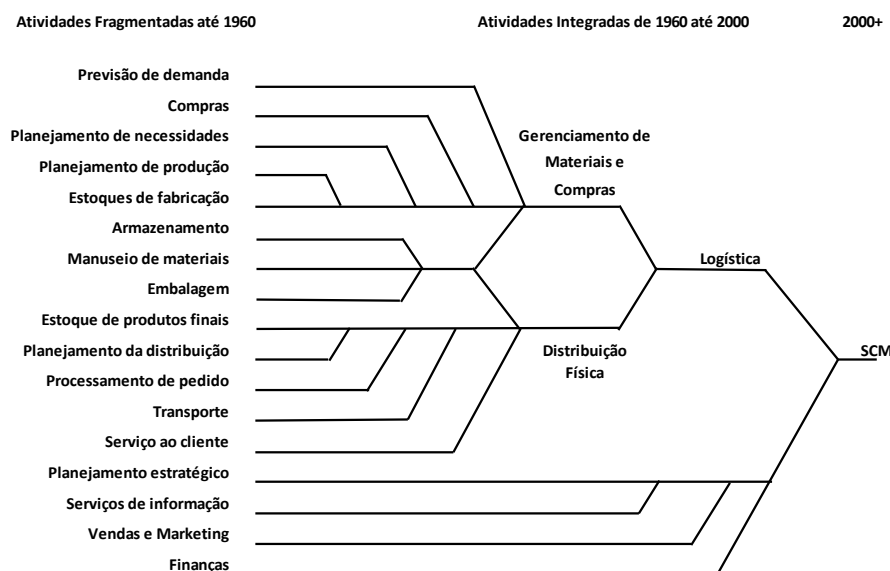


Figura 2 - Evolução da Logística para a Cadeia de Suprimentos
Fonte: (Ballou, 2006)

Para Ballou (2006), a Logística nesse momento desempenha a função de integradora dos componentes internos das empresas como também dos elos da cadeia de suprimento, vindo de uma busca pelo ótimo local na logística integrada para chegar a um ótimo global com o SCM. Entretanto, Fleury et al. (2011, p.45) acrescenta que

para se implementar o conceito de SCM, a empresa deve “abandonar o gerenciamento de funções individuais e buscar a integração das atividades”, além de desenvolver uma visão sistêmica na qual “o resultado do conjunto é mais importante que o resultado das partes”. Uma vez que a otimização de um elo da cadeia de suprimento, isoladamente, não resulta na otimização da cadeia, mas sim na sua subotimização.

De acordo com Lambert e Cooper (2000), o SCM resultou na mais significativa mudança de paradigma da atualidade na gestão de negócios, uma vez que as empresas percebem uma nova forma competitiva, além da competição entre empresas, que é a competição entre as cadeias de suprimento.

2.3 Transporte

O transporte dos produtos representa o custo logístico mais significativo absorvendo de um a dois terços dos custos logísticos totais. Nazário (2011) acrescenta que em alguns casos, as despesas logísticas com transporte podem representar duas ou três vezes o lucro de uma organização.

Na literatura o transporte tem um papel de destaque e para Caixeta-Filho (2001, p.17) desempenha uma importante função econômica: “Uma vez que permite às sociedades acesso a produtos produzidos fora de seus ambientes, o sistema de transporte tem importante papel potencial de romper monopólios, provocados pelo isolamento geográfico, na produção e na comercialização de mercadorias.” É possível afirmar, mesmo com os avanços tecnológicos da atualidade, que o transporte de insumos ou bens de consumo permanecerá, por um longo tempo, sendo a única maneira de se dispor de um produto em um lugar distinto de sua origem.

Os produtos precisam ser disponibilizados onde exista demanda potencial, dentro do prazo que atenda às necessidades do comprador. Desta forma, Nazário (2011) afirma que, o transporte tem um papel fundamental para atingir o objetivo logístico, o qual consiste em entregar ao cliente o produto certo, na quantidade certa, na hora certa, no lugar certo ao menor custo possível.

Bowersox e Closs (2001, p.281) identificam basicamente cinco agentes envolvidos nas operações do transporte: “o embarcador (ponto de origem), o destinatário (ponto de destino ou receptor), a transportadora, o governo e o público”. Os agentes podem atuar de forma independente e possuem diferentes interesses.

Os embarcadores têm como objetivo a transferência de posse da carga de forma que a sua integridade e características sejam preservadas durante toda a movimentação origem-destino, em um tempo determinado e no menor custo possível. Já o destinatário tem como objetivo receber o produto à um nível de serviço esperado. A transportadora busca atender as expectativas acordadas com o embarcador além de otimizar a relação: valor cobrado pelo frete e os custos logísticos totais de sua operação. Dentre as formas de se obter essa redução nos custos, está a necessidade da transportadora em dispor de tempos mais flexíveis para a consolidação de cargas fracionadas em cargas consolidadas.

Sobre consolidação de cargas, Ballou (2006, p.210) diz que: “Consolidar pequenos fretes em fretes maiores é uma maneira fundamental de conseguir custo menor de transporte por unidade de peso.” Da mesma forma, a taxa de crescimento do custo de transporte será cada vez menor na medida que se aumenta a distância percorrida. Ou seja, das duas formas é possível obter um menor custo unitário $[R\$/ (t \cdot km)]$ de transporte.

O governo e as autoridades fiscais têm um interesse particular nas transações com movimentação de cargas que é evitar a sonegação de impostos, mais especificamente o ICMS. Os impostos têm uma importante função social que é gerar receitas fiscais, receitas estas destinadas ao financiamento, entre outras, de políticas públicas de desenvolvimento social e melhoria da infraestrutura, satisfazendo, assim, as necessidades coletivas dos cidadãos.

O público, em geral, está preocupado com o custo, a eficácia e o acesso ao serviço de transporte e se este atende aos padrões de segurança e preservação do meio ambiente. Os problemas ligados à poluição ambiental e às condições impróprias dos veículos, que operam transporte de cargas, continuam presentes, colocando assim em

risco a integridade pública, mesmo com os avanços recentes em relação a emissão de poluentes e segurança dos transportes. (Bowersox e Closs, 2001).

2.4 Custos logísticos

O sistema logístico apresenta vários custos associados. Porém, nem todos os custos são de fato relevantes para a decisão de localização dos centros de distribuição, logo não serão considerados nessa análise. Os custos relevantes pertinentes ao sistema logístico são agrupados da seguinte forma: custo do estoque (excesso de produção não consumida), custo de armazenagem (garantia de integridade do estoque), custo de transporte (para que a troca seja efetivada, transportando do local de produção ao local de consumo) e custo fiscal (resultado da ocorrência do fato gerador definido em lei, gerando uma obrigação tributária).

O controle dos custos é fundamental para a competitividade das empresas e a sua permanência no mercado, principalmente devido ao aumento da concorrência. Conforme aborda Carneiro et al. (2011, p.69) "a acirrada competição entre as empresas e as baixas margens de lucro em boa parte dos setores da economia exigem que eficiência e competitividade sejam definitivamente incorporadas ao contexto da gestão empresarial".

Para Lima (2011) a logística moderna enfrenta um de seus principais desafios, que é gerenciar o *trade-off* da relação entre custo logístico e nível de serviço oferecido. Nesta mesma linha, Bowersox e Closs (2001) pontuam que a estratégia logística ideal muito raramente possui o menor custo total ou apresenta o melhor serviço ao cliente. Lima (2011) acrescenta que melhores níveis de serviço são cada vez mais exigidos pelos clientes, porém não estão propensos a pagar mais por isso. Para o autor o preço passa a ser um qualificador, enquanto que o nível de serviço se mostra como um diferenciador, diante do mercado.

2.5 Revisão de frete

A configuração de um sistema de distribuição capaz de atender a demanda de mercados geograficamente distantes das fontes de produção, a níveis de serviço cada

vez mais altos e de forma econômica, é um constante desafio do gerenciamento logístico (Lacerda, 2011). Na busca por custos de transportes mais baixos, o que representaria uma cadeia de suprimentos mais competitiva, as empresas se deparam com a decisão operacional de possuir frota própria ou terceirizar a distribuição.

Segundo Fleury et al. (2011) uma empresa pode reduzir custos mantendo a operação de suas atividades sobre sua responsabilidade. Uma vez que, assim, eliminaria a margem de lucro referente ao serviço praticado pela empresa terceirizada, além de não arcar com eventuais custos transacionais dessa relação. Por outro lado, o argumento a favor da terceirização está em liberar a empresa da necessidade de investir em atividades secundárias, permitindo que a mesma possa direcionar os seus recursos e atenção para áreas centrais do negócio, ou seja, o “*core business*”.

Existem vantagens e desvantagens em cada tipo de transporte. A configuração ideal para essa questão depende das características de cada empresa, não existindo um modelo único a ser seguido. Assim, é possível perfeitamente uma operação de distribuição mista combinando frotas próprias quando for economicamente mais rentável e frotas terceirizadas quando a consolidação de cargas se fizer necessária.

2.5.1 Frota própria

Segundo Fleury et al. (2011, p.267) na maior parte das empresas a atividade de transporte corresponde ao elemento de maior relevância no custo logístico. “O frete costuma absorver aproximadamente 60% dos gastos logísticos e entre 9 e 10% do produto nacional bruto para a economia de uma nação relativamente desenvolvida.” Desta forma se justifica a constante busca da eficiência no transporte.

Da Silva (2013) afirma em seu estudo que geralmente é indicado a uma empresa fazer uso de frota própria na sua distribuição de mercadorias quando há grande quantidade de volumes a serem transportados e entregues, onde o transporte apresenta grande complexidade ou quando as transportadoras não conseguem atender o nível de serviço essencial a operação.

De acordo com Ballou (2006) um serviço próprio de transporte torna-se eventualmente mais econômico do que o terceirizado quando o volume de embarque é significativo. Todavia, há situações em que as empresas são obrigadas a formarem uma frota própria de transportes, ainda com custos elevados, quando as transportadoras comuns não conseguem atender com satisfação as necessidades particulares dos serviços.

Quadro 1 - Necessidades especiais para formar frota própria de transportes

Incluem-se como necessidades especiais:
• Entrega rápida com grande confiabilidade do serviço
• Equipamentos especiais que são raros no mercado
• Manuseio especializado da carga
• Um serviço que esteja sempre disponível

Fonte: (Ballou, 2006)

Neste contexto, Rezende (2008) trata que existem diversos motivos para que as empresas prefiram manter frota própria. Dentre eles consta a preocupação da exposição de informações estratégicas da empresa aos prestadores de serviço, que poderia colocar em risco o negócio. Há também a preocupação da perda de qualidade do serviço ao terceirizar a sua frota e comprometer a imagem da empresa.

Ballou (2006, p.181) defende que “A concretização dos custos menores que os do transporte contratado não é o fator motivador maior, embora essa redução de custos possa ocorrer quando a utilização do equipamento de transporte for realmente intensa”. O autor acrescenta ainda que quando o embarcador é o proprietário do serviço, exemplificando uma frota de caminhões, os custos relevantes para uma determinada remessa figuram itens como: combustível, salários, manutenção, depreciação do equipamento e custos administrativos.

Benzecry e Nazário (2009) apontam que é possível melhorar a eficiência na utilização de frota própria, quando esta fica dedicada a uma rota única, operando de forma “bate e volta” resultando em um maior giro dos veículos e maior produtividade. Os autores ressaltam que uma análise de custos é necessária, uma vez que ao contrário

de um transporte terceirizado, o qual impõe custos apenas na sua utilização, na operação com frota dedicada a empresa arcará com os custos do veículo mesmo quando este estiver ocioso. Assim, há um ponto de equilíbrio de produtividade no transporte que torna viável a utilização de frota dedicada e em frequentes casos, reduzindo custos.

2.5.2 Frota terceirizada

Lima (2004) entende que a terceirização, ou *outsourcing*, é quando uma empresa realiza uma aquisição externa subcontratando outra de personalidade jurídica diferente para realizar determinadas atividades ou processos não essenciais ao andamento do negócio. A autora acrescenta que as organizações passaram a buscar mais do que simples redução de custos com a terceirização, como também melhorar a qualidade do serviço, implantar as melhores práticas mantendo-se, assim, a par das constantes mudanças no mercado.

De acordo com Figueiredo (2007) no Brasil a terceirização da operação logística já é uma realidade consolidada como alternativa das empresas. Os Provedores de Serviços Logísticos (PSLs) vêm se especializando de modo crescente e, assim, atraindo cada vez mais empresas que escolhem delegar esse tipo de serviço a terceiros, focando no seu *core business*. Desta forma a empresa contratante não precisa empenhar capital próprio para iniciar a operação, nem mesmo na manutenção das atividades, mas serão necessários investimentos no monitoramento das operações para conservação do nível de serviço.

Fleury et al. (2011, p.133) classifica os agentes que realizam as atividades logísticas em Prestadores de Serviços Tradicionais e Operadores Logísticos Integrados. O autor afirma que “a utilização de operadores logísticos é, sem dúvida nenhuma, uma das mais importantes tendências da logística empresarial moderna, tanto global, quanto localmente”. O Quadro 2 ilustra o comparativo das características dos operadores logísticos com prestadores de serviços logísticos tradicionais:

Quadro 2 - Comparativo de operadores logísticos com prestadores de serviço tradicional

Prestador de Serviços Tradicionais	Operador Logístico Integrado
Oferece serviços genéricos – <i>commodities</i> .	Oferece serviços sob medida – personalizados.
Tende a concentrar-se numa única atividade logística: transporte, ou estoque, ou armazenagem.	Oferece múltiplas atividades de forma integrada: Transporte, estoque, armazenagem.
O objetivo da empresa contratante do serviço é a minimização do custo específico da atividade contratada.	Objetivo da contratante é reduzir os custos totais da logística, melhorar os serviços e aumentar a flexibilidade.
Contratos de serviços tendem a ser de curto a médio prazos (6 meses a 1 ano).	Contratos de serviços tendem a ser de longo prazo (5 a 10 anos).
<i>Know-how</i> tende a ser limitado e especializado (transporte, armazenagem etc.)	Possui ampla capacitação de análise e planejamento logístico, assim como de operação.
Negociações para os contratos tendem a ser rápidas (semanas) e num nível operacional.	Negociações para contrato tendem a ser longas (meses) e num alto nível gerencial.

Fonte: (Fleury, 2011)

Novaes (2007) define o operador logístico como prestador de serviços com competência reconhecida em atividades logísticas, sendo que o desempenho das funções pode abranger apenas parte do processo logístico da empresa contratante, ou integrá-lo como um todo. O autor também ressalta que ao se contratar um operador logístico não há transferência de responsabilidade a terceiros. O trabalho deve ser realizado em parceria com grande troca de informações e um constante monitoramento dos resultados. Desta forma, os riscos de falhas são reduzidos, permitindo uma rápida correção das distorções identificadas.

Uma pesquisa realizada pelo Centro de Estudo em Logística (CEL), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), (2007, APUD Da Silva, 2013), demonstra que principalmente em empresas onde há sazonalidade mensal de entregas, é mantida frota própria associada ao serviço terceirizado. A frota pode não ser suficiente para a realização de todo o serviço, sendo necessário buscar a contratação de frete *SPOT* para atender o aumento da demanda.

2.5.2.1 Legislação pertinente à frota terceirizada

Em 2001 a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) foi criada pela Lei nº 10.233 regulamentando o Transporte Rodoviário de Cargas (TRC).

Em 2004, a ANTT passou a exigir dos transportadores rodoviários de carga a inscrição no Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas (RNTRC).

Em 2009, com a publicação da Lei nº 11.442/08 e da Resolução ANTT nº 3056/09, os registros ganham a função de habilitação para os transportadores rodoviários de cargas quando o serviço de transporte for remunerado e executado por terceiros: Transportadores Autônomos de Cargas (TAC); Cooperativas de Transporte de Cargas (CTC) e Empresas de Transporte de Cargas (ETC). É importante ressaltar que mesmo com a regulamentação o mercado do TRC continua aberto sem exigências para entrada ou saída dos prestadores de serviço.

Em 2015, a Resolução ANTT nº 3056/09 foi revogada pela Resolução ANTT nº 4799. Dentre outras mudanças, passa a ser permitido ao transportador autônomo de cargas o registro de até três veículos e a obrigatoriedade de aprovação em curso específico para o TAC no primeiro registro.

Atualmente o transporte remunerado rodoviário de cargas está sujeito as seguintes normas:

- Lei 10.233, de 05 de junho de 2001;
- Lei 11.442, de 05 de janeiro de 2007;
- Resolução ANTT nº 4799 de julho de 2015.

Avaliando os dados do RNTRC na Tabela 1, a maioria dos registros emitidos para o transporte remunerado de cargas no Brasil é de transportadores autônomos, representando 79% do total de registros. Entretanto, a maioria dos veículos, que operam hoje no transporte remunerado de cargas, é de propriedade das empresas de transporte, representando 60% do total de veículos.

Tabela 1 - Quantidade de registros por categoria do transportador

Tipo do transportador	Registros Emitidos	Veiculos	% Veiculos
Autônomo	595.329	749.119	38,8%
Empresa de Transporte	159.611	1.158.016	60,0%
Cooperativa	349	22.037	1,1%
Total	755.289	1.929.172	100,0%

Fonte: (ANTT, 2017)

Assim, verifica-se que no Brasil há um número significativo de veículos destinados ao transporte remunerado de cargas, feito por autônomos, empresas de transporte e cooperativas, o que ressalta a importância em compreender como ocorre a formação do preço de frete.

2.5.2.2 Custo de transporte terceirizado

As transportadoras de um modo geral utilizam tabelas padrão por distância, que variam de transportadora para transportadora, servindo de parâmetro para a negociação dos valores de fretes cobrados por elas. Apesar de o mercado ser determinante na formação dos preços, respeitando o equilíbrio da relação oferta *versus* procura, os valores cobrados pelo serviço de transporte rodoviário de cargas são dependentes de diversas variáveis.

Kotler e Keller (2009) comentam que não é usual as empresas definirem um preço único. Elas determinam uma estrutura de preço na qual estão contempladas variações de custos, variações de demandas geográficas, objetivos do segmento de marketing, oportunidades de compra, contratos de garantias e serviços, entre outros fatores.

Kotler e Armstrong (2007) consideram dois limites importantes para a determinação do preço. Eles apontam a percepção do consumidor em relação ao valor do produto como limite superior ou teto para o estabelecimento do preço a ser cobrado. Já o limite inferior, ou o piso para o preço é determinado pelos custos do produto.

Há uma complexidade na definição do preço do frete, uma vez que diversos fatores são considerados para calcular o seu valor. Para Carneiro et al. (2011, p.165) "definir o preço final de um produto é quase uma arte, que deve orientar-se pela estratégia competitiva da empresa e estar integrada às demais decisões do composto de

marketing". Sendo assim, dispor apenas do custo do produto para se determinar o seu preço final se mostra insuficiente, ainda que necessário. Será demonstrada a seguir a forma de composição da tabela padrão com base na transportadora terceirizada que presta serviço a empresa objeto de estudo deste trabalho.

A tabela padrão é referência para determinar o valor cobrado pelo serviço prestado, bem como facilita a compreensão pelos clientes de como é calculado o preço de cada frete. O período para o reajuste da tabela padrão é definido no contrato de prestação de serviço.

Ressalta-se que a tabela padrão não é imposta pela transportadora a todos os clientes. Empresas com grande movimentação de cargas possuem maior poder de barganha, logo, os itens da tabela podem variar conforme a negociação. Todavia, empresas com um fluxo menor de remessas geralmente utilizam a tabela padrão de preços.

A tabela padrão é formada pela Tabela 2, a qual considera a cidade de origem, a cidade de destino para a qual a carga será transportada e o peso do produto (kg). Desta forma é possível calcular um valor preliminar a ser cobrado pelo transporte.

Tabela 2 - Tarifa por cidade

Cidade Origem	Cidade Destino	Frete até 50 kg	Frete até 100 kg	Frete até 1ton
Japeri - RJ	São Paulo – SP	R\$ 25,00	R\$ 35,00	R\$ 35,00
Japeri - RJ	Osasco – SP	R\$ 25,00	R\$ 35,00	R\$ 35,00
Japeri - RJ	Campinas – SP	R\$ 30,00	R\$ 40,00	R\$40,00
Japeri - RJ	Ribeirão Preto – SP	R\$ 30,00	R\$ 40,00	R\$40,00
Japeri - RJ	Barueri – SP	R\$ 25,00	R\$ 35,00	R\$ 35,00
Japeri - RJ	Cabreúva – SP	R\$ 30,00	R\$ 40,00	R\$40,00
Japeri - RJ	Mogi – SP	R\$ 30,00	R\$ 40,00	R\$ 40,00
Japeri - RJ	Arujá - SP	R\$ 30,00	R\$ 40,00	R\$ 40,00

O Quadro 3 apresenta possíveis custos extras eventuais, sendo que a incidência desses custos está ligada diretamente com as especificidades e características de cada remessa demandada pela empresa contratante junto a empresa transportadora terceirizada. O preço final do frete, a ser cobrado pela empresa terceirizada, será composto pelos valores das tarifas apontados na Tabela 2 acrescidos dos custos extras quando forem pertinentes do Quadro 3.

Quadro 3 - Custos extras

Itens e variáveis	Descrição
Frete Valor ou <i>Advalorem</i> (cobertura de seguro)	Cobra-se 0,10% sobre o valor total da nota fiscal para que tenha cobertura do seguro total da carga contra roubo, extravio e avaria.
TDE	Taxa por Dificuldade de Entrega no Rio de Janeiro e na região de São Paulo, a fim de compensar os custos extras das entregas devido aos problemas de locomoção nestes centros. Para cada entrega ou coleta no Rio de Janeiro cobra-se R\$5,00 e em São Paulo R\$8,00.
Pedágio	O custo do pedágio é cobrado a cada 100 kg ou fração R\$2,50.
T.A.S	Valor fixo de R\$2,50.
ICMS	O Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços é cobrado de acordo com a alíquota de cada Estado.
GRIS (Gerenciamento de Risco)	Percentual cobrado sobre o valor da nota fiscal transportada, no valor de 0,15%, possuindo valor mínimo de R\$2,00.
Cubagem	Suspenso.
Reentregas	Sendo necessário realizar o mesmo serviço outra vez, é cobrada uma taxa adicional de 50% do valor do frete.
Devolução	100% do valor do frete.

Fonte: (Dados da pesquisa, 2016)

A fim de exemplificar as etapas de cálculo, através do uso da Tabela 2 e do Quadro 3, será demonstrada, a seguir, a requisição feita pela empresa objeto deste estudo para transportar uma remessa utilizando para isso a transportadora terceirizada, bem como o valor do frete é formado.

2.5.2.3 Cálculo do preço do frete para uma remessa

Para uma melhor compreensão de como é formado o preço do frete pela transportadora, será desenvolvido, a título de exemplo, o cálculo do valor do frete referente a uma remessa da empresa em estudo.

A empresa, cuja fábrica e centro de distribuição se localizam em Japeri (RJ), requer transporte para a empresa transportadora terceirizada de uma carga com o peso 50kg, de valor R\$ 1.270,00, tendo como destino à capital de São Paulo. Sabe-se que a tarifa cobrada para o frete peso até 50kg para este destino é de R\$25,00. Conforme a Tabela 2 e o Quadro 3, o cálculo do valor do frete é demonstrado na Tabela 3:

Tabela 3 - Formação do preço do frete de uma encomenda

Itens e variáveis	Formação do preço do frete (R\$)
Frete peso (até 50kg)	25,00
Frete <i>Advalorem</i> , (0,1% do valor da N.F. R\$1.270,00)	1,27
TDE (São Paulo)	8,00
Pedágio (a cada 100 kg ou fração)	2,50
GRIS (0,15%, do valor da N.F. R\$1.270,00)	1,90
T.A.S (valor fixo)	2,50
ICMS (alíquota RJ → SP 12%)	4,94
VALOR DO FRETE:	41,17

Neste exemplo, a empresa não possui um grande poder de barganha por não ter um fluxo de embarque de mercadorias grande. Conforme a Tabela 3, o valor do frete computou o somatório do frete peso, frete *advalorem*, TDE, pedágio, GRIS, T.A.S, ICMS, resultando no total de R\$ 41,17.

2.6 Questão tributária no Brasil

Verifica-se que a questão tributária no Brasil possui uma forte influência nas decisões das empresas quando o tema é a configuração da rede logística. A relação dos

tributos e seus efeitos nas decisões de localização é um assunto que requer pesquisas acadêmicas mais detalhadas para se descobrir as melhores práticas.

Segundo Espírito Santo (2015, p.31), “no contexto da cadeia de suprimentos, o planejamento tributário representa um diferencial competitivo altamente relevante, pois afeta a margem de lucro das empresas.” Desta forma, é necessário que sejam avaliadas as melhores alternativas tributárias e, assim, obter economia financeira entre os elos da cadeia de suprimento.

De acordo com o artigo 3º do Código Tributário Nacional (CTN), tributo é definido como: “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”.

O Sistema Tributário Nacional (STN), conforme a Constituição Federal de 1988 (CF/88), classifica as espécies tributárias em: impostos, taxas, contribuições de melhorias, bem como os empréstimos compulsórios e as contribuições.

O STN é regulado pela Lei 5.172/66, CTN, e de acordo com o seu artigo 16: “**Imposto** é o tributo cuja obrigação tem por fato gerador uma situação independente de qualquer atividade estatal específica, relativa ao contribuinte.” Compreende-se que os impostos são recolhidos e aplicados de acordo com as necessidades do Estado, não havendo qualquer ligação com uma contraprestação estatal específica, ou seja, o governo não está obrigado a oferecer algo em troca do pagamento do imposto.

Para Baleeiro (2010) o termo “fato gerador” é definido na lei pelo legislador como sendo o fato ou conjunto de fatos que dá origem a obrigação tributária. Ou seja, fato gerador é uma situação prevista de modo abstrato na lei e que, quando concretizada na realidade surge para a pessoa, física ou jurídica, a obrigação de pagar o respectivo tributo ao Estado. Ressalte-se que cada imposto possui o seu fato gerador, como por exemplo, a compra de um carro gera para o seu proprietário a obrigação de pagar o imposto de propriedade de veículo automotor (IPVA), de âmbito estadual.

Atualmente no Brasil há uma extensa lista de tributos e devido a isso uma grande diversidade de normas que os regulamentam. De acordo com o site www.portaltributario.com.br, (visitado em 22 de maio de 2017), existem hoje no STN 94 tributos distribuídos entre os Entes Federal, Estadual, Distrital e Municipal.

2.6.1 Tributos relevantes na configuração da rede logística

Ressalte-se que os tributos federais não são relevantes a este presente estudo. O artigo 151, inciso I da CF/88 institui o princípio da uniformidade dos tributos federais em todo o território nacional. Além disso, consta no artigo 5º, *caput* da CF/88 o princípio da isonomia que afirma que todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza, sendo vedada a discriminação entre brasileiros.

Desta forma, os tributos federais não serão abordados nesta dissertação mais profundamente, pois são cobrados de modo uniforme em todo o território nacional, não influenciando diretamente nas decisões de localização das instalações produtivas e centros de distribuição das empresas.

Em relação aos impostos municipais, consta no artigo 156 da CF/88 que compete aos Municípios instituir, dentre outros, imposto sobre serviços de qualquer natureza (ISS), que não estão compreendidos no ICMS.

Deve-se ressaltar que quando a operação for sobre prestação de serviço de transporte somente de âmbito municipal (dentro de um mesmo Município), produzirá o fato gerador do Imposto Sobre Serviços (ISS), que será cobrado não sobre o preço do produto, mas sim sobre o preço do serviço cobrado pelo transporte.

O ISS possuir relevância na organização da rede logística quando a empresa possui operações de predominância municipal. Para sua alíquota foi estabelecido um limite mínimo de 2% cobrado pelos Municípios através da Emenda Constitucional nº 37 e da Lei Complementar nº 116 que também estabeleceu um limite máximo de 5%.

Os Estados e o Distrito Federal possuem a competência de instituir e arrecadar os seguintes impostos, constantes no artigo 155 da CF/88: Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (ICMS); Imposto de propriedade de veículos automotores

(IPVA) e o Imposto de transmissão *causa mortis* e doação (ITCMD). Espírito Santo (2015) afirma que o principal imposto em nível estadual que incide sobre as atividades da cadeia de suprimentos é o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS).

Yoshizaki e Andrade (2012, p.23) demonstram em seus estudos que a configuração espacial das redes logísticas recebe uma forte interferência das diferentes formas de tributação, evidenciando, assim, a relevância da questão tributária. Para estes autores, “o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), é o tributo de maior arrecadação no conjunto da carga tributária do país.” É possível constatar esta afirmação, por exemplo, a partir do demonstrativo de receitas correntes do Estado de São Paulo na Tabela 4:

Tabela 4 - Receitas correntes Estado de São Paulo em 2016

R\$ milhões					
	2015	2016	Diferença	Variação Nominal	Real
Receitas Correntes	184.033,8	184.208,4	174,6	0,7%	-7,4%
Receita Tributária	142.158,0	143.082,5	924,5	0,6%	-7,5%
ICMS	121.002,8	121.118,9	116,1	0,1%	-7,9%
IPVA	13.632,1	14.023,2	391,1	2,9%	-5,4%
ITCMD	2.372,7	2.317,5	-55,2	-2,3%	-10,2%
Outras Receitas Tributárias	5.150,3	5.623,0	472,7	9,2%	0,4%
Receita de Contribuições	5.764,8	5.748,8	-16,0	-0,2%	-7,8%
Receita Patrimonial	6.478,6	6.150,2	-328,4	-5,1%	-11,6%
Transferências Correntes	18.291,0	18.098,8	-192,2	-1,0%	-8,9%
Demais Receitas Correntes	11.341,3	11.128,1	-213,2	-1,9%	-9,8%

Fonte: (Relatório Resumido da Execução Orçamentária (<https://portal.fazenda.sp.gov.br/>))

Em 2016 a receita tributária alcançou o valor de R\$ 143,1 bilhões, sendo que o ICMS arrecadou para o Estado de São Paulo R\$ 121,1 bilhões, representando 84% da receita tributária e 63% da receita total, de acordo com o portal da fazenda de São Paulo. Desta forma fica evidenciado que o ICMS é a principal fonte de receita dos Estados quando comparada com os demais tributos.

Bernardo e Leite (2012) demonstram em seu estudo que a escolha da localização dos centros de distribuição sofre significativa influência do ICMS, que possui como o seu fato gerador a movimentação de produtos entre estabelecimentos. Sendo assim, este imposto impacta diretamente no projeto de organização da rede

logística e ressalta a importância da análise da questão tributária na decisão de localização.

2.6.2 ICMS

O ICMS foi instituído por uma Lei Federal, a Lei Complementar nº 87 de 1996, também conhecida como “Lei Kandir”. Esta Lei estabelece normas gerais e cada Estado e o Distrito Federal, por sua vez, instituirão o ICMS da sua jurisdição por meio de Lei Ordinária Estadual, não podendo contrariar a Lei Federal citada.

Segundo a CF/88, artigo 155, §2º, inciso IV cabe ao Senado Federal, através de Resolução, estabelecer alíquotas ao ICMS aplicadas em operações entre Estados (interestaduais) e de exportação, sendo facultado também ao Senado estabelecer alíquotas mínimas e máximas nas operações dentro dos Estados (intra-estaduais).

Deve-se ressaltar também que o ICMS é um imposto diferenciado, pois possui alíquotas que se distinguem devido a sua origem e destino, conforme a circulação das mercadorias. O ICMS é cobrado por cada Estado da federação por uma alíquota, como consta na Tabela 5, demonstrando como diferentes Estados se tornam mais competitivos do que outros devido a esta diferenciação.

Tabela 5 - Alíquotas ICMS 2018

		DESTINO																											
		AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MT	MS	MG	PA	PB	PR	PE	PI	RN	RS	RJ	RO	RR	SC	SP	SE	TO	EX
ORIGEM	AC	17		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	AL	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	AM	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	AP	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	BA	12	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	CE	12	12	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	DF	12	12	12	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	ES	12	12	12	12	12	12	12	17	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	GO	12	12	12	12	12	12	12	12	17	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	MA	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	MT	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	17	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	MS	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	17	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	MG	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	18	7	7	12	7	7	7	12	12	7	7	12	12	7	7	4
	PA	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	17	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	PB	12	12	12	12	12	12	1	12	12	12	12	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	PR	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	12	7	7	18	7	7	7	12	12	7	7	12	12	7	7	4
	PE	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	PI	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	RN	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	4
	RS	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	12	7	7	12	7	7	7	18	12	7	7	12	12	7	7	4
	RJ	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	12	7	7	12	7	7	7	12	20	7	7	12	12	7	7	4
	RO	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	17.5	12	12	12	12	12	12	4
	RR	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	17	12	12	12	12	4
	SC	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	12	7	7	12	7	7	7	12	12	7	7	12	18	7	7	4
	SP	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	12	7	7	12	7	7	7	12	12	7	7	12	18	7	7	4
	SE	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	12	4
	TO	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	4	
	EX	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Fonte: (Disponibilizado pelo site: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/> 2018)

A leitura desta tabela deve ser feita, primeiramente, consultando a coluna Origem do Estado remetente. Em seguida, localizando na coluna Destino o Estado que será destinatário. O ponto na intersecção das duas linhas (origem e destino) será a alíquota aplicada na operação. Na linha transversal consta a alíquota aplicada internamente, dentro de cada Estado, desde que as operações sejam relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual e intermunicipal, ainda que estas se iniciem no exterior. Caso ocorra somente em âmbito municipal haverá a incidência de dois impostos, o Imposto Sobre Serviços (ISS) – recolhido pelo Município – aplicado sobre o valor cobrado pela prestação do serviço de transporte e o ICMS aplicado sobre a circulação de mercadorias.

A Tabela 5 apresenta em sua linha transversal uma única alíquota interna comum, contudo o artigo 155, §2º, inciso III da CF/88, caracteriza o ICMS como um imposto **seletivo**, ou seja, o ônus com o tributo poderá ser inversamente proporcional a essencialidade das mercadorias ou dos serviços. Sendo assim, é possível encontrar alíquotas diferenciadas, de acordo com o serviço prestado ou mercadorias, nos Regulamentos do ICMS de cada Estado (RICMS). No Art. 42 do regulamento do ICMS de Minas Gerais, por exemplo, os produtos alimentícios fornecidos à órgãos da Adm. Pública têm alíquota interna de 7%, enquanto que perfumes e cigarros possuem alíquota interna de 25%.

Visualiza-se que a estrutura de alíquotas do ICMS nas transações intra-estaduais (dentro do mesmo Estado) variam entre 17%, 17,5%, 18% ou 20%. O Estado do Rio de Janeiro é o único que possui a alíquota de 20%, devido ao acréscimo de 2% destinado ao Fundo Estadual de Combate à Pobreza (FECP) fixado pela Lei nº 4.056/02, sendo que a partir de 28/03/16, de acordo com o disposto na Lei Complementar 167/15, sofreu um o aumento do adicional do FECP, de 1% para 2%.

Nas transações interestaduais (entre Estados diferentes) as alíquotas equivalem a 12%, exceto quando realizadas dos Estados do Sul, São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais para o Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Espírito Santo, as quais são tributadas com alíquota de 7%.

O Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ) possui um portal na internet (<https://www.confaz.fazenda.gov.br/>) que disponibiliza as alíquotas e reduções de base de cálculos referente as operações realizadas em cada Estado e no Distrito Federal. Também informa eventuais mudanças e avanços na legislação.

Uma outra importante característica do ICMS, estabelecida pela “Lei Kandir” no seu art. 13, trata que o valor da operação realizada é a base de cálculo do ICMS a ser recolhido, ou seja, a base de cálculo do ICMS é o valor total da sua nota fiscal. Segundo Carvalho (2007), base de cálculo é a grandeza que combinada com a alíquota do imposto determina o valor da prestação pecuniária. Desta forma, o ICMS é um imposto que integra sua própria base de cálculo uma vez que compõe a nota fiscal do produto. Isso significa pagar ICMS não só pelo produto, mas também pagar ICMS sobre o próprio ICMS a ser pago, caracterizando imposto sobre imposto. Esta prática é popularmente chamada de cálculo “por dentro”.

Segundo o ordenamento tributário brasileiro, um tributo pode ser considerado inconstitucional se adotar uma base de cálculo ou incidência já utilizado por outro tributo. Dessa forma, o ICMS cobrado pelo Estado mais de uma vez com base no mesmo fato gerador seria inconstitucional, caracterizando assim o *bis in idem* (tributo instituído mais de uma vez pela mesma Pessoa Política).

Entretanto o *bis in idem* é permitido quando está expresso na Constituição, sendo o caso do ICMS já confirmado por decisão do Supremo Tribunal Federal (STF) o qual afirma que não há nenhuma inconstitucionalidade ou ilegalidade na inclusão do próprio ICMS na base de cálculo do tributo estadual. O STF baseia a sua decisão na previsão contida no artigo 13 da Lei Complementar n.º 87/96, convalidada desde o advento da Emenda Constitucional n.º 33/01.

Destarte, é necessário utilizar uma operação matemática para se determinar o valor da nota fiscal de venda que preserve a margem de lucro pretendida pela empresa com a operação, conforme será explicado a seguir.

2.6.2.1 Cálculo do valor da nota fiscal

De uma forma geral, o preço final de um produto deve cobrir os custos de sua produção ou de sua aquisição e gerar uma margem de lucro que justifique a operação de venda. Para preservar essa margem de lucro, os impostos a serem recolhidos na transação são repassados ao cliente.

Para entender o cálculo considere o seguinte exemplo: Uma indústria realiza uma operação de venda de seu produto para um estabelecimento varejista. O valor que a indústria espera receber pelo seu produto, que pague integralmente os seus custos de produção, acrescidos de uma margem de lucro, é de R\$100,00 e o imposto referente tem a alíquota de 12%. Pelo método tradicional ou “por fora”, o cálculo do imposto é feito da seguinte forma:

$$\text{Imposto} = 12\% \times \text{R\$ } 100,00 = \text{R\$ } 12,00 \quad (1)$$

$$\text{Valor da Nota} = \text{R\$ } 100,00 + \text{R\$ } 12,00 = \text{R\$ } 112,00 \quad (2)$$

Utilizando o método de cálculo “por dentro” do ICMS, respeitando o artigo 13 da Lei Kandir, o cálculo é feito da seguinte forma:

$$\text{Imposto} = 12\% \times (\text{R\$ } 100,00 + \text{Imposto}) = \text{R\$ } 13,63 \quad (3)$$

$$\text{Valor da Nota} = \text{R\$ } 100,00 + \text{R\$ } 13,63 = \text{R\$ } 113,63 \quad (4)$$

Sendo assim, é possível dizer que a inclusão do imposto em sua própria base de cálculo seria equivalente a adotar uma alíquota efetiva aumentada. No exemplo a alíquota efetiva é de 13,63% ao invés da alíquota nominal de 12%.

Devido ao fato do ICMS integrar sua própria base de cálculo, pode se dizer que a elaboração da nota fiscal se equipara ao cálculo da soma dos termos de uma Progressão Geométrica infinita. No exemplo abordado é possível identificar uma P.G. com o termo inicial a_1 igual a R\$ 100,00 e uma razão q igual a 0,12. Apresentando a seguinte sequência:

$$\text{PG: } a_1 = 100 \quad a_2 = 12 \quad a_3 = 1,44 \quad a_4 = 0,1728 \quad \dots \quad (5)$$

Expressão da soma dos termos da PG infinita:

$$S_n = \frac{a_1}{1 - q} \quad (6)$$

Aplicando os valores do exemplo na expressão:

$$S_n = \frac{100}{1 - 0,12} = \frac{100}{0,88} = 113,63 \quad (7)$$

Sendo assim, o cálculo da nota fiscal é feito utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Valor da Nota Fiscal} = \frac{\text{Valor do Produto}}{(1 - \text{Alíquota do ICMS})} \quad (8)$$

$$\text{Valor da Nota Fiscal} = \frac{R\$ 100,00}{(1 - 0,12)} = R\$113,63 \quad (9)$$

O cálculo do valor do ICMS a ser recolhido ao estado é feito utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Valor do ICMS} = \text{Valor da Nota Fiscal} * \text{Alíquota do ICMS} \quad (10)$$

$$\text{Valor do ICMS} = R\$113,63 * 0,12 = R\$ 13,63 \quad (11)$$

O valor do ICMS também pode ser calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Valor do ICMS} = \frac{\text{Valor do Produto}}{(1 - \text{Alíquota do ICMS})} - \text{Valor do Produto} \quad (12)$$

$$\text{Valor do ICMS} = \frac{R\$100,00}{(1 - 0,12)} - R\$100,00 = R\$13,63 \quad (13)$$

O valor recebido pelo fabricante após o recolhimento do ICMS pode ser calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Valor recebido pelo fabricante} = \text{Valor da N.F.} - \text{Valor do ICMS} \quad (14)$$

$$\text{Valor recebido pelo fabricante} = R\$113,63 - R\$13,63 = R\$100,00 \quad (15)$$

Desta forma, o fabricante preserva o seu lucro, recolhe o tributo e repassa o ônus financeiro para o cliente, no caso o varejista. Contudo, o varejista ao pagar a nota fiscal de entrada deve observar o valor destacado, na mesma, referente ao ICMS. Segundo o art. 289 do Regulamento do Imposto de Renda (RIR/99), os tributos recuperáveis não podem ser incluídos no custo da mercadoria quando esta é destinada à revenda. Assim, o ICMS destacado na nota fiscal de entrada deve ser contabilizado pelo varejista, em conta própria, como um crédito de ICMS a ser compensado em uma eventual revenda do produto. No exemplo, o valor de R\$ 13,63 deve ser contabilizado como crédito de ICMS a recuperar. A consequência deste procedimento é a entrada da mercadoria no estoque da empresa pelo seu valor líquido, ou seja, sem o valor do ICMS destacado na nota fiscal. No exemplo abordado o varejista daria entrada em seu estoque, um produto, no valor de R\$100,00.

2.6.2.2 Regra geral dos créditos tributários do ICMS

Segundo a CF/88, artigo 155, §2º, inciso I, o ICMS também se caracteriza por ser não-cumulativo. Amaro (2006, p.148) define que a não-cumulatividade do ICMS “obriga a que o tributo, plurifásico, incidente em sucessivas operações seja apurado sob o valor agregado em cada uma delas, ou seja, compensado com o que tenha incidido nas operações anteriores”. Dessa forma, quando uma empresa compra insumos para produção ou produtos para revenda, Nicolay (2003) esclarece que o valor do ICMS destacado na nota fiscal de entrada deve ser contabilizado em livro próprio chamado livro de débitos e créditos na coluna de créditos. O autor também acrescenta que em eventual revenda do produto o valor do ICMS descrito na nota fiscal de saída deve ser contabilizado no mesmo livro na coluna de débitos. Assim sendo, o saldo da diferença entre ambas as colunas representa o valor a ser recolhido ao Estado pela empresa. Esse desconto é chamando de crédito de ICMS e tem o objetivo de desonerar a cadeia produtiva ou a cadeia de consumo.

$$\text{Saldo de ICMS} = \text{ICMS da N.F de saída} - \text{Crédito da N.F de entrada} \quad (16)$$

Os créditos de ICMS apurados na entrada são lançados em uma “conta corrente fiscal”, onde são consolidados. O saldo credor é apurado ao final de cada mês de

competência, ou seja, não é necessária a saída da mercadoria para que o crédito dela seja utilizado pela empresa. Contudo, os créditos tomados na entrada devem ser estornados (cancelados) caso o produto venha a perecer, deteriorar-se ou for objeto de roubo, furto ou extravio, for integrada ou consumida em processo de industrialização ou venha a ser utilizada em fim alheio à atividade do estabelecimento.

Entretanto, em algumas situações o crédito adquirido na operação anterior pode ser maior que o valor total do imposto a ser recolhido na operação seguinte, resultando em saldos de créditos acumulados no estabelecimento. Conforme a CF/88 e a Lei Kandir, os Estados têm a competência de legislar sobre a utilização dos saldos credores acumulados de ICMS, havendo variações de Estado para Estado. Seguem alguns requisitos básicos necessários para a transferência de saldo credor de ICMS:

- A transferência deve ser entre estabelecimentos de uma mesma unidade federativa.
- Obedecer a todos os preceitos legais apontados no Regulamento da unidade federativa onde estejam os créditos.
- Necessidade de documento emitido por autoridade competente do Estado que reconheça o crédito, autorizando assim, a sua utilização, compensação ou transferência a terceiros.

Também vale ressaltar que o direito de utilizar o crédito geralmente extingue-se depois de decorrido um prazo de cinco anos e que os créditos de ICMS só podem ser utilizados para abater débitos de ICMS, não podendo ser utilizado para outros fins, salvo disposição em contrário.

Uma alternativa a regra geral do cálculo do crédito de ICMS é a opção pelo sistema de crédito presumido. O crédito presumido ou crédito outorgado é um benefício fiscal e para saber como os créditos nesse sistema são calculados é necessário analisar a norma que concedeu cada benefício. No Estado de São Paulo, o Anexo III do Decreto nº 45.490/2000 é o dispositivo legal que traz como os créditos presumidos são calculados para cada ramo de atividade ou produto determinado.

Usualmente, a opção pelos créditos presumidos está condicionada ao contribuinte abrir mão de quaisquer outros créditos gerados na entrada do produto. Sendo assim, de forma geral os créditos passam a ser concedidos utilizando-se um percentual fixo sobre as operações efetuadas pelo contribuinte. Como por exemplo, o art. 3º do anexo III do Decreto nº 45.490/2000 consta que o contribuinte de São Paulo ao vender louça de porcelana de uso doméstico, caso opte pelo sistema de créditos presumidos, poderá na saída do produto creditar-se da importância da aplicação do percentual de 50% (cinquenta por cento) sobre o valor do imposto devido na operação. Também consta que estes créditos substituem o aproveitamento de quaisquer créditos fiscais relativos à fabricação e comercialização do produto indicado.

Assim, o saldo de ICMS que era recolhido ao governo deixa de ser calculado pela regra geral e passa a ser calculado utilizando o crédito presumido:

$$\text{Saldo de ICMS} = \text{ICMS da N.F. de saída} - \text{Crédito Presumido} \quad (17)$$

O contribuinte que optar pelo crédito presumido, pode perceber suas obrigações assessorias desburocratizadas ou ter uma redução em sua carga tributária total. Contudo, essa prática quando mal aplicada tem potencial de gerar desigualdades socioeconômicas regionais, mas pode também as reduzir quando for bem aplicada. Para que o benefício fiscal possa ser concedido pelo Estado, alguns critérios impostos pela Constituição Federal devem ser atendidos.

2.6.2.3 Benefício fiscal referente ao ICMS

A CF/88 recepcionou a Lei Complementar nº 24 de 75, a qual dispôs sobre a concessão de benefício fiscal do imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias (ICMS) a ser recolhido, pelo contribuinte, ao Estado. São exemplos de benefícios fiscais explicitados pela referida lei:

- A redução da base de cálculo;
- A devolução total ou parcial, direta ou indireta, condicionada ou não, do tributo, ao contribuinte, a responsável ou a terceiros;
- A concessão de créditos presumidos;

- Quaisquer outros incentivos ou favores fiscais ou financeiro-fiscais, concedidos com base no Imposto de Circulação de Mercadorias, dos quais resulte redução ou eliminação, direta ou indireta, do respectivo ônus.

Netto (2003) salienta que há diversas espécies de benefícios fiscais, entretanto o autor afirma que dois sobressaem em importância ao comparar com os outros. São eles: o crédito financeiro e o crédito presumido.

O autor explica que o crédito financeiro se caracteriza como um financiamento total ou parcial, de forma subsidiada, do débito de ICMS devido pela empresa. Para isso, o financiamento é feito por um fundo estadual, em geral a longo prazo, utilizando instituições bancárias. Contudo, Netto (2003) pontua que os Estados estão deixando de lado este benefício e optando como arma, na chamada guerra fiscal, a concessão do crédito presumido.

Segundo o autor, crédito presumido se caracteriza quando o Estado concede uma diminuição na alíquota do imposto de um produto específico, permitindo entretanto que a empresa cobre na nota fiscal de venda a alíquota sem o desconto, recolhendo, assim, um ICMS maior do que de fato vai pagar para o governo. E quando a empresa realiza o repasse do imposto recolhido para o Estado fica com a diferença entre as alíquotas, configurando dessa forma um ganho financeiro para a empresa que dispõe do benefício. O comprador muitas vezes nem toma ciência que a empresa tem um benefício fiscal e por pagar integralmente a alíquota do ICMS, sem o desconto do benefício fiscal, recebe os créditos da nota fiscal de venda normalmente.

Os dispositivos legais supracitados dispõem que os Estados e o Distrito Federal, mediante convenções, devem deliberar sobre isenções, incentivos e benefícios fiscais relativos ao ICMS que serão concedidos ou revogados. Contudo, para que a concessão de um benefício fiscal seja aprovada dependerá sempre de decisão unânime dos Estados representados.

A respeito das variações das alíquotas do ICMS, segundo Yoshizaki e Andrade (2012) pode gerar o *turismo fiscal* que é o trânsito de produtos e mercadorias de forma artificial. Os autores também relatam em seu estudo um êxodo de comerciantes do

Estado do Rio de Janeiro para Minas Gerais, quando houve um aumento da alíquota interna do primeiro. Conforme Yoshizaki e Andrade (2012, p.25) “O atual ICMS tem gerado assim grandes distorções na rede logística nacional, onerando o chamado **Custo Brasil**”.

Machado (2010) argumenta em seu estudo que os Estados pobres ao praticar incentivos fiscais, estão cumprindo um princípio fundamental consagrado na Constituição, enquanto que os incentivos fiscais concedidos pelos Estados desenvolvidos são flagrantemente contrários à Constituição Federal. O autor baseia a sua afirmação no fato da Constituição Federal ter entre seus objetivos fundamentais a erradicação da pobreza e a redução das desigualdades sociais e regionais. Ele também cita, entre outros dispositivos, que a CF/88 veda à União instituir tributo que não seja uniforme em todo o território nacional, exceto para promover o equilíbrio do desenvolvimento socioeconômico entre as diferentes regiões do país, através da concessão de incentivos fiscais destinados a esse fim. Machado (2010) então conclui que as concessões de incentivos fiscais dadas por Estados ricos, por agravar as desigualdades socioeconômicas regionais, seria inconstitucional.

Quando um Estado altera as alíquotas do ICMS, sabidamente violando as convenções firmadas entre os Estados, as Resoluções do Senado ou mesmo a própria Constituição Federal, desobedecem ao ordenamento jurídico e a Guerra Fiscal é instaurada. Esta tática ainda é utilizada, pois os legisladores estaduais perceberam que a norma mesmo com vício continua produzindo efeitos no mundo jurídico. Ou seja, as empresas usufruem o benefício indevido e a norma viciada somente perderá a sua validade após a decisão de uma Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADI) ajuizada no Supremo Tribunal Federal (STF) cujos processos tramitam de forma morosa devido ao excesso de ações.

Conforme Duarte (2013), as constantes mudanças na legislação, devido ao cenário político e econômico, geram recorrentes alterações nas alíquotas tributárias. Estas oscilações de alíquota podem tornar, da noite para o dia, um produto extremamente competitivo no mercado ou, na situação inversa, torná-lo totalmente inviável em sua produção e comercialização.

2.6.3 Influência fiscal na configuração da rede logística.

O fator fiscal pode influenciar de várias formas a rede logística. Entretanto, há três formas importantes, todas envolvendo o ICMS, e outras formas menores, que interferem menos na rede logística. Das três importantes formas que o fator fiscal pode influenciar a rede logística, duas são custos e uma é benefício.

No presente trabalho, os débitos de ICMS não são classificados como custo para a empresa. Considera-se que os débitos de ICMS, presentes em cada operação de venda, são repassados para o próximo elo da cadeia de suprimento, conforme a sistemática de cálculo do ICMS abordado no capítulo 2.6.2.1 “Cálculo do valor da nota fiscal”, sendo inclusive a prática observada pelo autor na empresa alvo desse estudo.

O benefício é o crédito presumido ou também chamado de benefício fiscal, abordado anteriormente. Os dois custos significativos são: o custo de oportunidade dos créditos de ICMS e o custo com créditos de ICMS acumulados não recuperados.

- Custo de oportunidade dos créditos de ICMS: são relativos aos créditos de ICMS adquiridos na entrada da mercadoria na empresa, sendo que eles só são recuperados no momento da venda do produto ou no final do ciclo fiscal, na forma de abatimento ou transferência sem nenhum tipo de valorização e muitas vezes com deságio.

- Custo com créditos de ICMS acumulados não recuperados: conhecido como “créditos mortos” é o custo que a empresa tem com o vencimento do período para utilização dos créditos de ICMS, que geralmente é de 5 anos. Também ocorre custo com créditos de ICMS acumulados não recuperados, quando a empresa transfere com deságio créditos acumulados para outras empresas.

A possibilidade de transferir créditos de ICMS criou no mercado um comércio de créditos acumulados de ICMS onde o deságio desses créditos, segundo entrevista com os analistas da área fiscal da empresa alvo desse estudo, gira em torno de 5% a 15% para o Estado de São Paulo.

Nas Tabelas 7, 8 e 9, com a intenção de exemplificar a formação de créditos acumulados de ICMS, são apresentados os resultados da operação de compra e venda de um produto em cada elo da cadeia de suprimento, bem como o valor de cada nota fiscal, o valor do produto, o saldo dos créditos de ICMS e o preço final pago pelo consumidor em três diferentes fluxos.

Os fluxos funcionam com a seguinte dinâmica: A fábrica vende o seu produto por uma margem para o centro de distribuição que por sua vez, também aplica sua margem no produto comprado e revende o produto para o varejista. O varejista repete o processo aplicando a sua margem no produto comprado do centro de distribuição e revende o produto para o consumidor final. A diferença entre os fluxos é a localização dos centros de distribuição, que foram definidos com as seguintes localidades:

Tabela 6 - Localização das instalações dos Fluxos

	Localização das instalações dos Fluxos		
	Fábrica	Centro de Distribuição	Varejo
- Fluxo A	Rio de Janeiro	Espirito Santo	Bahia
- Fluxo B	Rio de Janeiro	Bahia	Bahia
- Fluxo C	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Bahia

O Resultado final de cada fluxo da simulação apresentada nas tabelas 7, 8 e 9 é calculado da seguinte forma:

$$\text{Resultado Final} = N.F.de\ venda - N.F.de\ entrada - \text{débitos de ICMS} + \text{Créditos de ICMS} \quad (18)$$

Entretanto, os créditos de ICMS só são recuperados até o limite do valor dos débitos de ICMS da nota fiscal de venda. Quando os créditos forem maiores que os débitos de ICMS, nesse momento há a formação de créditos de ICMS acumulados.

Tabela 7 - Resultados da fábrica

RESULTADOS DA FÁBRICA			
	Fluxo A RJ - ES - BA	Fluxo B RJ - BA - BA	Fluxo C RJ - RJ - BA
TRANSFERENCIA: FABRICA - CD			
-Custo de produção:	R\$50,00	R\$50,00	R\$50,00
Alíquota do ICMS na operação:	12%	7%	22%
Valor da nota fiscal:	R\$113,64	R\$107,53	R\$128,21
-Margem da fábrica:	100%	100%	100%
-Valor do produto na NF de venda:	R\$100,00	R\$100,00	R\$100,00
-Valor do ICMS na NF de venda:	R\$13,64	R\$7,53	R\$28,21
Balanco de Capital da fábrica:			
-Valor da nota fiscal de venda:	R\$113,64	R\$107,53	R\$128,21
-Valor do ICMS na NF de venda:	-R\$13,64	-R\$7,53	-R\$28,21
-Custo de produção:	-R\$50,00	-R\$50,00	-R\$50,00
Resultado Final Fábrica:	R\$50,00	R\$50,00	R\$50,00

Fonte: (Dados exemplificativos do estudo, 2018)

Como premissa, assume-se que a fábrica em nenhum dos fluxos adquiriu créditos de ICMS na produção de seu produto. Também se assume que o débito de ICMS é repassado integralmente para o próximo elo da cadeia de suprimento na nota fiscal de venda, com a intenção de se preservar a margem pretendida pela fábrica na operação, além de atender todo o mercado. Analisando os resultados obtido nos três fluxos na perspectiva da fábrica, a localização do Centro de Distribuição (CD) não afetou seus resultados.

Tabela 8 - Resultados do centro de distribuição

RESULTADOS DO CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO			
	Fluxo A RJ - ES - BA	Fluxo B RJ - BA - BA	Fluxo C RJ - RJ - BA
VENDA: CD -> VAREJISTA			
-Custo de aquisição:	R\$113,64	R\$107,53	R\$128,21
ENTRADAS:			
-Entrada do produto no estoque:	R\$100,00	R\$100,00	R\$100,00
-Entrada livro de crédito de ICMS:	R\$13,64	R\$7,53	R\$28,21
TOTAL ENTRADAS:	R\$113,64	R\$107,53	R\$128,21
Alíquota do ICMS na operação:	12%	18%	7%
Valor da nota fiscal:	R\$170,45	R\$182,93	R\$161,29
-Margem do CD:	50%	50%	50%
-Valor do produto na NF de venda:	R\$150,00	R\$150,00	R\$150,00
-Valor do ICMS na NF de venda:	R\$20,45	R\$32,93	R\$11,29
Saldo de ICMS após a venda do produto:			
-Créditos de ICMS adquiridos na NF de entrada:	R\$13,64	R\$7,53	R\$28,21
-Débitos de ICMS adquiridos na NF de venda:	-R\$20,45	-R\$32,93	-R\$11,29
TOTAL de créditos acumulados:	R\$0,00	R\$0,00	-R\$16,91
Balanco de Capital do centro de distribuição:			
-Valor da nota fiscal de venda:	R\$170,45	R\$182,93	R\$161,29
-Custo de aquisição:	-R\$113,64	-R\$107,53	-R\$128,21
-Valor do ICMS na NF de venda:	-R\$20,45	-R\$32,93	-R\$11,29
-Crédito de ICMS de entrada:	R\$13,64	R\$7,53	R\$28,21
Resultado Final CD:	R\$50,00	R\$50,00	R\$33,09
Resultado Final CD com FR = 50%:	R\$50,00	R\$50,00	R\$41,54
Resultado Final CD com FR = 100%:	R\$50,00	R\$50,00	R\$50,00

Fonte: (Dados exemplificativos do estudo, 2018)

Analisando os resultados do CD, tanto no fluxo A quanto no fluxo B não há formação de créditos acumulados de ICMS, uma vez que os créditos tomados na nota fiscal de compra são menores que os débitos da nota fiscal de venda.

No fluxo C há formação de créditos de ICMS acumulados onde os créditos de ICMS adquiridos na operação de compra não conseguem ser totalmente recuperados e dessa forma o capital da empresa fica preso impactando no resultado final da instalação.

Caso o CD atenda as exigências burocráticas e consiga transferir os créditos de ICMS acumulado, para outras empresas no mesmo estado, foi explicitado a simulação do resultado final do CD com um fator de recuperação dos créditos acumulados com os fatores de 50% e de 100%.

Tabela 9 - Resultados do varejo

RESULTADOS DO VAREJISTA			
	Fluxo A RJ - ES - BA	Fluxo B RJ - BA - BA	Fluxo C RJ - RJ - BA
VENDA VAREJISTA -> CONSUMIDOR FINAL			
-Custo de aquisição:	R\$170,45	R\$182,93	R\$161,29
ENTRADAS:			
-Entrada do produto no estoque:	R\$150,00	R\$150,00	R\$150,00
-Entrada livro de crédito de ICMS:	R\$20,45	R\$32,93	R\$11,29
TOTAL ENTRADAS:	R\$170,45	R\$182,93	R\$161,29
Alíquota do ICMS na operação:	18%	18%	18%
Valor da nota fiscal:	R\$274,39	R\$274,39	R\$274,39
-Margem do varejo:	50%	50%	50%
-Valor do produto na NF de venda:	R\$225,00	R\$225,00	R\$225,00
-Valor do ICMS na NF de venda:	R\$49,39	R\$49,39	R\$49,39
Balanco de Capital do Varejo:			
-Valor da NF de venda para o Consumidor:	R\$274,39	R\$274,39	R\$274,39
-Custo de aquisição:	-R\$170,45	-R\$182,83	-R\$161,29
-Valor do ICMS na NF de venda:	-R\$49,39	-R\$49,39	-R\$49,39
-Crédito de ICMS de entrada:	R\$20,45	R\$32,93	R\$11,29
-Créditos de ICMS acumulados:	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00
Resultado Final Varejista:	R\$75,00	R\$75,00	R\$75,00

Fonte: (Dados exemplificativos do estudo, 2018)

Analisando o resultado final do varejista pode-se observar que para os 3 fluxos a origem do CD não afetaram o resultado. Como as alíquotas internas de ICMS são sempre maiores que as alíquotas interestaduais dificilmente formam-se créditos no varejista, sendo assim os varejistas se tornam potenciais compradores de créditos acumulados de sua própria ou de outras cadeias de suprimento. A formação de créditos

acumulados de ICMS pode-se dar em qualquer elo da cadeia e os processos burocráticos são o mesmo independentemente de onde se formarem.

Nesse caso, portanto, verifica-se que para os três fluxos não há nenhuma diferença nos resultados dos elos da cadeia de suprimento, com exceção do fluxo C quando este acumulou créditos de ICMS e apresentou um fator de recuperação inferior a 100%. Gerando perda de capital caracterizando assim um custo extra para a instalação.

2.7 Localização de instalações

Para Ballou (2006, p.466) “A localização das instalações na rede é o mais importante problema de planejamento estratégico de logística e cadeia de suprimentos para grande parte das empresas”. O autor afirma que as condições apropriadas para se determinar o bom gerenciamento dos níveis de estoque e dos serviços de transporte é estabelecido pela localização das instalações, sendo ela o esqueleto da cadeia de suprimentos.

Segundo Pizzolato (2003), localizar um posto de serviço ou uma instalação é um problema que consiste escolher uma posição geográfica para a sua operação, de forma que uma medida de utilidade seja maximizada, atendendo a diversas restrições, em particular as restrições de demanda. (APUD Martins e Pizzolato, 2004).

De acordo com Revelle et al. (1970) no projeto de rede logística os setores público e privado possuem objetivos distintos. No setor público a preocupação é maximizar o benefício oferecido à sociedade, ou ter os custos de serviços oferecidos minimizados. No setor privado, geralmente o objetivo está na minimização dos custos ou na maximização dos lucros. Para o setor privado, quando não há exigências legais os efeitos exteriores são negligenciados, como por exemplo a ecologia e o meio ambiente.

Melo et al. (2009) aponta que a globalização das atividades em conjunto com a rápida evolução das tecnologias de informação resultaram em produtos com ciclos de vidas cada vez mais curtos, menores tamanhos de lotes e um comportamento dinâmico

dos clientes em relação as suas preferências. Estes aspectos vêm contribuindo para o aumento das incertezas, sendo assim, ter uma cadeia de suprimentos bem desenhada e robusta tornou-se ainda mais importante. O autor complementa que modelos sofisticados de localização podem ser necessários para se determinar a melhor configuração da cadeia de suprimentos.

Ballou (2006) ressalta que a abordagem moderna do planejamento da configuração de rede é a de utilizar o computador para trabalhar as grandes quantidades de dados presentes na análise. Modelos de computador que trabalham com o problema da localização em planejamento de rede vêm conquistando significativa preferência. Melo et al. (2009) acrescenta em seu artigo que modelos matemáticos exatos ao utilizarem software de programação podem garantir uma solução ótima para problemas de localização ou uma solução que esteja dentro de uma margem aceitável de precisão admitida pelo tomador de decisão.

Os modelos matemáticos de localização são utilizados como ferramentas de apoio à decisão, permitindo definir a melhor estratégia para se configurar a rede logística. Dentre as diversas áreas em que os modelos matemáticos de localização podem ser aplicados, quando voltados para sistemas de distribuição e *supply chain management* usualmente buscam maximizar as margens de lucro ou minimizar os custos logísticos, respeitando as restrições e limitações impostas ao sistema. Dessa forma o nível de serviço planejado pelo setor estratégico da empresa é alcançado, assim como as expectativas dos clientes são atendidas.

Lacerda (2011) pondera que, mesmo com as grandes dificuldades, nos dias atuais há um significativo número de ferramentas computacionais que facilitam o trabalho de modelagem e otimização do problema e de tratamento do grande volume de dados usualmente presente nos estudos de localização.

2.8 Modelo clássico de localização p-mediana

A partir do trabalho de Hakimi (1964) o problema das p-medianas foi introduzido. O modelo das p-medianas tem como objetivo encontrar localizações ótimas de p instalações em uma rede de n nós, minimizando o resultado da soma da distância ponderada entre cada ponto de demanda e as instalações mais próximas. No seu estudo, Hakimi (1964) demonstra também que em uma malha viária representada por uma rede conexa, as localizações das instalações sempre coincidirão com os nós da rede e não com os seus arcos.

Seja o conjunto dos pontos de demanda $I(i)$, com $i \in I = \{1, 2, \dots, n\}$; o conjunto dos possíveis candidatos a mediana ou instalação $J(j)$, com $j \in J = \{1, 2, \dots, n\}$. E tendo como parâmetros, $[d_{ij}]_{n \times n}$ a matriz simétrica de distâncias entre cada ponto de demanda $i \in I$ e cada instalação $j \in J$, onde $d_{ii} = 0 \forall i$; w_i como a demanda do nó $i \in I$; p o número de medianas ou instalações a localizar. E tendo como variáveis de decisão, $[x_{ij}]_{n \times n}$ a matriz de alocação para cada ponto de demanda $i \in I$; onde $x_{ij} = 1$ se o cliente i está alocado à instalação j e $x_{ij} = 0$, caso contrário; $x_{jj} = 1$ significa que j é uma mediana e $x_{jj} = 0$ caso não seja.

O modelo matemático que representa o problema da p-mediana é:

$$\text{Min } Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} w_i d_{ij} x_{ij} \quad (19)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (20)$$

$$\sum_{j \in J} x_{jj} = p \quad (21)$$

$$x_{ij} \leq x_{jj}; \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (22)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (23)$$

A função objetivo (19) minimiza o valor final ponderado entre as distâncias e demandas de cada nó e sua mediana mais próxima. As restrições em (20) e (23)

garantem que cada ponto de demanda i será atendido somente por uma instalação j . Já (21) assegura que a exata quantidade predeterminada de p instalações ou medianas sejam localizadas. Em (22), as restrições indicam que a demanda de um nó somente é atendida por uma mediana. As restrições (23) determinam o domínio binário das variáveis de decisão.

Pizzolato et al. (2012) pontuam ainda que, o modelo da p -mediana descrito acima pode ser utilizado não só para definir uma localização ótima, como também pode ser interpretado como modelo de zoneamento, o qual busca dividir a região em p zonas de um mesmo padrão. Este tratamento permite oferecer um serviço diferenciado de acordo com a necessidade de cada zona.

O modelo matemático da p -mediana apresenta diversas variações, dentre elas, existe a variação que considera os custos fixos f_j de cada instalação j como: locação, construção e operação no cálculo do modelo da p -mediana, conforme é apresentado:

$$\text{Min } Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} w_i d_{ij} x_{ij} + \sum_{j \in J} f_j x_{jj} \quad (24)$$

Sujeito a (20), (21), (22) e (23).

A função objetivo (24) busca minimizar o custo total, o qual é formado pelo custo variável de cada operação de transporte com o custo fixo da instalação. As restrições dessa variação são as mesmas já apresentadas no modelo anterior.

Para que o modelo da p -mediana leve em consideração a capacidade de atendimento é incluída a restrição (25) referente a capacidade, onde Q_j representa a capacidade de atendimento de cada instalação j :

$$\sum_{i \in I} w_i x_{ij} \leq Q_j x_{jj} \quad \forall j \in J \quad (25)$$

Nos casos em que a capacidade máxima ou mínima de atendimento seja relevante a restrição (25) se faz necessária. A formulação do problema com a restrição de capacidade se diferencia do modelo básico ao substituir a restrição (22) pela restrição (25), a qual garante que o somatório das demandas dos nós, atendidas pela instalação, não seja maior que a sua capacidade de suprimento.

3. Modelo matemático de localização com fator fiscal

A principal contribuição desta tese de mestrado é o modelo de localização com consideração de custos tributários apresentado neste capítulo. Os modelos de localização que consideram custos tributários encontrados na literatura fazem uso de um sistema de créditos presumidos o que facilita a formulação dos modelos. O modelo proposto tem como objetivo minimizar o somatório dos custos logísticos e tributários, definindo a localização dos pontos de distribuição e determinar quais pontos atendem a cada cliente. O novo modelo considera essencialmente o ICMS podendo gerar um custo ou um crédito acumulado. Por esse motivo trata-se de um modelo de programação não linear inteiro.

Em seguida são especificados os conjuntos, os parâmetros e as variáveis de decisão, necessárias à formulação do modelo matemático para localização de instalações de uma empresa levando em consideração o custo tributário.

Sejam os Conjuntos:

J Locais Candidatos a Receber o Centro de Distribuição, $j \in J = \{1, 2, \dots, n\}$

I Pontos de Demanda, $i \in I = \{1, 2, \dots, n\}$

Sejam os Parâmetros:

DD_{ij} Distância entre o Ponto de Demanda $i \in I$ e o Centro de Distribuição $j \in J$

DT_j Distância entre a Fábrica e o Centro de Distribuição $j \in J$

CF_j Custos fixos de instalação e infraestrutura de armazém no local candidato a receber o Centro de Distribuição $j \in J$

- CM_j Custos variáveis referentes à manipulação e movimentação das mercadorias do armazém no local candidato a receber o Centro de Distribuição $j \in J$
- CT_j Custo de frete transferência por quilômetro e tonelada entre a Fábrica e o Centro de Distribuição $j \in J$
- CD_{ij} Custo de frete distribuição por quilômetro e tonelada entre o Centro de Distribuição $j \in J$ e o Ponto de Demanda $i \in I$
- WP_i Demanda em peso total (ton.) da carga do Ponto de Demanda $i \in I$ (corresponde ao somatório dos pesos de cada produto que compõem a carga de i).
- WC_i Demanda em valor de custo total (R\$) da carga do Ponto de Demanda $i \in I$ (corresponde ao somatório dos valores de cada produto que compõem a carga de i).
- TT_j Alíquota tributária referente à transferência de carga da Fábrica para o Centro de Distribuição $j \in J$
- TD_{ji} Alíquota Tributária referente à distribuição de carga do Centro de Distribuição $j \in J$ para o Ponto de Demanda $i \in I$
- MG É a percentagem esperada de retorno da empresa que justifique a operação.
- FR_j Fator de recuperação referente a créditos de ICMS do Centro de Distribuição $j \in J$

Sejam as Variáveis de Decisão:

$$y_j = \begin{cases} 1, & \text{se for Centro de Distribuição } j \in J \text{ está ativo} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$x_{ji} = \begin{cases} 1, \text{ se demanda } i \text{ recebe carga do Centro de Distribuição } j \in J \\ 0, \text{ caso contrário} \end{cases}$$

w_j Peso total (ton.) da carga movimentada no Centro de Distribuição $j \in J$

Variáveis de Decisão auxiliares necessárias para o cálculo do Custo Fiscal:

C_j Variável de decisão necessária para o cálculo do Custo Fiscal.

$$u_j = \begin{cases} 1, \text{ se o Centro de Distribuição } j \text{ tem créditos acumulados.} \\ 0, \text{ caso contrário} \end{cases}$$

IC_j Todos os débitos de ICMS pagos na Nota Fiscal de compra no Centro de Distribuição $j \in J$

IV_j Todos os débitos de ICMS pagos na Nota Fiscal de venda no Centro de Distribuição $j \in J$

O modelo matemático proposto é o que minimiza a expressão de custo total:

$$\begin{aligned} & \text{Min} \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} WP_i (CT_j DT_j + CD_{ji} DD_{ji}) x_{ji} \\ & + \sum_{j \in J} CF_j y_j \\ & + \sum_{j \in J} CM_j w_j \\ & + \sum_{j \in J} |IV_j - IC_j| + \sum_{j \in J} C_j \end{aligned} \tag{31}$$

Sujeito a:

$$C_j = \begin{cases} (IV_j - IC_j)FR_j, & \text{se } IE_j > IS_j, \\ (IC_j - IV_j), & \text{caso contrário,} \end{cases} \quad \forall j \in J \quad (32)$$

$$IC_j = \sum_{i \in I} (WC_i + WP_i CT_j DT_j) \frac{x_{ji} TT_j}{1 - TT_j}, \quad \forall j \in J \quad (33)$$

$$IV_j = \sum_{i \in I} (WC_i MG + WP_i CT_j DT_j + WP_i CD_{ji} DD_{ji}) \frac{x_{ji} TD_{ji}}{1 - TD_{ji}}, \quad \forall j \in J \quad (34)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ji} = 1, \quad \forall i \in I \quad (35)$$

$$\sum_{i \in I} WP_i x_{ji} \leq w_j, \quad \forall j \in J \quad (36)$$

$$x_{ji} \leq y_j, \quad \forall j \in J, \forall i \in I \quad (37)$$

$$y_j \in \{0,1\} \quad (38)$$

$$x_{ji} \in \{0,1\} \quad (39)$$

$$u_j \in \{0,1\} \quad (40)$$

$$C_j \in \mathbb{R} \quad (41)$$

Onde a função objetivo (31) busca minimizar o custo total da operação. O primeiro elemento da função objetivo (31) representa as distâncias ponderadas pela demanda dos clientes e pelos custos de frete de transferência (fábrica - centro de distribuição) e de distribuição (centro de distribuição - clientes). O segundo elemento da função objetivo (31) representa os custos fixos dos centros de distribuição ativos, o terceiro elemento representa os custos de manipulação das cargas nos centros de distribuição ativos.

O quarto elementos da função objetivo (31) representa a soma de todos os módulos da diferença entre todos os valores de ICMS pagos na nota fiscal de venda descontando os valores pagos na nota fiscal de compra. O quinto elemento da função objetivo (31) junto com a restrição (32) retorna com sinal negativo, se a condição for falsa, a diferença entre todos os valores de ICMS pagos na nota fiscal de venda descontando os valores pagos na nota fiscal de compra e se a condição for verdadeira, também com o sinal negativo, os créditos de ICMS acumulados multiplicado pelo fator de recuperação FR_j referente ao centro de distribuição j . Dessa forma, A soma do quarto com o quinto elementos da função objetivo (31) representa os custos totais com os créditos de ICMS não recuperados.

Como foi referido, a presenta de um módulo no quarto termo da função objetivo (31) junto com a restrição (32) tornam o modelo não linear. De seguida é explicado o processo de linearização da função objetivo e da restrição (32).

São incluídas duas novas variáveis de decisão auxiliares no modelo P_j e Q_j , onde P_j representa o módulo positivo e Q_j representa o módulo negativo. Além disso substituiu-se na função objetivo o elemento $\sum_{j \in J} |IV_j - IC_j| + \sum_{j \in J} C_j$ pelo elemento $\sum_{j \in J} P_j + \sum_{j \in J} Q_j + \sum_{j \in J} C_j$ e incluir as restrições (42) (43) (44).

$$P_j - Q_j = IC_j - IV_j, \quad \forall j \in J \quad (42)$$

$$P_j \geq 0, \quad \forall j \in J \quad (43)$$

$$Q_j \geq 0, \quad \forall j \in J \quad (44)$$

Ao se incluir as restrições (42), (43) e (44) é possível tornar linear a função de valor absoluto. Sendo assim, quando a diferença $IC_j - IV_j$ resultar em um valor positivo a variável P_j assume o valor da diferença e a variável Q_j assume o valor zero e quando a diferença $IC_j - IV_j$ resultar em um valor negativo a variável P_j assume o valor zero e a variável Q_j assume o valor da diferença. Sendo assim, a soma das variáveis P_j e Q_j equivale ao $|IV_j - IC_j|$. Em conjunto com as alterações anteriores, também com o

objetivo de tornar o modelo linear, a restrição (32) devem ser substituídas pelas restrições (45a), (45b), (45c) e (45d)

$$-C_j \leq (P_j - Q_j)FR_j + u_j M, \quad \forall j \in J \quad (45a)$$

$$C_j \leq -(P_j - Q_j)FR_j + u_j M, \quad \forall j \in J \quad (45b)$$

$$-C_j \leq -(P_j - Q_j) + (1 - u_j)M, \quad \forall j \in J \quad (45c)$$

$$C_j \leq (P_j - Q_j) + (1 - u_j)M, \quad \forall j \in J \quad (45d)$$

Ao incluir as restrições (45a), (45b), (45c) e (45d) quando $u_j = 0$ (indicando que há acumulo de créditos de ICMS no centro de distribuição j) a variável C_j assume o valor de $-(P_j - Q_j)FR_j$ e quando $u_j = 1$ (indicando que não há acumulo de créditos de ICMS no centro de distribuição j) a variável C_j assume o valor de $(P_j - Q_j)$.

Caso todas as instalações candidatas a receber um centro de distribuição possuam um fator de recuperação dos créditos de ICMS acumulados de 100% as parcelas da função objetivo: $\sum_{j \in J} P_j + \sum_{j \in J} Q_j + \sum_{j \in J} C_j$ e as restrições (45a), (45b), (45c), (45d), (44), (43), (42), (41), (40), (34), (33) e (32) não seriam necessárias. Dessa forma, o modelo de localização se tornaria semelhante aos modelos tradicionais de localização que não consideram o fator tributário.

A restrição (35) diz que a demanda de um cliente só pode ser atendida por apenas um único centro de distribuição. A restrição (36) auxilia no cálculo da variável de decisão w_j de cada centro de distribuição j . A restrição (37) diz que um cliente só pode ser atendido por centros de distribuição ativos.

As restrições (38), (39) e (40) são variáveis de decisão do tipo binário e a restrição (41) diz que a variável de decisão auxiliar C_j pertence ao conjunto dos números Reais.

4. Aplicação do modelo em um caso real

4.1 Perfil da empresa

O departamento responsável pela logística da empresa estudada demonstrou interesse na elaboração de um projeto com o objetivo de avaliar a sua rede de distribuição, a fim de concluir se a empresa operava de forma otimizada. Ressalta-se que alguns dados e características dos produtos, que serão apresentados a seguir, terão seus sigilos mantidos com o intuito de se preservar as informações estratégicas da empresa.

O presente trabalho aborda uma empresa de produtos de consumo não duráveis e atualmente possui uma única fábrica e um único centro de distribuição, ambos localizados no Município de Japeri no Estado do Rio de Janeiro. As instalações da empresa se encontram a 80 km do Rio de Janeiro, 378 km da cidade de São Paulo, 150 km da divisa com Minas Gerais e distando 4 km da rodovia Presidente Dutra.

Seus produtos são vendidos *on-line* e através de lojas próprias estabelecidas geralmente em shopping centers das maiores capitais do país. Porém, o seu principal volume de vendas é destinado para empresas atacadistas e varejistas espalhadas em todo território nacional, principalmente na região Sudeste do país.

Sua produção é escoada exclusivamente pelo modal rodoviário, típico da operação. Atualmente a empresa não possui frota própria de veículos, utilizando, assim, transportadoras terceirizadas no abastecimento de sua rede de mais de 5.500 clientes entre atacadistas e varejistas entregando porta a porta nos seus endereços fixos em 761 Municípios pelo Brasil.

O tipo de frete utilizado nas operações é o CIF (*Cost, Insurance and Freight*), ficando todos os custos e riscos da entrega da mercadoria a cargo da empresa em estudo. O local do recebimento é especificado pelo cliente no pedido.

4.2 Levantamento de dados para o modelo

O modelo matemático desenvolvido utilizou-se de um problema com dimensões reais, empregando informações pesquisadas na base de dados da empresa.

Estas informações foram disponibilizadas através dos softwares: ORACLE® JD Edwards, Bematech GEMCO, GKO FREIGHT.

Os dados recolhidos são referentes a 12 meses de vendas e entregas, entre julho de 2015 e maio de 2016. Este período foi escolhido por representar um ciclo completo da operação de vendas da empresa. Foi observado que não existe sazonalidade significativa de ano para ano na demanda, e também foi informado, pelo departamento de marketing, que não haverá abertura de novos mercados a curto e médio prazo. O valor aplicado para a margem no modelo é de 50% sobre o preço de custo.

Este estudo envolveu os seguintes setores da empresa: controladoria, contábil, área comercial, fiscal, *marketing*, Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC) e Operacional. Foram fornecidas informações a respeito das alíquotas e outros custos tributários, valores de custo dos produtos, custos da operação e armazenagem e o volume de vendas efetivadas, entre outros.

4.2.1 Características da demanda

Primeiramente serão informados os dados de demanda por região, extraídos de relatórios de vendas obtidos através da área comercial da empresa. Foi feito o mapeamento da localização dos clientes, o que significa identificar o local de entrega e as quantidades e produtos distribuídos. Depois serão informados os dados de demanda por Estados e por Municípios. Os dados de demanda serão apresentados de forma agregada.

Os dados obtidos neste estudo indicam que há uma larga diferença na quantidade de clientes na região Sudeste em comparação com as demais. Dos clientes cadastrados que concretizaram pedidos de compras, observa-se que mais de 50% se encontram na região Sudeste, seguido pela região Sul, com mais de 20%, conforme o Gráfico 1:

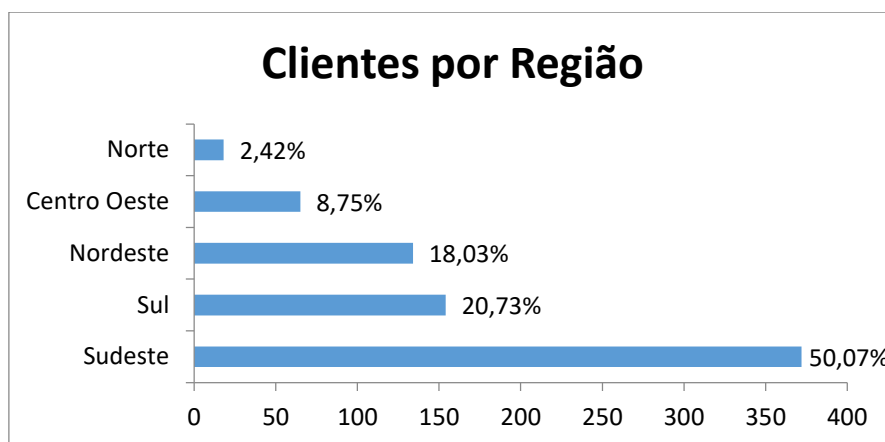


Gráfico 1 - Distribuição geográfica dos clientes

Em relação à demanda por produtos nas cinco regiões do país, o Sudeste se destaca com 52,80% da demanda, com 7.706 toneladas de produtos. A região Nordeste possui a segunda maior demanda, com 15,95%, seguida da região Centro-Oeste, com 13,19%. A região Sul tem 9,49% e por último o Norte com 8,52% da demanda.

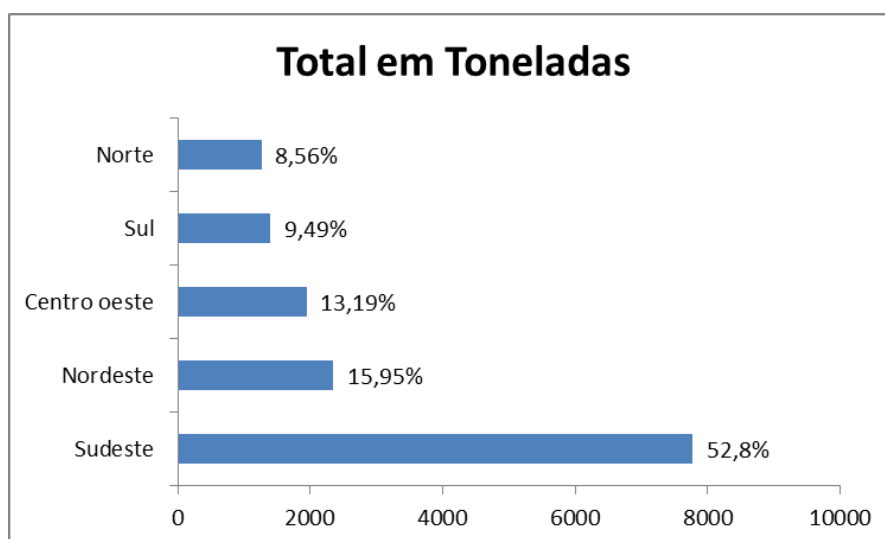


Gráfico 2 - Demanda de produtos por regiões

Analisando a demanda por Estado da federação, os dez Estados que representam 80,56% da demanda são respectivamente: São Paulo (24,21%), Rio de Janeiro (18,35%), Goiás (8,87%), Minas Gerais (6,02%), Pará (4,70%), Espírito Santo (4,23%), Ceará (4,16%), Paraná (3,69%), Bahia (3,39%) e Rio Grande do Sul (2,95%), movimentando um total de 11.863,47 toneladas de produtos durante o período estudado, como constatado no Gráfico 3:

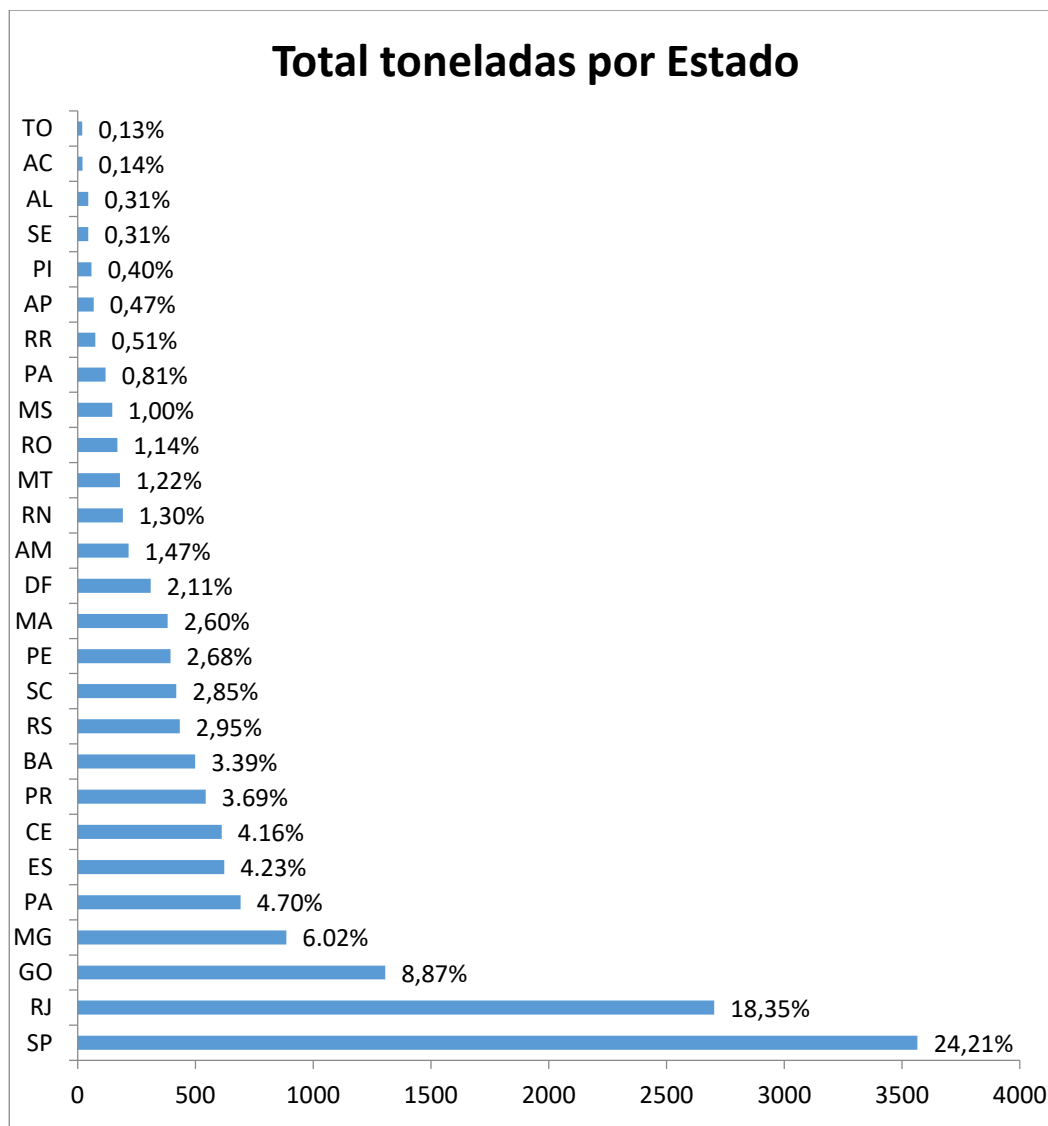


Gráfico 3 - Total de toneladas por Estado

A empresa possui clientes em 761 Municípios em todo o Brasil, dos quais a capital do Rio de Janeiro representa 10,91% da demanda, com 1.606,50 toneladas de produtos movimentados, seguida da capital de São Paulo, com 5,42% da demanda de produtos, equivalentes a 797,55 toneladas. Osasco é o terceiro Município com a demanda de 5,35%, com 788,34 toneladas de produtos. Das demandas dos clientes 80% estão compreendidas nos 63 Municípios de maior volume de venda, distribuídos nas regiões da seguinte maneira: 24 Municípios na região Sudeste, 11 no Nordeste, 10 no Centro-Oeste, 8 no Sul e 7 no Norte.

4.2.2 Escolha das cidades candidatas a receber um CD

Foram selecionadas 21 cidades candidatas para a possível instalação do centro de distribuição. Como critério de seleção, foram avaliadas cidades que possuam demanda dos produtos da empresa, uma infraestrutura logística adequada, bem como a sua proximidade de rodovias para fácil acesso e escoamento da demanda. O Estado do Rio de Janeiro e seus Municípios foram excluídos da seleção, uma vez que já funciona uma fábrica e um centro de distribuição da empresa. Os locais selecionados estão listados na Tabela 10, ordenados conforme a sequência de maior demanda.

Tabela 10 - Relação de cidades candidatas a receber o centro de distribuição

LOCAIS CANDIDATOS (Município e Estado)	
1. Japeri – RJ	12. Curitiba – PR
2. São Paulo – SP	13. Porto Alegre – RS
3. Fortaleza – CE	14. Salvador – BA
4. Catalão – GO	15. São Luís – MA
5. Belém – PA	16. Corumbá – GO
6. Brasília – DF	17. Ribeirão Preto – SP
7. Contagem – MG	18. Castanhal – PA
8. Uberlândia – MG	19. Davinópolis – MA
9. Campinas – SP	20. Recife – PE
10. Serra – ES	21. Feira de Santana – BA
11. Anápolis – GO	

Após a escolha das cidades candidatas para a instalação de um novo CD para a empresa, é necessário levantar: as distâncias entre as cidades (nós), os custos de instalação para a escolha do centro de distribuição, as alíquotas de ICMS praticadas entre a fábrica, as cidades candidatas a receber o CD e os clientes.

4.2.3 As distâncias entre as cidades

As distâncias entre as cidades são essenciais para estimar os custos de transportes entre os pontos de origem e destino. As distâncias podem ser encontradas em diversas tabelas comerciais e atlas rodoviários, mas caso não estejam disponíveis para a consulta, pode-se fazer uso da distância teórica. Segundo Ballou (2006) computar as distâncias entre os pontos da rede a partir das coordenadas é quase sempre mais eficiente embora nem sempre tão preciso. A fórmula da distância de grande círculo, citada pelo referido autor, utiliza os dados de latitude e longitude dos pontos

em que se busca a distância entre eles. Esta fórmula reconhece a curvatura da terra com o intuito de minimizar as distorções de mapeamento, conforme descrito:

$$D_{A-B} = 3959 \{ \arccos[\sin(LAT_A) \sin(LAT_B) + \cos(LAT_A) \cos(LAT_B) \cos | LONG_B - LONG_A |] \} \quad (45)$$

Onde:

D_{A-B} = distância do grande círculo entre os pontos A e B (em km)

LAT_A = latitude do ponto A (radianos)

LAT_B = latitude do ponto B (radianos)

$LONG_A$ = longitude do ponto A (radianos)

$LONG_B$ = longitude do ponto B (radianos)

A desvantagem em se utilizar a distância teórica é que o valor do intervalo encontrado entre os dois pontos sempre será menor que o valor real, uma vez que os veículos trafegam em uma rede de rotas rodoviárias sinuosas. Em função disso as distâncias calculadas são ajustadas por um fator de correção. (Ballou, 2006) Para o presente trabalho utilizou-se o fator de correção 1,23 conforme apontado por Ballou (2006), para o Brasil.

4.2.4 Os custos de armazenagem para a escolha do CD

Para a determinação dos custos de instalação, primeiramente foram feitos orçamentos de locação de galpões nas 20 cidades candidatas a receber o centro de distribuição.

O custo de armazenagem é composto por:

- Aluguel da instalação;
- Equipamentos indispensáveis para a operação;
- Custos de pessoal e administrativos;
- Custos com seguros, taxas e tarifas.

Tais custos podem ser organizados da seguinte forma: custos fixos (aluguel, seguros, taxas e tarifas) e custos variáveis (de movimentação dos produtos armazenados e custos com os funcionários). Os custos variáveis geralmente possuem ligação com a intensidade das operações realizadas no depósito, já os custos fixos usualmente são independentes.

O custo de armazenagem para um centro de distribuição n pode ser representado pela função:

$$CA_{totalj} = CF_j + CM_j w_j \quad (46)$$

Onde:

CA_{totalj} = custo de armazenagem do centro de distribuição j

CF_j = custos fixos do centro de distribuição j

CM_j = custos variáveis da operação do centro de distribuição j

w_j = quantidade movimentada em kg no centro de distribuição j

j = representa um depósito da rede de distribuição, com $j \in N = \{0, 1, 2, \dots, n\}$

A Tabela 11 informa os custos de armazenagem nas cidades candidatas a receber o CD:

Tabela 11 - Custos de armazenagem nas cidades candidatas

Cidade	Área em m²	Custo Fixo mensal com aluguel	Custo Variável mensal por ton.
1. Japeri – RJ	5.200	R\$0	R\$18,50
2. São Paulo – SP	5.200	R\$80.170,70	R\$18,50
3. Fortaleza – CE	5.200	R\$54.765,93	R\$18,50
4. Catalão – GO	5.200	R\$61.570,44	R\$18,50
5. Belém – PA	5.200	R\$61.168,26	R\$18,50
6. Brasília – DF	5.200	R\$40.551,07	R\$18,50
7. Contagem – MG	5.200	R\$78.181,85	R\$18,50
8. Uberlândia – MG	5.200	R\$50.545,97	R\$18,50
9. Campinas – SP	5.200	R\$83.859,67	R\$18,50
10. Serra – ES	5.200	R\$68.532,11	R\$18,50
11. Anápolis – GO	5.200	R\$62.308,23	R\$18,50
12. Curitiba – PR	5.200	R\$72.750,28	R\$18,50
13. Porto Alegre – RS	5.200	R\$75.454,02	R\$18,50
14. Salvador – BA	5.200	R\$60.821,22	R\$18,50
15. São Luiz – MA	5.200	R\$76.469,66	R\$18,50
16. Corumbaiaba – GO	5.200	R\$50.285,34	R\$18,50
17. Ribeirão Preto – SP	5.200	R\$38.085,66	R\$18,50
18. Castanhal – PA	5.200	R\$43.099,97	R\$18,50
19. Davinópolis – MA	5.200	R\$74.048,10	R\$18,50
20. Recife – PE	5.200	R\$48.249,85	R\$18,50
21. Feira de Santana – BA	5.200	R\$70.772,15	R\$18,50

4.2.5 Os custos tributários

O problema definido envolve a produção e distribuição dos produtos que não estão incluídos aos itens de cesta básica dos Estados da federação, estando sujeitos à tributação das alíquotas padrão de ICMS, conforme a Tabela 6 apresentada no capítulo 2.6 “Questão Tributária no Brasil”.

O custo tributário proposto e modelado nesse estudo é o custo com créditos acumulados não recuperados pelas empresas nos centros de distribuição, considerando as diferentes alíquotas de ICMS praticadas em cada Estado da Federação e os diferentes fatores de recuperação estimados para cada Estado candidato a receber um CD.

4.2.6 Os custos de fretes entre as cidades

O escoamento dos produtos é orientado da fábrica para o CD e em seguida para os clientes, constituídos por: atacadistas, varejistas e outros distribuidores. A fábrica necessariamente envia os produtos para o CD, uma vez que não distribui diretamente aos clientes.

O custo de frete tem grande influência na configuração da rede de distribuição. Os valores referentes aos custos de frete de transferência, que é o transporte da mercadoria entre o ponto de fabricação e os CDs candidatos, bem como o custo de frete de distribuição, que é a distribuição da mercadoria feita a partir do CD até cada ponto de demanda, constam nos contratos com as transportadoras terceirizadas que prestam serviço para a empresa estudada.

4.2.7 Fator de recuperação de créditos de ICMS acumulados

Para cada cidade candidata a receber um CD foi estimado um valor para o fator de recuperação dos créditos de ICMS acumulados. A Tabela 12 apresenta os estimados.

Tabela 12 - Fator de recuperação das cidades candidatas

Cidade	Fator de recuperação	Cidade	Fator de recuperação
1. Japeri – RJ	75%	12. Curitiba – PR	50%
2. São Paulo – SP	85%	13. Porto Alegre – RS	50%
3. Fortaleza – CE	60%	14. Salvador – BA	60%
4. Catalão – GO	50%	15. São Luiz – MA	60%
5. Belém – PA	50%	16. Corumbaiaba – GO	60%
6. Brasília – DF	60%	17. Ribeirão Preto – SP	85%
7. Contagem – MG	60%	18. Castanhal – PA	50%
8. Uberlândia – MG	60%	19. Davinópolis – MA	60%
9. Campinas – SP	85%	20. Recife – PE	50%
10. Serra – ES	50%	21. Feira de Santana – BA	60%
11. Anápolis – GO	60%		

Para o CD de Japeri (RJ) foi estimado um fator de recuperação de 75%, já que a empresa possui no estado do Rio de Janeiro diversas lojas físicas próprias. Sendo assim, eventuais créditos gerados no CD de Japeri podem ser transferidos para suas lojas mitigando os custos com ICMS acumulado.

Para as cidades localizadas no Estado de São Paulo foi estimado um fator de recuperação de 85% por uma maior facilidade oferecida pela legislação de São Paulo para se recuperar os créditos acumulados. Para as demais cidades foram estimados valores para o fator de recuperação entre 60% e 50%.

4.3 Discussão dos resultados obtidos com a aplicação do modelo

Esta seção expõe os resultados obtidos com a aplicação do modelo matemático desenvolvido no capítulo anterior. O modelo utiliza os dados levantados na empresa escolhida para o estudo. São analisados diferentes cenários com restrições, parâmetros e características diferentes entre si.

A aplicação do modelo nos diferentes cenários gerou aproximadamente em cada caso 16.065 variáveis de decisão, 16.023 variáveis binárias e 16.824 restrições. O software de apoio à decisão escolhido foi o FICO Xpress-Optimizer® com o objetivo de determinar a solução ótima que minimiza o custo total da empresa. O XPRESS® é um software de otimização comercial para problemas de programação linear, programação linear inteira mista, dentre outros. A linguagem de modelagem utilizada pelo software é a Xpress Mosel.

O modelo foi rodado em um computador Dell Inspiron 17 com processador Intel® Core™ i7-7500U CPU de 2.90GHz e 16.0GB de memória RAM, com o sistema operacional Windows 10 da Microsoft®. O tempo aproximado de processamento do modelo para a obtenção da solução ótima em cada cenário ficou entre 2 a 9 segundos.

Primeiramente foi aplicado, no caso apresentado, o modelo matemático de otimização de localização estritamente logístico sem considerar os custos tributários. Sendo assim, as seguintes parcelas foram retiradas da função objetivo: $\sum_{j \in J} P_j + \sum_{j \in J} Q_j + \sum_{j \in J} C_j$, bem como as restrições (45a), (45b), (45c), (45d), (44), (43), (42), (41), (40), (34), (33) e (32).

A solução obtida com a aplicação do modelo matemático sugere uma nova configuração para a rede de distribuição, propondo três centros de distribuição localizados nas cidades de Recife (PE), Castanhal (PA), além do CD de Japeri (RJ), já

utilizado pela empresa. Esta solução se mostrou a mais adequada financeiramente que a atualmente praticada pela empresa e apresentou uma redução de aproximadamente 1,47% dos custos totais.

A Figura 3 mostra o relatório fornecido pelo FICO Xpress-Optimizer® a respeito da solução ótima:

Matrix:		Presolved:	
Rows(constraints):	16824	Rows(constraints):	16730
Columns(variables):	16065	Columns(variables):	15976
Nonzero elements:	143682	Nonzero elements:	72169
Global entities:	15981	Global entities:	15968
Sets:	0	Sets:	0
Set members:	0	Set members:	0
Overall status: Finished global search.			
LP relaxation:		Global search:	
Algorithm:	Newton Barrier	Current node:	1
Iterations:	0	Depth:	1
Primal objective:	9.24505e+008	Active nodes:	0
Dual objective:	-3.63768e+008	Best bound:	8.63019e+006
Status:	Unfinished	Best solution:	8.63019e+006
Time:	0.0s	Gap:	0%
		Status:	Solution is optimal.
		Time:	2.1s
Time overheads:			
Progress graphs:	1.4s		
Writing output:	0.0s		
Pausing:	0.0s		
Updating status:	1.4s		

Figura 3 - Relatório FICO Xpress-Optimizer® modelo de localização clássico

A Figura 4 mostra graficamente a rede de distribuição atual com um CD único localizado na cidade de Japeri (RJ) e a Figura 5 mostra graficamente a rede de distribuição ótima - sem considerar os custos tributários - sugerida pelo modelo matemático com três CDs. A representação gráfica foi possível, porque as coordenadas de latitude e longitude de cada cidade foram fornecidas ao programa.

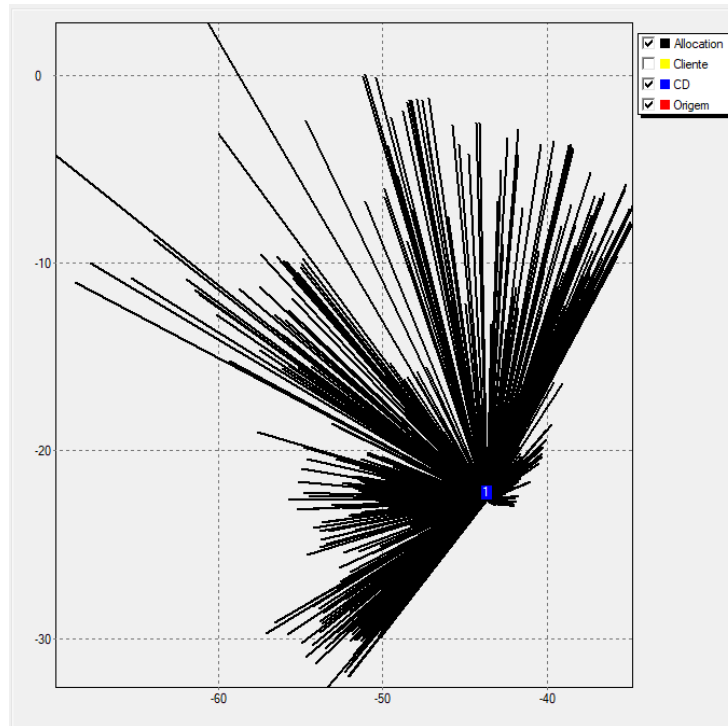


Figura 4 - Rede de distribuição atual sub-ótima.

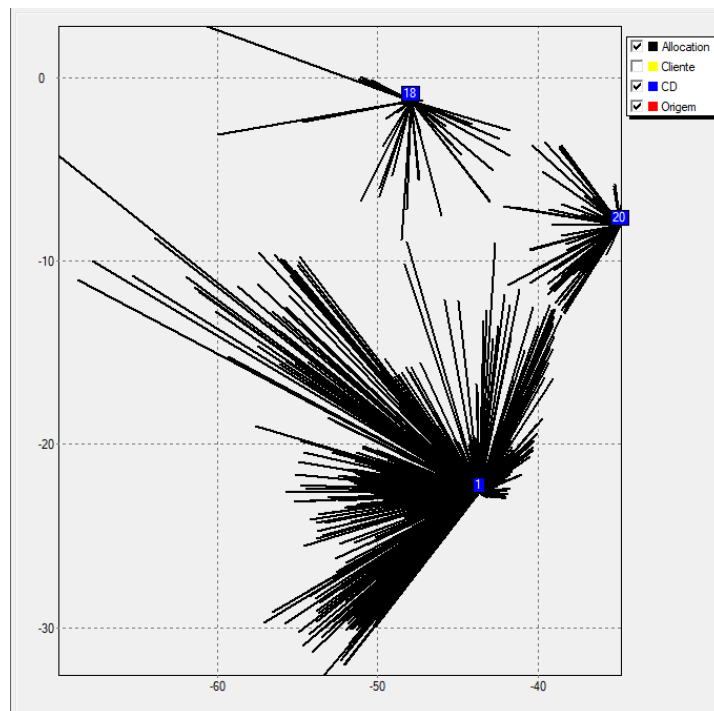


Figura 5 - Rede de distribuição ótima não considerando os custos tributários.

A Tabela 13 ilustra o comparativo de despesas entre o cenário atualmente praticado pela empresa com a solução ótima obtida no modelo estritamente logístico tradicional, apontando os custos de transporte e armazenagem, além dos custo total de cada cenário.

Tabela 13 - Comparativo de despesas com Modelo tradicional

	Situação Atual	Solução Modelo Logístico TRADICIONAL	Vantagens obtidas
Ponto de Fornecimento (Fábrica):	Japeri (RJ)	Japeri (RJ)	Japeri (RJ)
Centro de distribuição:	Japeri (RJ)	<ul style="list-style-type: none"> • Japeri (RJ) • Recife (PE) • Castanhal (PA) 	<ul style="list-style-type: none"> • Japeri (RJ) • Recife (PE) • Castanhal (PA)
Custos total de Frete:	R\$ 8.486.080,00	R\$ 7.261.540,00	R\$ 1.224.540,00
Custos total com o aluguel do CD:	R\$ -	R\$ 1.096.200,00	-R\$ 1.096.200,00
Custo total com a movimentação da carga:	R\$ 272.448,00	R\$ 272.448,00	R\$ -
Custo total tributário:	R\$ -	R\$ -	R\$ -
Custos totais:	R\$ 8.758.528,00	R\$ 8.630.188,00	R\$ 128.340,00

Analisando o comparativo de despesas é possível ver que, na nova configuração da rede de distribuição sugerida pelo modelo, o custo de frete é reduzido em R\$1.224.540,00 e em contra partida o custo fixo com aluguel aumentou em R\$1.096.200,00 resultando em uma diminuição de R\$128.340,00 nos custos totais. Vale ressaltar que nos dois casos os custos tributários estão sendo totalmente negligenciados.

Aplicando agora o modelo matemático de localização que considera o custo tributário - apresentado no capítulo anterior - a solução obtida também sugere uma nova configuração para a rede de distribuição, propondo quatro CDs localizados nas cidades de Recife (PE), Castanhal (PA) e Brasília (DF), além do CD de Japeri (RJ) já utilizado pela empresa. Esta solução se mostrou a mais adequada financeiramente do que a configuração atualmente praticada pela empresa e também da configuração

sugerida pelo modelo de localização estritamente logístico tradicional. A solução sugerida pelo modelo de localização – a qual considera o custo tributário - proporciona uma redução de aproximadamente 29% dos custos totais, representando mais de 3,5 milhões de reais em economia por ano, quando comparado com a configuração atualmente praticada pela empresa.

A Figura 6 mostra o relatório fornecido pelo FICO Xpress-Optimizer® a respeito da solução ótima:

Matrix:		Presolved:	
Rows(constraints):	16824	Rows(constraints):	16777
Columns(variables):	16065	Columns(variables):	16018
Nonzero elements:	143682	Nonzero elements:	89011
Global entities:	15981	Global entities:	15981
Sets:	0	Sets:	0
Set members:	0	Set members:	0
Overall status: Finished global search.			
LP relaxation:		Global search:	
Algorithm:	Newton Barrier	Current node:	1
Iterations:	14	Depth:	1
Primal objective:	-1.0146e+009	Active nodes:	0
Dual objective:	-1.32904e+009	Best bound:	8.7138e+006
Status:	Unfinished	Best solution:	8.7138e+006
Time:	0.0s	Gap:	0%
		Status:	Solution is optimal.
		Time:	9.0s
Time overheads:			
Progress graphs:	1.1s		
Writing output:	0.0s		
Pausing:	0.0s		
Updating status:	1.1s		
<div> Output/Input Stats Matrix Solutions Objective MIP search BB tree </div> <div> User graph IIS </div>			

Figura 6 - Relatório FICO Xpress-Optimizer® modelo com custo tributário

A Figura 7 mostra graficamente a rede de distribuição ótima sugerida pelo modelo matemático com quatro CDs.

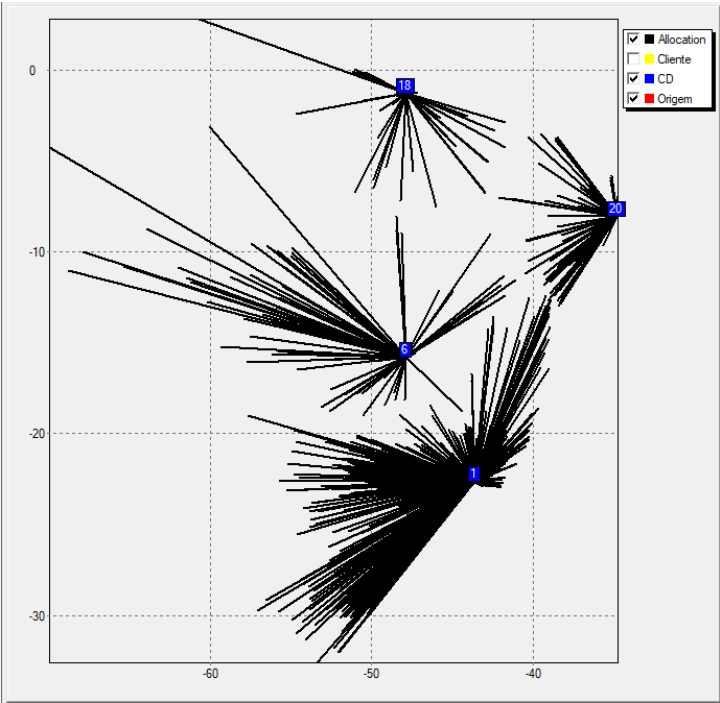


Figura 7 - Rede de distribuição ótima considerando custo tributário

A Tabela 14 ilustra o comparativo de despesas entre o cenário atualmente praticado pela empresa com a solução obtida no modelo estritamente logístico tradicional e com a solução ótima obtida com o modelo de localização que considera o custo tributário, apontando os custos de transporte e armazenagem, além do custo total.

Tabela 14 - Comparativo de despesas com Modelo tributário

	Situação Atual	Solução Modelo Logístico TRADICIONAL	Solução Modelo COSIDERANDO O CUSTO TRIBUTÁRIO	Vantagens obtidas com o modelo
Ponto de Fornecimento (Fábrica):	Japeri (RJ)	Japeri (RJ)	Japeri (RJ)	Japeri (RJ)
Centro de distribuição:	Japeri (RJ)	<ul style="list-style-type: none">• Japeri (RJ)• Recife (PE)• Castanhal (PA)	<ul style="list-style-type: none">• Japeri (RJ)• Recife (PE)• Castanhal (PA)• Brasília (DF)	<ul style="list-style-type: none">• Japeri (RJ)• Recife (PE)• Castanhal (PA)• Brasília (DF)
Custos total de Frete:	R\$ 8.486.080,00	R\$ 7.261.540,00	R\$ 6.858.540,00	R\$ 1.627.540,00
Custos total com o aluguel do CD:	R\$ -	R\$ 1.096.200,00	R\$ 1.582.810,00	-R\$ 1.582.810,00
Custo total com a movimentação da carga:	R\$ 272.448,00	R\$ 272.448,00	R\$ 272.448,00	R\$ -
Custo total tributário:	R\$ 3.521.400,00	R\$ 1.394.560,00	R\$ -	R\$ 3.521.400,00
Custos totais:	R\$12.279.928,00	R\$10.024.748,00	R\$ 8.713.798,00	R\$ 3.566.130,00

Analisando o comparativo de despesas é possível ver que tanto na configuração atual da empresa quanto na configuração sugerida pelo modelo estritamente logístico tradicional há custos tributários significativos sendo negligenciados. Quando se analisa os custos tributários totais da solução fornecida pelo modelo - que considera os custos tributários - percebe-se que ele apontou uma rede de distribuição que não acumula créditos de ICMS e o resultado disso é um custo tributário total igual a zero. Diferente do cenário atualmente praticado pela empresa que possui um custo tributário de aproximadamente R\$3.521.400,00 e da solução do modelo estritamente logístico tradicional que apresenta um custo tributário de R\$1.394.560,00.

Na nova configuração da rede de distribuição sugerida pelo modelo que considera o custo tributário, o custo de frete é reduzido em R\$1.627.540,00 em comparação com o cenário atualmente praticado pela empresa. Em contra partida o custo fixo com aluguel aumentou em R\$1.582.810,00. O custo de movimentação foi o mesmo, uma vez que o volume de carga movimentada se manteve igual. O custo tributário apresentou um valor igual a zero, já que não houve acúmulo de créditos de ICMS.

O resultando final do modelo de localização que considera os custos tributários, quando comparado com o cenário atualmente praticado pela empresa, apresentou uma diminuição de 29,04% ou R\$3.566.130,00 nos custos totais. Já quando o resultado final do modelo de localização que considera os custos tributários quando comparado com a solução apontada pelo modelo estritamente logístico, que não considera o custo tributário, apresentou uma diminuição de 13,08% ou R\$1.310.950,00 nos custos totais.

Caso a empresa decida por questões estratégicas, administrar apenas um CD e quisesse saber onde seria o local ótimo para seu único centro de distribuição, a restrição (45) deveria ser incluída no modelo matemático.

$$\sum_{j \in J} y_j = 1, \quad \forall i \quad (45)$$

Ao aplicar o modelo com a restrição (45) uma nova rede de distribuição foi proposta com a cidade de Ribeirão Preto (SP) como CD único, apresentando uma economia de aproximadamente 3% do custo total. A Figura 8 mostra o resultado.

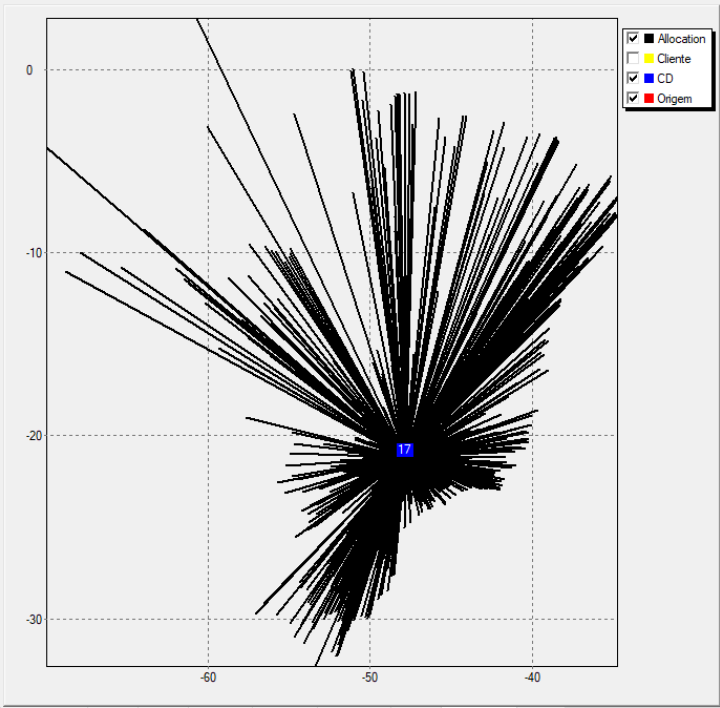


Figura 8 - Rede de distribuição ótima com apenas um CD

A Tabela 15 ilustra os resultados do cenário atual em comparação com a solução ótima obtida no modelo de localização, discriminando os custos envolvidos.

Tabela 15 - Comparativo de despesas com Modelo tributário com CD único

	Situação Atual	Solução Modelo COSIDERANDO O CUSTO TRIBUTÁRIO	Vantagens obtidas com o modelo
Ponto de Fornecimento:	Japeri (RJ)	Japeri (RJ)	Japeri (RJ)
Centro de distribuição:	Japeri (RJ)	Ribeirão Preto (SP)	Ribeirão Preto (SP)
Custos total de Frete:	R\$ 8.486.080,00	R\$ 11.216.100,00	-R\$ 2.730.020,00
Custos de aluguel CD:	R\$ -	R\$ 457.028,00	-R\$ 457.028,00
Custo total com a movimentação da carga:	R\$ 272.448,00	R\$ 272.448,00	R\$ -
Custo total tributário:	R\$ 3.521.400,00	R\$ -	R\$ 3.521.400,00
Custos totais:	R\$12.279.928,00	R\$ 11.945.576,00	R\$ 334.352,00

Neste novo cenário de configuração da rede de distribuição sugerida pelo modelo que considera o custo tributário, em comparação com o cenário atualmente praticado pela empresa, o custo de frete é aumentado em R\$2.730.020,00 bem como aumentou em R\$457.028,00 o custo fixo com aluguel. O custo de movimentação foi o mesmo uma vez que o volume de carga movimentada se manteve igual. O custo tributário é igual a zero já que não há acúmulo de créditos de ICMS e o resultando final representou uma diminuição de R\$334.352,00 nos custos totais.

4.3.1 Análise de sensibilidade do fator de recuperação

Foram gerados de forma aleatória valores entre 0% e 100% para os fatores de recuperação das vinte e uma cidades candidatas a receber o CD. Foram rodados vinte cenários no modelo de localização que considera os custos tributários sem a Restrição (45) do número máximo de CDs. Os resultados obtidos mantiveram os quatro CDs sugeridos na configuração ótima inicial - Recife (PE), Castanhal (PA), Brasília (DF) e Japeri (RJ) - com apenas pequenas variações no atendimento das cidades pelos CDs. A única exceção aconteceu quando o CD de Japeri (RJ) apresentou um fator de recuperação superior a 96%. Nesse momento o modelo sugeriu apenas três CDs - Recife (PE), Castanhal (PA) e Japeri (RJ) - apresentando uma economia de aproximadamente 1,5% da solução ótima apresentada inicialmente. A Figura 9 mostra graficamente a rede de distribuição sugerida.

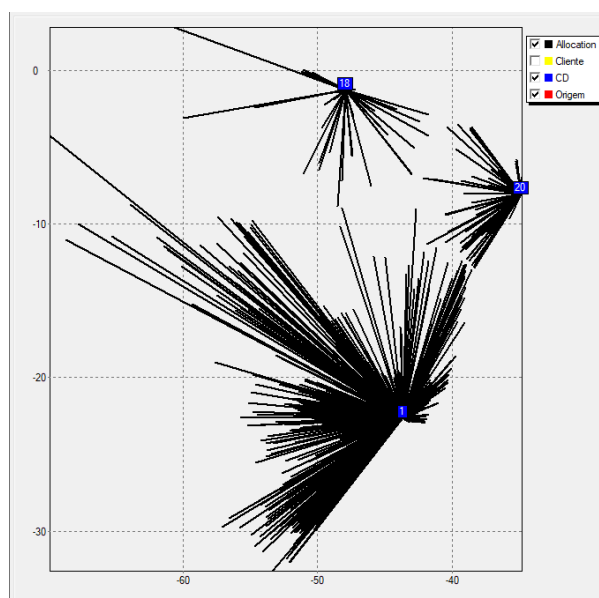


Figura 9 - Rede de distribuição ótima com Japeri com FR = 96%

5. Conclusão

O objetivo geral proposto nessa dissertação foi elaborar um modelo matemático que avalie o *trade-off* entre os custos logísticos decorrentes do transporte, armazenagem e incorporar a incidência dos custos tributários, mais especificamente do ICMS, utilizando para o cálculo dos seus créditos a regra geral. Também foi proposto como objetivo específico aplicar o modelo desenvolvido à realidade de uma empresa brasileira de abrangência nacional, bem como analisar os resultados e ganhos obtidos.

Após a aplicação do modelo de localização estritamente logístico tradicional - que não considera os custos tributários - este sugeriu uma nova configuração da rede de distribuição apontando uma redução nos custos totais no valor de R\$128.340,00 em comparação com o cenário atualmente praticado. Entretanto, posteriormente foi constatado que o modelo estritamente logístico tradicional negligenciou, ou seja, não contabilizou, um custo tributário de R\$1.394.560,00 na sua solução ótima.

Em seguida foi realizada a aplicação do modelo de localização considerando o custo tributário. A solução encontrada propôs a abertura de quatro centros de distribuição, dentre eles o CD de Japeri-RJ já existente, resultando em uma economia no custo total de 29% o que representa um valor de R\$3.566.130,00 por ano, em comparação com a configuração atualmente praticada pela empresa. Além de representar uma economia no custo total de 13,08% o que representa um valor de R\$1.310.950,00 quando comparado com a solução apontada pelo modelo estritamente logístico, que não considera o custo tributário.

Sendo assim, o gestor que esteja procurando identificar novas oportunidades na sua cadeia de suprimentos, como melhoria de desempenho e redução de custos, deveria incorporar o planejamento tributário na gestão da cadeia de suprimentos.

Pode-se concluir, portanto, que os objetivos expostos foram cumpridos. O modelo de otimização de redes de distribuição, que considera a influência dos créditos acumulados de ICMS, desenvolvido nessa dissertação, ao ser empregado neste estudo com parâmetros e restrições reais permitiu constatar a significativa influência dos créditos acumulados de ICMS na configuração da rede de distribuição.

Ressalta-se que o modelo de localização desenvolvido que considera os custos tributários é generalizável, ou seja, não se aplica unicamente ao caso estudado. Desta forma, o gestor que utilizar este modelo poderá simular diversos cenários e assim identificar potenciais ganhos significativos para a sua empresa.

O presente estudo contribui para a literatura acadêmica sobre o tema, uma vez que há uma grande quantidade de modelos matemáticos de localização que não abordam a questão tributária, sendo que daqueles que incluem o custo tributário em sua análise o fazem utilizando o crédito presumido do ICMS para o cálculo. Este trabalho é um dos primeiros a tratar de custos tributários provenientes de crédito real calculados pela regra geral de créditos e débitos de ICMS, o que faz com que esta dissertação possa ser utilizada com a finalidade didática para ensino e pesquisa.

Pontua-se que ocorrendo grandes promoções, novas aberturas de mercado ou entrada de fortes concorrentes que impactem significativamente e de forma permanente no *Market Share* da empresa, será necessário aplicar novamente o modelo de localização para constatar se houve mudança da solução ótima que justifique uma reconfiguração da rede de distribuição da organização.

Esta dissertação não esgota as possibilidades de pesquisa sobre o tema. Para trabalhos futuros fica indicado como sugestão incorporar no modelo apresentado os custos de oportunidade, que estão associados com a perda de receita resultante da imobilização de um capital. Sendo assim, pode-se associar um custo de oportunidade para cada ativo que tenha relevância para a configuração da rede logística como: imóveis, estoque, frota de veículos, empilhadeiras etc. Outra possível alternativa de pesquisa, direcionada à questão fiscal na logística, seria a inclusão dos custos de oportunidade associados aos créditos de ICMS que foram recuperados. Também se apresenta como possibilidade para trabalhos futuros incorporar no modelo a concessão de benefícios fiscais (créditos presumidos) pelos Estados da federação.

6. Referências bibliográficas

AMARO, L. **Direito Tributário Brasileiro**, 12. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

BALEEIRO, A. **Direito Tributário brasileiro**. Atualizada por Misabel Abreu Machado Derzi. 11ª ed. Rio de Janeiro: Forense, 2010.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BENZECRY, M.; NAZÁRIO, P. **Crise econômica: oportunidades e desafios para o supplychain management**. Revista Tecnológica. Ano XIV, nº 160, pag. 82-88. Editora Publicare, Março/2009.

BERNARDO, F; LEITE, L. **Formulação inteira mista para o problema de redes de distribuição considerando o ICMS**. Congresso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa de 24 a 28/09 de 2012. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2012/pdf/arq0342.pdf>> Acesso em: 22 de maio de 2017.

BOWERSOX, D; CLOSS, D. **Logística Empresarial, o Processo de integração da Cadeia de Suprimento**. São Paulo: Atlas, 2001.

BRASIL. **Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil**: Promulgada em 05 de outubro de 1988. Vade Mecum Acadêmico de Direito Riddel. Organização do texto: Anne Joyce Angher. 19. ed. São Paulo: Rideel, 2014.

BRASIL. Decreto n. 3.000, de 26 de março de 1999. **Regulamenta a tributação, fiscalização, arrecadação e administração do Imposto sobre a Renda e Proventos de Qualquer Natureza**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3000.htm. Acesso em: 11 de fevereiro de 2017.

BRASIL. Decreto n. 45.490, de 30 de novembro de 2000. **Aprova o Regulamento do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e Comunicação - RICMS**. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2000/decreto-4549030.11.2000.html>. Acesso em: 24 de maio 2017.

BRASIL. Lei Complementar n. 24, de 07 de janeiro de 1975. **Dispõe sobre os convênios para a concessão de isenções do imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias, e dá outras providências**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp24.htm. Acesso em: 07 de fevereiro de 2018.

BRASIL. Lei Complementar n. 87, de 13 de setembro de 1996. **Dispõe sobre o imposto dos Estados e do Distrito Federal sobre operações relativas à circulação**

de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação, e dá outras providências. (LEI KANDIR). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp87.htm. Acesso em: 24 de fevereiro 2017.

BRASIL. Lei n. 5.172, de 25 de outubro de 1966. **Código Tributário Nacional, (CTN).** Vade Mecum Acadêmico de Direito Riddel. Organização do texto: Anne Joyce Angher. 19. ed. São Paulo: Rideel, 2014.

CAIXETA-FILHO, J. V; MARTINS, R. S. (Org.). **Gestão Logística do Transporte de Cargas.** 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2001.

CARNEIRO, J. M. T. et al. **Formação e administração de preços.** 3 ed. Rio de Janeiro: FGV, 2011.

CARVALHO, P. B. **Curso de Direito Tributário.** 18ª ed. Rio de Janeiro: Saraiva, 2007.

CERVO, A. L; BERVIAN, P. A; DA SILVA, R. **Metodologia científica.** 6ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CUNHA, C. B; MUTARELLI, F. **Modelagem de Redes de Distribuição Aplicada ao Caso de uma Editora de Revistas.** XVIII Congresso da ANPET, 2004.

DA SILVA, A. L. **Implantação de frota própria em substituição a um serviço terceirizado na distribuição de uma empresa de cosméticos.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial – PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2013.

DUARTE, J.M.O. **Gestão Tributária da cadeia de suprimentos:** Problema de localização de empresas do setor de varejo eletrônico brasileiro. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2013.

DUMIT, C. **O transporte ferroviário de carga no Brasil:** Estudo de caso do transporte de combustíveis na Região Sul. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2005.

ESPIRITO SANTO, D. P. **A influência do planejamento tributário no desenho da rede de distribuição e na localização de centros de distribuição.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2015.

FIGUEIREDO, A. L. A. **Seleção e contratação de prestadores de serviços logísticos para uma empresa de mídia de jornal:** Um estudo de caso. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial – PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2007.

FIGUEIREDO, K; ARKADER, R. **Da distribuição física ao supply chain management: o pensamento, o ensino, e as necessidades de capacitação em logística.** Revista Tecnológica, n. 33, p. 16, ago. 1998.

FLEURY, P. F; WANKE, P; FIGUEIREDO, K. F. (Org). **Logística Empresarial: A Perspectiva Brasileira.** 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2011.

HAKIMI S. **Optimum Locations of Switching Centers and the Absolute Centers and Median of a Graph,** Operation Research, nº12, 1964.

KENT, J. L. Jr.; FLINT, D. J. **Perspectives on the evolution of supply chain thought, journal of business logistics,** Vol.18 n.2, p.15-29. 1997.

KOTLER, P; ARMSTRONG, G. **Princípios de Marketing** 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

KOTLER, P; KELLER, K. L. **Marketing Management.** 13. ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2009.

LACERDA, L. **Armazenagem estratégica: analisando novos conceitos.** Centro de Estudos em Logística (CEL), COPPEAD/UFRJ (2011). Disponível em <<http://www.ilos.com.br/web/armazenagem-estrategica-analisando-novos-conceitos/>> Acesso em: 04 de julho 2017.

LACERDA, L. **Considerações sobre o estudo de localização de instalações.** In: FLEURY, P. F; WANKE, P; FIGUEIREDO, K. F. (Org). **Logística empresarial: a perspectiva brasileira.** São Paulo: Atlas, 2011.

LAMBERT, D. M; COOPER, M. C. **Issues in Supply Chain Management; Industrial Marketing Management** 29; p. 65-83; North Holland; 2000.

LAMBERT, D. M; STOCK, J. M; VANTINE, J. G. **Administração Estratégica da Logística.** São Paulo: Vantine Consultoria, 1998.

LIMA, L. R. R. **A Evolução dos Prestadores de Serviços Logísticos no Brasil: O surgimento dos 4PLs;** Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

LIMA, M. P. **Custos logísticos uma visão gerencial.** In: FLEURY, P. F; WANKE, P; FIGUEIREDO, K. F. (Org). **Logística empresarial: a perspectiva brasileira.** São Paulo: Atlas, 2011.

MACHADO, H. B. **Curso de Direito Tributário.** 31ª ed. São Paulo: Malheiros Editore, 2010.

MARQUES, V. J. A. **Um método heurístico de distribuição. Estudo de caso: distribuição de sementes a partir de um Centro de Distribuição.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Logística do Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2007.

MARTINS, I; PIZZOLATO, N. D. **Utilização da p-mediana para simulação de bases táticas de helicópteros policiais.** Artigo selecionado para o XII SIMPEP - SP em 2004.

MELO, M.T; NICKEL, S; SALDANHA-DA-GAMA, S. **Facility location and supply chain management – A review.** European Journal of Operational Research 196, 401–412, 2009.

NAZÁRIO, P. **Papel do transporte na estratégia logística.** In: FLEURY, P. F; WANKE, P; FIGUEIREDO, K. F. (Org). **Logística empresarial: a perspectiva brasileira.** São Paulo: Atlas, 2011.

NETTO, J.S.M. **Guerra fiscal entre os estados.** Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. Brasília, 2003.

NICOLAY, M.G.V. **Uma demonstração do efeito distorcivo da política tributária brasileira na atividade logística: Estudo de casos.** Dissertação (Mestrado) - Departamento de administração - PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2003.

NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição:** estratégia, operação e avaliação; 3ª Edição. Rio de Janeiro: Campus, 2007.

PIZZOLATO, N. D; RAUPP, F. M. P; ALZAMORA, G. S. **Revisão de desafios aplicados em localização com base em modelos da p-mediana e suas variantes.** Revista Eletrônica Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento, 2012.

PIZZOLATO, N. DEI, PUC-Rio. Notas de Aula, 2003.

REVELLE, C. S; MARKS, D; LIEBMAN, J. C. “**An Analysis of Private and Public Sector Location Models.**” Management Science, vol. 16, p. 692- 707, 1970.

REZENDE, A. C. **Terceirização das Atividades Logísticas.** São Paulo: Imam, 2008.

WOOD Jr, T; ZUFFO, P. K. **Supply Chain Management:** Revista de Administração de Empresas - RAE/FGV, v. 38, n. 3, p.60, São Paulo, 1998.

YOSHIZAKI, H. T. Y; ANDRADE, L. E. W. A. **Impactos da reforma tributária: avaliando a influência do novo Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) na reconfiguração da malha logística brasileira.** 2012. Disponível em <<https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/550>> Acesso em: 10 de maio de 2017.