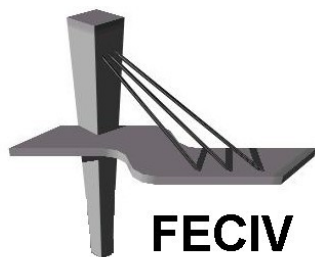


DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**MODELOS DE CARREGAMENTO DE CARGAS
EM VEÍCULOS DE DISTRIBUIÇÃO E OS
IMPACTOS NA PRODUTIVIDADE DAS
ENTREGAS E NO NÍVEL DE SERVIÇO**

Emerson William da Silva



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



Emerson William da Silva

**MODELOS DE CARREGAMENTO DE CARGAS EM
VEÍCULOS DE DISTRIBUIÇÃO E OS IMPACTOS NA
PRODUTIVIDADE DAS ENTREGAS E NO NÍVEL DE
SERVIÇO**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia Civil** no Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Prof. Dr. José Aparecido Sorratini

Uberlândia

2014



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ATA Nº: 127/2014

CANDIDATO: Emerson William da Silva

ORIENTADOR: Prof. Dr. José Aparecido Sorratini

TÍTULO: "Análise do padrão de carregamento de cargas nos veículos de distribuição e o impacto na produtividade da entrega e no nível de serviço"

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Engenharia Urbana

LINHA DE PESQUISA: Planejamento e Operação de Transportes

DATA DA DEFESA: 20 de maio de 2014

LOCAL: Sala de Projeção Prof. Celso Franco de Gouvêa

HORÁRIO DE INÍCIO E TÉRMINO DA DEFESA: 09h10 - 10h45

Após avaliação do documento escrito, da exposição oral e das respostas às arguições, os membros da Banca Examinadora decidem que o candidato foi:

☒ APROVADO

☐ REPROVADO

OBS: seguiu as recomendações dos membros da banca anotadas
no exemplar.

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata que está assinada pelos membros da Banca:

Prof. Dr. José Aparecido Sorratini
Professor Orientador: **Prof. Dr. José Aparecido Sorratini – FECIV/UFU**

Prof. Dr. Júlio Samuel Sávio Bernardo
Membro externo: **Prof. Dr. Júlio Samuel Sávio Bernardo – UNIUBE**

Prof. Dr. Carlos Alberto Faria
Membro: **Prof. Dr. Carlos Alberto Faria – FECIV/UFU**

Uberlândia, 20 de maio de 2014.

*Ao meu pai pelo carinho e apoio aos meus estudos
desde o início, à minha mãe que sempre me incentivou
e acreditou em mim.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade.

Agradeço a meu pai que certamente está orgulhoso desta grande conquista onde quer que esteja. À minha mãe que sempre foi apoio importante.

Agradeço à Prof. Dra. Vanessa Cristina de Castilho pelo incentivo desde o início.

Aos meus colegas da Faculdade de Engenharia Civil, que contribuíram de forma direta e indireta para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Aparecido Sorratini pela paciência e apoio que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Faria pelas conversas que muito contribuíram para a elaboração do trabalho.

À Universidade Federal de Uberlândia e à Faculdade de Engenharia Civil, que forneceram o apoio necessário à realização da pesquisa.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

Uberlândia, 20/05/2014

RESUMO

A cadeia de suprimentos é ampla e envolve ações que devem atender os clientes com rapidez, segurança e baixo custo. Porém, a falta de planejamento para cumprir com essas ações faz com que muito da qualidade na prestação do serviço seja comprometida, o que gera insatisfação para o consumidor final. Um dos maiores impactos na rapidez das entregas por veículos de distribuição é a disposição do carregamento dentro do baú, ou seja, quanto mais fácil for o acesso às mercadorias, mais rápido será a entrega e, com isso, mais clientes poderão ser atendidos no mesmo período de tempo; o que certamente implicará em uma maior produtividade do veículo em número de entregas por dia. Este trabalho mostra os dois principais modelos de carregamento de veículos utilizados em atacados distribuidores e seus impactos no tempo de entrega e, como consequência, a rapidez em atender os clientes. Foi utilizada uma técnica de programação linear para o estudo de dois modelos de carregamento para uma empresa de distribuição urbana e interurbana de mercadorias com dados do ano de 2006. Os resultados encontrados indicam que o modelo de carregamento com separação por cidade das cargas é mais produtivo que o modelo mais comumente usado, sem qualquer tipo de separação. Espera-se que este trabalho auxilie as empresas distribuidoras na rapidez de atendimento aos clientes e na melhoriaa do nível de serviço da cadeia de suprimentos.

Palavras-chave: Logística urbana, Cadeia de suprimentos, Logística de distribuição, Modelo de programação linear, Modelos de carregamento, Atacado.

ABSTRACT

The supply chain is broad and includes actions that must serve customers quickly, safely and cost . However , the lack of planning to meet these actions causes a lot of quality in service delivery is compromised , which leads to dissatisfaction for the end consumer. One of the biggest impacts on the speed of deliveries by delivery vehicles is the provision of loading into the trunk , ie , how much easier is access to goods , the faster delivery and, thus , more customers can be served in the same time; which will certainly lead to greater vehicle productivity in number of deliveries per day . This work shows the two main models used in vehicle loading attacked distributors and their impact on delivery time and , as a consequence , the speed to serve customers . A technique for the study of linear two charging models for a company of urban and interurban freight distribution with data from 2006 schedule was used . The results indicate that the loading model with separation of cargoes city is more productive than the most commonly used model , without any kind of separation . It is hoped that this work will assist distribution companies in the speed of customer service and improving the service level of the supply chain .

Keywords: Urban logistics, Supply chain, Distribution logistics, Linear programming model, Charging models, Wholesalers.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cronograma de vendas e entregas da empresa.....	71
Tabela 2 – Lista de cidade de cada carregamento.....	73
Tabela 3 – Características dos carregamentos.....	75
Tabela 4 – Detalhamento do carregamento A	76
Tabela 5 – Dimensões externas do baú do veículo.....	78
Tabela 6 – Dimensões internas do baú do veículo.....	79
Tabela 7 – Dimensões das caixas.....	80
Tabela 8 – Tempos produtivos do carregamento A	80
Tabela 9 – Referências das caixas nos destinos do carregamento A.....	83
Tabela 10 – Resultado da conversão de m ³ para caixas do carregamento A.....	83
Tabela 11 – Indicador de produtividade para o carregamento A.....	84
Tabela 12 – Tempos produtivos para o carregamento B	86
Tabela 13 – Referências das caixas nos destinos do carregamento B	86
Tabela 14 – Resultado da conversão de m ³ para caixas do carregamento B.....	87
Tabela 15 – Detalhamento do carregamento B	92
Tabela 16 – Detalhamento do carregamento C	93
Tabela 17 – Detalhamento do carregamento D	94
Tabela 18 – Tempos produtivos Carregamento C.....	95
Tabela 19 – Resultado da conversão de m ³ para caixas do carregamento C.....	98
Tabela 20 – Indicador de produtividade para o carregamento C.....	98
Tabela 21 – Tempos produtivos carregamento D	98
Tabela 22 – Resultado da conversão de m ³ para caixas do carregamento D.....	102
Tabela 23 – Indicador de produtividade para o carregamento D.....	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação usual entre distâncias e custo de transporte.....	27
Figura 2 – Relação entre massa e custo de transporte.....	28
Figura 3 - Relação usual entre densidade e custo de transporte, por kg.....	28
Figura 4 – Esquema típico de um sistema de distribuição.....	46
Figura 5 – Serviço de lotação completa.....	47
Figura 6 – Serviço de carga fracionada local.....	47
Figura 7 – Serviço de carga fracionada de longa distância.....	48
Figura 8 – Serviço de carga fracionada longa distância com terminais intermediários.....	49
Figura 9 – Roteiro simples com 12 clientes num bolsão de distribuição.....	51
Figura 10 – Roteamento de veículos a partir de um único armazém central.....	51
Figura 11 – Padrão tipo “gota” para roteiros ótimos.....	52
Figura 12 – Componentes do ciclo do pedido do cliente.....	63
Figura 13 – Veículo baú carregado com os carregamentos misturadas.....	73
Figura 14 – Veículo baú carregado com os carregamentos separados por cidade.....	73
Figura 15 – Trajeto dos carregamentos A e B.....	74
Figura 16 – Trajeto dos carregamentos C e D.....	74

SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

SÍMBOLOS

kg – Quilograma

km – Quilômetro

m – Metro

m² – Metro quadrado

m³ – Metro cúbico

% – Porcentagem

R\$ – Reais

SIGLAS

CD – Centro de Distribuição

EUA – Estados Unidos da América

IPVA – Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores

TI – Tecnologia da Informação

SUMÁRIO

x

CAPÍTULO 1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVO GERAL	14
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.3	JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	15
1.4	METODOLOGIA	16
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
CAPÍTULO 2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	LOGÍSTICA	19
2.2	ATIVIDADE DE TRANSPORTE	21
2.2.1	Infraestrutura de transporte	23
2.2.2	Aspectos básicos da economia e da formação de preço de transporte	26
2.2.3	Estrutura de custos	30
2.3	TRANSPORTE DE CARGA EM ÁREA URBANA	31
2.4	VALOR DO PRODUTO AO CLIENTE	34
2.4.1	Serviço logístico ao cliente	35
2.5	DISTRIBUIÇÃO FÍSICA	39
2.6	FORMAS DE REALIZAÇÃO DAS ENTREGAS	45
2.6.1	Roteirização de veículos	49
2.7	NÍVEL DE SERVIÇO	53
2.8	AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO LOGÍSTICO DO TRANSPORTE	
	RODOVIÁRIO DE CARGA	55
2.8.1	Atributos básicos para um sistema de indicadores logísticos	58
2.8.2	Mensuração dos serviços logísticos	60
2.9	TEMPO DO CICLO DO PEDIDO	62
2.10	QUALIDADE E PRODUTIVIDADE NAS ENTREGAS	64

CAPÍTULO 3	MODELO DE CARREGAMENTO	66
3.1	A PROGRAMAÇÃO LINEAR E O MÉTODO SIMPLEX	67
3.2	MODELAGEM DE PROBLEMAS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR	70
CAPÍTULO 4	CASO EM ESTUDO	71
4.1	DESCRIÇÃO GERAL DA EMPRESA	71
4.2	SISTEMAS DE CARREGAMENTOS E CARGAS PARA OS TESTES	72
4.3	DETALHAMENTO DOS CARREGAMENTOS USADOS NOS TESTES	75
4.4	ANÁLISES REALIZADAS	77
4.5	MODELAGEM DOS CARREGAMENTOS E TRANSFORMAÇÃO	78
	DOS VOLUMES DE M ³ PARA NÚMERO DE CAIXAS	78
4.5.1	Modelagem do carregamento “A” separado por cidade	79
4.5.2	Modelagem do carregamento “B” sem separação por cidade	83
CAPÍTULO 5	CONCLUSÃO	88
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
	Apêndice	92

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Conseguir abastecer as cidades com todos os produtos necessários às pessoas, para o comércio e serviços, é um grande desafio e nem sempre o consumidor percebe o quanto a tarefa é complexa e trabalhosa. Ao andar entre as gôndolas dos supermercados ou nos pequenos varejistas de vizinhança, nos quais são feitas as compras dos produtos de primeira necessidade ou a simples demanda do dia a dia, o consumidor não imagina o processo que está por trás da entrega de produtos em seus pontos de venda.

A cadeia de suprimentos é ampla e envolve ações que vão desde a compra da matéria prima até a entrega final da mercadoria ou produto acabado com rapidez, segurança e baixo custo. Porém, a falta de planejamento faz com que muito da qualidade na prestação do serviço seja altamente comprometida, o que, certamente, gera, para o consumidor, a insatisfação por uma expectativa de atendimento que não foi cumprida. É fato que, na realização de compras, sejam elas nas grandes redes de supermercados ou nas pequenas lojas de vizinhança espalhadas pelos bairros das cidades, busca-se sempre encontrar o produto necessário, na quantidade necessária e com as condições de qualidade ideais para seu consumo. Mas, há outros fatores importantes que não podem ser esquecidos. A concorrência entre as empresas tem exigido melhores níveis de serviço no atendimento dos clientes (ALVARENGA; NOVAES, 1997).

Atualmente a distribuição física de produtos passou a ocupar um papel de destaque nos problemas logísticos das empresas. Isso se deve, de um lado, ao custo crescente do dinheiro (custo financeiro) que força as empresas a reduzirem os estoques e a tornarem mais ágil o manuseio, transporte e distribuição de seus produtos (ALVARENGA; NOVAES, 1997). Para isso, as empresas distribuidoras fazem o elo entre quem produz e quem consome, e aquela que oferecer um serviço rápido no atendimento dos pedidos dos

varejistas certamente possuirá uma vantagem competitiva diante das demais, por conseguir atender as demandas em um prazo menor.

Sabe-se que um comércio, independente de seu porte, com falta de produtos é sinal de perda de venda. Diante dessa realidade, encontrar uma alternativa econômica e viável para todos os atores envolvidos no processo não é tarefa fácil.

A distribuição urbana de mercadorias encontra problemas como o crescimento desordenado das cidades, excesso de veículos nas ruas e a falta de uma infraestrutura adequada. O impacto desses problemas no nível de serviço é a demora nas entregas e o não atendimento das demandas de produtos na hora que ela se apresenta efetivamente e, como consequência, o não cumprimento dos prazos acordados. Para minimizar esses impactos as empresas do segmento de serviços de distribuição, com ou sem frota própria, devem ter ações dentro da sua estrutura que minimizem os tempos envolvidos com a realização das entregas e, assim, compensar os impactos citados e, com isso, garantir para o varejista a oferta da mercadoria com a maior brevidade possível. Estas ações podem ser várias, desde o aumento da frequência de atendimento, aumento da frota e, com isso, ter maior disponibilidade de veículos até facilitar o acesso à entrega do cliente dentro do baú do veículo, entre outras.

Para Alvarenga e Novaes (1997) a melhora na qualidade é traduzida na prática de diversas formas: entrega mais rápida, confiabilidade (pouco ou nenhum atraso em relação ao prazo estipulado), existência do tipo desejado de produto na hora da compra (tipo, cor etc.), segurança (baixa ocorrência de extravios, produtos sem defeitos) etc.

Diante disso, a operação de transporte dos carregamentos até os compradores e a oferta das mercadorias para os clientes é uma operação que simboliza muito o nível de serviço do atendimento. Apesar de toda a operação começar muito antes da chegada à porta do cliente, a sua sensibilidade é despertada a partir do momento em que o veículo efetivamente para na sua porta a fim de entregar os produtos adquiridos, e o tempo que esta operação demora pode representar o padrão de atendimento prestado pela empresa distribuidora.

Ao mesmo tempo em que mudam os padrões de exigência do consumidor, as transformações na área tecnológica, sejam nas ferramentas de apoio à decisão e até na própria facilidade de comunicação, crescem quase que todos os dias e provocam mudanças em vários setores; com o processo de distribuição não é diferente. Os intermediários do canal de distribuição possuem a sensibilidade da rapidez com que seus pedidos chegam e se tornem disponíveis para a acomodação na gôndola e, como consequência, a oferta para o consumidor final.

Desta forma, buscar uma redução nos tempos de operação e garantir a oferta da mercadoria para o comprador o mais breve possível é um problema de produtividade no transporte e na entrega. Além disso, deve-se buscar aumentar a produtividade, para que desta forma haja o aproveitamento máximo do ativo envolvido na entrega que, neste caso, são os veículos e todos os recursos envolvidos, entre eles, o próprio motorista. Do ponto de vista das entregas, falar em aumento da produtividade é fazer mais rápido, ou seja, realizar as entregas para os clientes em um tempo menor, com os mesmos recursos.

Conceitualmente, produtividade é a relação entre o que é produzido por uma organização (produto) e os insumos necessários para a sua produção por uma base de tempo. (VALENTE *et al.*, 2008). Ou seja, há um aumento de produtividade ao aumentar o produto e manter o insumo da relação produto-insumo, ou, ainda, diminuir a base de tempo.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar a distribuição urbana e interurbana de carregamentos para verificar o impacto na produtividade da entrega por período, influenciada pela disposição dos carregamentos dentro da carroceria do caminhão.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos visaram:

- Conceituar distribuição de cargas;
- Comentar sobre nível de serviços e produtividade na distribuição de carregamentos;
- Discorrer sobre os dois principais modelos de carregamento de veículos;

- Definir uma forma de mensurar produtividade para os casos em estudo;
- Realizar um estudo de caso;
- Analisar os resultados encontrados.

1.3 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

O sistema de transporte é um dos principais pontos de análise na cadeia logística, pois sua utilização está relacionada diretamente com o processo de atendimento e entrega ao cliente, tornando-se o principal alvo de trabalho das organizações (FLEURY; WANKE; FIGUEIREDO, 2000). Sendo assim, com um sistema de transportes precariamente adaptado para as suas necessidades e demandas do mercado, o cliente fica limitado às realizações das entregas dentro de qualquer possibilidade que se apresente desde que as mercadorias sejam entregues.

Embora o usuário compre o desempenho do sistema de transporte que garanta a entrega rápida, a ele fica reservada apenas a realização da entrega, seja ela quando ocorrer. Esta forma de atendimento precária certamente gera no cliente a insatisfação pela forma com que ele é atendido e faz com que a eficiência de todo o processo, desde a realização do pedido até a entrega efetiva, seja seriamente comprometida, o que gera um enorme desperdício, como a subutilização da capacidade de carga do veículo. Sob o ponto de vista do distribuidor a ineficiência faz com que todos os recursos envolvidos no processo sejam subutilizados e, como consequência, os custos vão além do ideal. Há o comprometimento dos resultados financeiros finais, o que onera o consumidor final, que acaba pagando a conta e diminuindo a competitividade do distribuidor, que fica sem margem de manobra diante de um mercado cada vez mais agressivo e que disputa os mesmos clientes.

Além disso, o número atual de empresas de distribuição e entrega de produtos aos varejistas é extremamente amplo e as opções podem ser tanto de empresas de atuação nacional, regional ou local. Naturalmente, busca-se uma empresa que possua uma variedade de produtos ampla e diversificada para a escolha ser mais simples. É certo, também, que o preço da mercadoria conta bastante para a realização da compra, porém, o nível de serviço é fator de extrema importância para a escolha da empresa que irá atender às necessidades do cliente. A combinação ideal seria uma variedade grande, preços

competitivos que possibilitem ao varejista agregar margem financeira e, finalmente, a rapidez da entrega, considerado um dos cinco objetivos de qualquer prestação de serviço.

1.4 METODOLOGIA

Espera-se, com este trabalho, contribuir com uma análise dos dois principais modelos de carregamento utilizados pelas empresas com foco na distribuição. Estes dois modelos são: As cargas podem ser carregadas dentro do baú sem qualquer critério de separação, ao qual denominamos carga sem separação. A outra é o carregamento separado em ordem por cidade, ou seja a última carga a ser carregada será todo o volume a ser entregue na primeira cidade. Com as análises que serão realizadas neste trabalho espera-se mostrar as principais vantagens e desvantagens de cada um dos modelos no sentido de alcançar o objetivo principal da distribuição, que é oferecer um nível de serviço adequado à expectativa do cliente final evitando-se, assim, frustrá-lo quanto às suas demandas não atendidas. De forma direta o cliente espera ser atendido com a maior rapidez possível, desde a hora da realização do pedido até a realização da entrega em sua porta para que a mercadoria seja ofertada o mais breve possível nas suas gôndolas.

A metodologia de análise utilizou uma parte da pesquisa operacional, em específico a programação linear, o método simplex.

Foi realizada uma dissertação de mestrado no Programa de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia cujo objetivo foi encontrar uma forma de carregamento de veículos semirreboques, também no segmento de distribuição, que maximizasse o carregamento sem causar sobrepeso sobre os eixos (MATOS e SOUZA, 2007). O autor afirma que tinha por objetivo oferecer uma solução que fosse técnica e, ao mesmo tempo, de baixo investimento às empresas do setor de distribuição para que se evitasse excesso de peso sobre os eixos quando do carregamento dos veículos.

Neste trabalho, diferentemente do citado, não houve preocupação com sobrecarga de peso, pois, além de se tratar de veículos médios, as cargas são de pequeno volume e, assim, não houve essa preocupação na formulação da proposta. De forma específica, o objetivo principal foi demonstrar o impacto da forma de carregamento na produtividade das

entregas, demonstrando de forma analítica o quanto uma forma é mais ou menos produtiva que a outra.

Atualmente é comum nos meios de comunicação e mesmo dentro das organizações a preocupação com um atendimento rápido, porém, muitas vezes, esta preocupação fica apenas na teoria. A maioria das empresas distribuidoras passa por dificuldades por optarem por uma forma de carregamento mais simples, que é a do carregamento totalmente misturado, não separado por clientes, porém, elas não têm noção do quanto a decisão pode impactar na sua produtividade.

Espera-se, ainda, com este trabalho, demonstrar como uma ação relativamente simples pode impactar diretamente na rapidez da entrega e, como consequência, viabilizar uma melhora no nível de serviço e na satisfação do cliente criando, assim, a possibilidade da fidelização do cliente, que é o objetivo de qualquer organização.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é constituído de cinco capítulos, organizados da seguinte maneira: o primeiro capítulo apresenta uma abordagem geral da relação da qualidade e produtividade com a realização das entregas, dentro de um contexto urbano de distribuição. De uma forma geral procura-se demonstrar um mercado que a cada dia se torna mais exigente, no qual o nível de serviço de atendimento é fator de diferencial competitivo. O segundo capítulo faz uma revisão bibliográfica sobre os conceitos necessários para a compreensão dos assuntos que serão abordados neste trabalho, que tratam desde os conceitos de transporte, modos, ciclo de pedidos até nível de serviço. O terceiro capítulo aborda a questão da programação linear e modelagem matemática e uma breve apresentação do método Simplex, que foi a ferramenta utilizada na elaboração deste trabalho. O quarto capítulo apresenta um caso em estudo, onde é apresentado um veículo de distribuição de um atacado distribuidor do interior do Estado de São Paulo com a utilização de duas abordagens e quatro carregamentos: dois foram carregados separados por cidade e dois sem separação. Ao longo dos carregamentos os tempos para realização das entregas foram medidos para comparar a produtividade da entrega das duas abordagens. O quinto capítulo apresenta a

conclusão do trabalho, os objetivos alcançados, os resultados, as avaliações necessárias e propostas para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O objetivo deste capítulo é apresentar uma revisão bibliográfica considerando os principais conceitos sobre a distribuição de produtos, facilitando o entendimento das análises aqui abordadas e, assim, contribuir para uma real compreensão do trabalho.

2.1 LOGÍSTICA

Segundo Ballou (1993), a logística não tem o mesmo significado para todas as pessoas, inclusive para aquelas que estão ativamente engajadas no assunto. Até o momento o campo não tem um título único para identificá-lo, como fizeram com os setores de marketing e produção. Uma amostra do *National Council of Physical Distribution Management* (Conselho Nacional de Administração de Distribuição Física, norte-americano) mostrou que a área é representada por nomes como transportes, distribuição, distribuição física, suprimentos e distribuição, administração de materiais, operações e logística. Apesar de a distribuição física ser o título mais popular, neste texto a disciplina é chamada de logística empresarial, considerado o título do futuro, que implica tanto suprimento físico como a distribuição física.

Para Novaes (2007) o conceito de logística, na sua origem, estava essencialmente ligado às operações militares. Ao decidir avançar suas tropas seguindo uma determinada estratégia militar, os generais precisavam ter, sob suas ordens, uma equipe que providenciasse o deslocamento, na hora certa, de munição, víveres, equipamentos e socorro médico para o campo de batalha. Por se tratar de um serviço de apoio sem o “charme” da estratégia bélica e sem o prestígio das batalhas ganhas, os grupos logísticos militares quase sempre trabalhavam em silêncio. Foi o que ocorreu, também, com as empresas durante um bom período de tempo. Uma indústria precisa transportar seus produtos da fábrica para os depósitos ou para as lojas de seus clientes; precisa providenciar e armazenar a matéria-prima em quantidades suficientes para garantir os níveis de fabricação planejados. Por

outro lado, em razão das descontinuidades entre ritmo de produção e de demanda, precisa manter produtos acabados em estoque. Todas estas atividades citadas anteriormente eram antigamente consideradas atividades de apoio, inevitáveis. Os executivos entendiam então que, no fundo, tais operações não agregavam qualquer valor ao produto. Dentro da organização empresarial, este setor que era focado na operação era encarado como um mero centro de custo, sem maiores implicações estratégicas e de gerações de negócio. No entanto, tais conceitos perderam força e a logística passou a ser fator de extrema importância para a estratégia da empresa de garantir a disponibilidade do produto onde houver necessidade ou demanda.

Para uma entidade de profissionais de logística, o *Council of Logistics Management*, norte-americano, logística é o processo de planejar, implantar e controlar eficientemente o fluxo e a armazenagem de produtos, bem como os serviços de informações associados, cobrindo desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender aos requisitos do consumidor.

Segundo Ballou (2007), logística é uma atividade ligada a serviços e de extrema competitividade para as organizações. São consideradas as partes de todas as atividades de movimentação e armazenagem necessárias, que contribuem para o fluxo de produtos do ponto de aquisição da matéria-prima, distribuição física até o local de consumo final, como também dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento em que são obtidos níveis de serviço satisfatórios aos clientes, a um custo competitivo.

Bertaglia (2009) afirma que logística pode ser definida como sendo a junção de quatro atividades básicas: as de aquisição, movimentação, armazenagem e entrega de produtos. O sucesso dessas atividades pode ser percebido na cadeia de suprimentos, de forma integrada.

Logística é o processo de gerenciamento estratégico da compra, do transporte e da armazenagem de matérias-primas, partes e produtos acabados (além dos fluxos de informações relacionados) por parte das organizações e de seus canais de marketing, de tal modo que a lucratividade atual e futura sejam maximizadas mediante a entrega de encomendas com o menor custo associado (CHRISTOPHER, 2009).

Além do foco operacional da logística, que trata da execução dos processos em si, a logística, segundo Novaes (2007), tem um papel muito importante no processo de disseminação da informação podendo ajudar positivamente, caso seja bem equacionada, ou prejudicar seriamente os esforços mercadológicos, quando for mal formulada. Isso porque a logística é, na empresa, o setor que dá condições práticas de realização das metas definidas pelo setor de marketing. Sem ela, tais metas não têm condições de se concretizarem.

Pode-se afirmar, que a logística é que proporciona condições reais de garantir a posse do produto por parte do consumidor, na hora desejada. No Brasil é comum datas de entregas não serem cumpridas e isso, certamente, passa pela deficiência do sistema logístico da empresa. O efeito negativo que tais deficiências acarretam na imagem da empresa não é avaliado. Porém, sem dúvida é bem significativa. Ainda segundo Novaes (2007), empresas de entregas rápidas, como *Federal Express* e UPS cresceram de forma vertiginosa por oferecerem serviços confiáveis, com prazos predefinidos, possibilitando aos varejistas cumprirem suas promessas aos clientes.

Assim, pode-se afirmar que a logística existe para satisfazer as necessidades do cliente, facilitando as operações relevantes de produção e marketing. Do ponto de vista estratégico, procura-se atingir uma qualidade predefinida de serviço ao cliente por meio de uma competência operacional que represente o estado da arte. O desafio é equilibrar as expectativas de serviços e os gastos de modo a alcançar os objetivos do negócio (BOWERSOX; CLOSS, 2009).

A importância da logística dentro da empresa, com uma condução eficaz, pode fornecer uma importante vantagem competitiva, ou seja, uma posição de superioridade em relação aos concorrentes, maximizando a preferência do cliente na escolha de seu fornecedor ou prestador de serviço.

2.2 ATIVIDADE DE TRANSPORTE

Segundo Ballou (2008), as atividades a serem gerenciadas que compõem a logística empresarial variam de acordo com as empresas, dependendo, entre outros fatores, da

estrutura organizacional, das diferentes conceituações dos respectivos gerentes sobre o que constitui a cadeia de suprimentos e da importância das atividades específicas para as suas operações.

Pode-se dividir a logística empresarial em dois segmentos macros: abastecimento físico, que trata normalmente da ligação entre as fontes de abastecimento para a indústria produtora; e a distribuição física, que trata da ligação entre a indústria produtora e os clientes, que podem ser os intermediários que fazem efetivamente as entregas aos consumidores finais ou os próprios. Dentro de ambos os segmentos, o transporte é a atividade chave para o sucesso das operações logísticas. A diferença entre eles é que, dentro do primeiro segmento, há a característica de transporte de grandes volumes, normalmente de carga lotação que é o transporte de grandes volumes em entregas únicas e utilizando-se de veículos de grande capacidade de transporte. Já no segundo, o foco está nas entregas de pequenos volumes, altamente fracionados, com entregas múltiplas e vários clientes diferentes, muitas vezes em mais de uma cidade e utilizando-se de veículos de pequeno porte.

Segundo Ballou (2008), o transporte normalmente representa o elemento mais importante em termos de custos logísticos para inúmeras empresas. A movimentação de carga absorve de um a dois terços dos custos logísticos totais. Por isso, deve-se buscar a eficiência máxima da relação custo de transporte com a qualidade oferecida pelo serviço, já que a sensibilidade do cliente está certamente nas condições que o mesmo recebe seus produtos, condições essas traduzidas em nível de serviço.

Segundo Caixeta-Filho e Martins (2007), se o sistema de transporte não funciona adequadamente há comprometimento das atividades econômicas, com adicional elevação nos custos. O resultado é traduzido em redução de competitividade dos produtos no mercado internacional e em preços mais altos no mercado doméstico. Nota-se, com isso, que o transporte, caso seja regido de forma eficaz, garante uma rentabilidade maior para a organização, além de proporcionar uma elevação na disponibilidade de bens ao consumidor, uma vez que permite à sociedade acesso a produtos produzidos fora de seu ambiente evitando, com isso, a existência de monopólios, provocados pelo isolamento geográfico na produção e na comercialização de mercadorias.

Para Locklin (1954 *apud* CAIXETA-FILHO; MARTINS, 2007) o mais importante efeito de reduções nos custos de transportes está na redução do custo dos bens, seja na comercialização, seja na aquisição de insumos.

Pode-se afirmar, dessa forma, que o transporte tem papel primordial nos elementos considerados prioritários para o desenvolvimento de qualquer nação. Melhorias no transporte acabam refletindo de forma direta ao estimular a indústria e vice-versa. Essa relação muito próxima permite fazer comparações entre países em diferentes estágios de desenvolvimento econômico. Para Caixeta-Filho e Martins (2007) a comparação da extensão de rodovias pavimentadas, da relação número de carros/população e da densidade de tráfego ferroviário, entre países, tomando-se por base que o fluxo de mercadorias é, em grande parte, reflexo das potencialidades de produção de riquezas, pode servir de indicador do desenvolvimento local.

Segundo Ballou (1993), o transporte refere-se aos vários métodos para se movimentar os produtos. Algumas das alternativas populares são os modos rodoviário, ferroviário e aeroviário. A administração da atividade de transporte geralmente envolve decidir quanto ao método de transporte, aos roteiros, que são os caminhos da origem ao destino, e à utilização da capacidade do veículo.

Assim, pode-se afirmar que o transporte tem a função básica de proporcionar elevação na disponibilidade de bens ao permitir o acesso a produtos que de outra forma não estariam disponíveis para uma sociedade ou o estariam apenas a um elevado preço. Tem, assim, a função econômica de promover a integração entre sociedades que produzem bens diferentes (CAIXETA-FILHO; MARTINS, 2007).

2.2.1 Infraestrutura de transporte

A visão do profissional de logística em relação aos serviços de transportes mudou muito nos últimos 15 anos. Anteriormente, o serviço de transporte era considerado um serviço corriqueiro e, muitas vezes, considerado uma mercadoria, como carvão e grão. Havia

muito pouca diferença de preço ou qualidade entre os fornecedores de serviços de transporte.

Atualmente, há uma ampla variedade de alternativas de transporte de produtos e matérias-primas que jamais existiu. Uma empresa pode, por exemplo, optar por contratar um serviço eventual de transporte, ter seu próprio transporte ou fechar vários contratos com diferentes transportadores especializados. As opções de serviço incluem emissão de faturamento, disponibilidade de informações, responsabilidade pelos produtos e serviços de coleta e entrega. As transportadoras e os embarcadores têm agora flexibilidade para negociar a responsabilidade por todas as atividades relacionadas com transportes (BOWERSOX; CLOSS, 2009).

O transporte é um dos elementos mais visíveis das operações logísticas. Caminhões e trens são vistos transportando produtos ou estacionados em depósitos de distribuição. Embora essa visão apresente uma noção razoável da natureza dos serviços de transporte, ela não propicia maior conhecimento sobre o papel do transporte nas operações de logística.

Bowersox e Closs (2009) afirmam que a funcionalidade do transporte tem duas funções principais: movimentação e armazenagem de produtos, conforme a seguir:

Movimentação de produtos: O transporte é necessário para movimentar os produtos até a fase seguinte do processo de fabricação ou até um local fisicamente mais próximo ao cliente final, estejam os produtos nas formas materiais, componentes, subconjuntos, produtos semiacabados ou produtos acabados. O transporte movimenta produtos para frente e para trás na cadeia de agregação de valores. Como utiliza de recursos temporais, financeiros e ambientais, é importante que o movimento seja feito apenas quando realmente há aumento do valor dos produtos.

O transporte utiliza recursos temporais, já que o produto transportado torna-se inacessível durante o transporte. Produtos no estágio de transporte, normalmente conhecido como estoque em trânsito, tornam-se uma questão importante à medida que várias estratégias que envolvem a cadeia de suprimento, como a prática de *Just-in-time*, visam reduzir os estoques das fábricas e dos centros de distribuição.

O transporte utiliza recursos financeiros, porque são necessários gastos internos para manter uma frota própria ou gastos externos para a contratação de terceiros. As despesas resultam do trabalho de motoristas, dos custos operacionais de veículos e de eventual apropriação de custos gerais e administrativos. Além disso, devem ser consideradas despesas decorrentes de possíveis perdas ou danos aos produtos.

O transporte utiliza de recursos ambientais tanto direto quanto indiretamente. De forma direta, ele é um dos maiores consumidores de energia (combustível e óleo lubrificante) na economia dos Estados Unidos (EUA). Na verdade ele consome aproximadamente 67% de todo petróleo do país. Embora o nível de consumo tenha diminuído com o passar dos anos em virtude de práticas operacionais e veículos mais eficientes e econômicos, é provável que ele permaneça estável no futuro em decorrência de operações globais crescentes que exijam distância de transporte relativamente maiores. Indiretamente, o transporte causa danos ambientais em consequência de congestionamentos, poluição do ar e poluição sonora. Embora seja cada vez mais comum apurar os custos com o meio ambiente, eles não cobrem todos os aspectos da questão.

O principal objetivo do transporte é movimentar produtos de um local de origem até um determinado destino minimizando ao mesmo tempo os custos financeiros, temporais e ambientais. As despesas de perdas e danos também devem ser minimizadas. Ao mesmo tempo, a movimentação deve atender às expectativas de clientes em relação ao desempenho das entregas e a disponibilidade de informações relativas aos carregamentos transportados.

Estocagem de produtos: Uma função menos comum nos transportes é a estocagem temporária. Os veículos representam um local de estocagem bastante caro. Entretanto, se o produto em trânsito precisa ser estocado para ser movimentado novamente em curto período de tempo (por exemplo, em poucos dias), o custo com a descarga e o recarregamento do produto em um depósito pode exceder a taxa diária de uso do próprio veículo de transporte.

Quando o espaço do depósito é limitado, a utilização dos veículos de transporte para guarda dos produtos pode tornar-se uma opção viável. Um dos métodos é o transporte dos produtos por itinerário mais longo até seu destino, com maior tempo de trânsito. Essa é uma opção quando o depósito de origem ou de destino possui capacidade limitada de armazenagem. Nesse caso, o veículo de transporte é utilizado como uma opção de armazenagem temporária, permanecendo em movimento e não ocioso.

Em suma, embora a armazenagem de produtos em veículos de transporte envolva um custo muito alto, ela pode ser justificada por uma perspectiva de melhor desempenho ou custo total, quando considerados os custos de carga e descarga, restrições de capacidade ou a possibilidade de aumento dos tempos de viagem e de espera.

2.2.2 Aspectos básicos da economia e da formação de preço de transporte

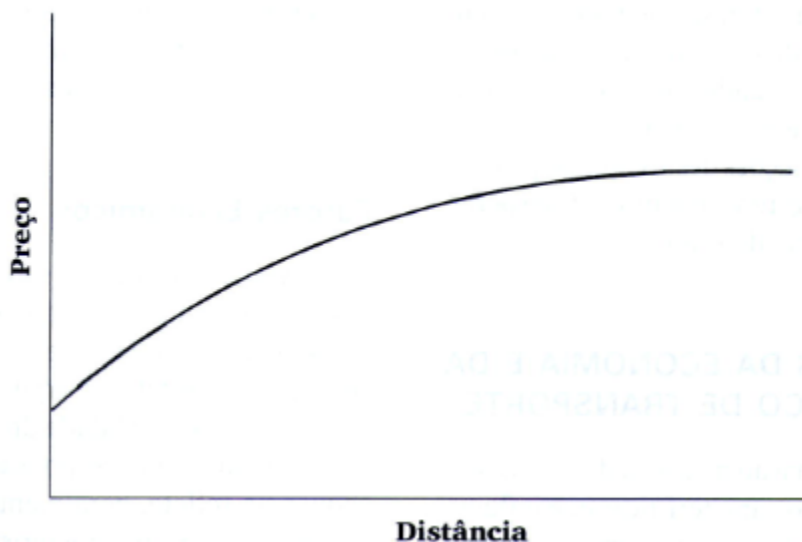
Para Bowersox e Closs (2009) a economia e formação de preço de transporte dependem dos fatores e das características que influenciam custos e taxas. Para desenvolver uma estratégia logística eficaz, e negociar com sucesso contratos de transporte, é necessário compreender os aspectos econômicos da atividade. A abordagem da economia e da formação de preço de transporte cobre necessariamente três tópicos. Primeiramente, estão os fatores que afetam a economia de transporte. Em segundo lugar, as estruturas de custo que decorrem da apropriação de despesas. Finalmente, existem as estruturas de taxas de fretes que são fundamentais para os preços cobrados aos clientes.

Fatores econômicos: A economia de transporte é afetada por sete fatores. Embora não sejam componentes explícitos das tabelas de frete, cada um desses fatores é considerado em seu cálculo. Eles são distância, volume, densidade, facilidade de acondicionamento, facilidade de manuseio, responsabilidade e mercado. A seguir são apresentadas suas características.

- **Distância:** A distância é um dos principais fatores dos custos de transporte, porque afeta diretamente os custos variáveis, como o combustível, a manutenção e algumas vezes, a mão de obra. Na Figura 1 é mostrada a relação usual entre distância e custo de transporte e indica dois pontos importantes. Em primeiro lugar a curva de custo não se inicia na origem do eixo, porque existem custos relativos à coleta e a entrega

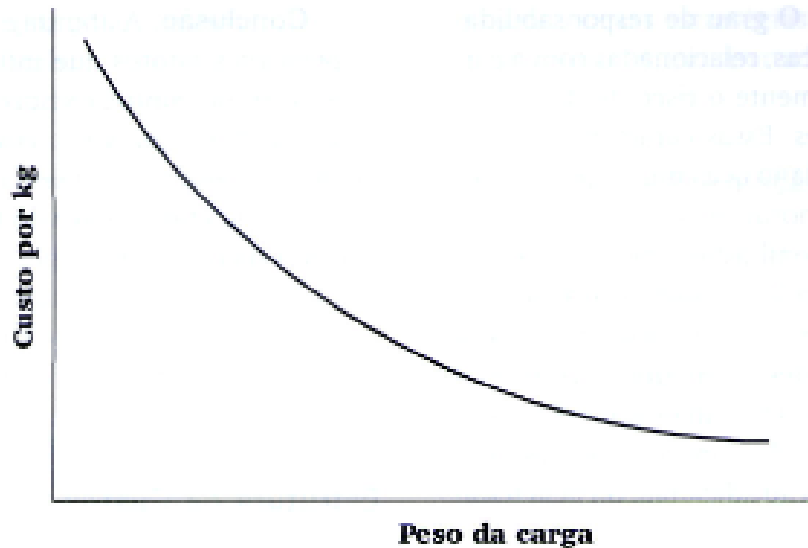
do carregamento que independem da distância. Em segundo lugar, a curva de custo aumenta a uma taxa decrescente em relação à distância. Essa característica é conhecida como princípio da diluição, que resulta do fato de que viagens mais longas tendem a ter uma percentagem mais alta de quilometragem intermunicipal do que quilometragem urbana. As viagens intermunicipais tendem a serem menos dispendiosas, pois cobrem distâncias maiores com as mesmas despesas de combustível e mão de obra, como resultado de velocidades mais altas e não têm paradas intermediárias frequentes, aos quais aumentam os custos de carga e descarga, típicos de serviços urbanos.

Figura 1 – Relação usual entre distância e preço de transporte.



Fonte: Bowersox; Closs (2009).

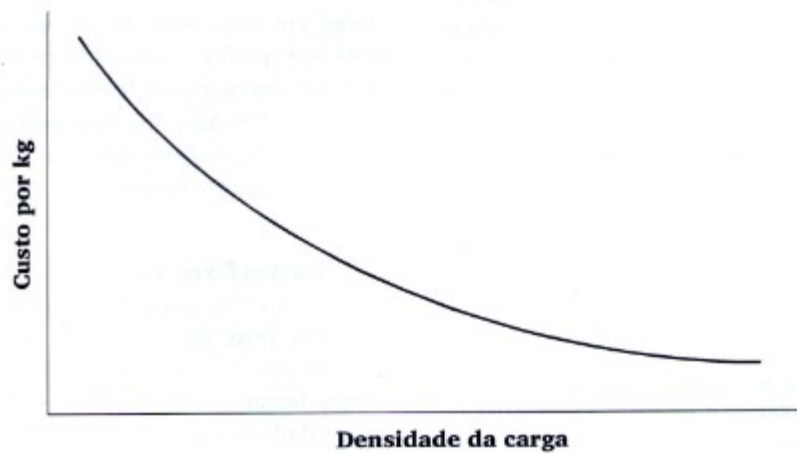
- **Volume:** O segundo fator é o volume de carga. Como muitas outras atividades logísticas, existe economia de escala em transporte para a maioria das viagens. Na relação ilustrada na Figura 2 conclui-se que o custo de transporte por unidade de peso diminui à medida que o peso do carregamento aumenta. Isso acontece porque os custos fixos de coleta e de entrega, bem como os custos administrativos, são diluídos num volume de carga maior. A relação é limitada ao espaço máximo do veículo, como, por exemplo, uma carroceria de caminhão. Uma vez lotado o veículo, a relação repete-se para um segundo veículo. Um pormenor importante para um bom gerenciamento é o cuidado de consolidar pequenos carregamentos em maiores a fim de obter vantagem da economia de escala.

Figura 2 – Relação entre peso e custo por kg de transporte

Fonte: Bowersox e Closs (2009).

- Densidade: O terceiro fator econômico é a densidade do carregamento, que é a relação entre peso e espaço. É importante porque o custo de transporte é normalmente cotado por unidade de peso, por tonelada ou por quilograma. No tocante a peso e espaço, geralmente um veículo tem mais limitação de espaço do que de peso. Uma vez lotado o veículo, não é possível aumentar a quantidade a ser transportada, ainda que a carga seja leve. Como as despesas de mão de obra e de combustível do veículo não são substancialmente afetadas pelo peso, carregamentos de maior densidade permitem que custos relativamente fixos de transporte sejam diluídos por pesos maiores. Como resultado, os carregamentos incorrem em custos mais baixos de transporte por unidade de peso. Na Figura 3 é mostrado o declínio do custo de transporte por unidade de peso, à medida que a densidade do carregamento aumenta.

Figura 3 – Relação usual entre densidade e custo por kg de transporte.



Fonte: Bowersox e Closs (2009).

- **Facilidade de acondicionamento:** A facilidade de acondicionamento depende das dimensões das unidades do carregamento e da forma como elas afetam a utilização de espaço no veículo. Formas e tamanhos estranhos, bem como pesos e dimensões excessivos não se acomodam bem e geralmente causam desperdício de espaço. Embora a densidade e a facilidade de acondicionamento tenham o mesmo efeito, há carregamentos da mesma densidade que se acomodam de maneira diferente. Unidades com formas retangulares padronizadas são muito mais fáceis de serem acondicionadas do que formas peculiares.
- **Facilidade de manuseio:** Para carregar e descarregar caminhões podem ser necessários equipamentos especiais de manuseio. A maneira pela qual as mercadorias são agrupadas fisicamente (amarradas, paletizadas, encaixotadas), para transporte e armazenagem também afeta o custo de manuseio.
- **Responsabilidade:** O grau de responsabilidade inclui seis características, relacionadas com a carga, que afetam, principalmente, o risco de danos e a incidência de reclamações. Essas características são suscetibilidade de dano ocasionado, dano ocasionado pelo veículo, possibilidade de deterioração, suscetibilidade de roubo, de combustão espontânea ou de explosão e valor por unidade de peso. As transportadoras necessitam contratar seguro para se

protegerem contra possíveis reclamações, ou assumir responsabilidade por qualquer dano.

- Mercado: Por último, os fatores de mercado, como intensidade e facilidade de tráfego, afetam o custo de transporte. Uma rota de transporte é um itinerário entre os pontos de origem e de destino. Como os veículos e seus motoristas têm de retornarem à sua origem, é necessário conseguir sempre que possível e viável operacionalmente uma carga de retorno, para evitar que o veículo volte vazio. Quando é feita a opção de voltar vazio, os custos da viagem de retorno devem ser apropriados à viagem inicial.

2.2.3 Estrutura de custos

Os custos de transportes podem ser classificados em várias categorias. Segundo Bowersox e Closs (2009) a apropriação correta dos custos de transportes é uma preocupação fundamental e elas podem ser classificadas conforme a seguir:

- Custos Variáveis: São custos que se alteram de maneira direta e previsível em relação a determinado tipo de atividade, em dado período. Os custos variáveis só podem ser evitados se o veículo não operar. A não ser em situações excepcionais, as taxas de frete devem cobrir pelo menos os custos variáveis. A categoria variável inclui custos diretos da transportadora inerentes ao transporte de cada carregamento. Esses custos são geralmente referidos como custo por quilômetro ou por unidade de peso. Os componentes normais de custo dessa categoria incluem o combustível, a manutenção, óleos lubrificantes e, algumas vezes, em casos bem particulares, a mão de obra.
- Custos Fixos: São custos que não se alteram em curto prazo e são incorridos ainda que a empresa deixe de operar, por exemplo, durante um feriado ou greve. Essa categoria de custos inclui custos da transportadora não afetados, diretamente, pela quantidade de carga movimentada. No caso podem ser citados custos de terminais, direitos de acesso, sistemas de informação, depreciação de veículos, IPVA, seguro obrigatório e, na maioria dos casos, os custos da mão de obra.

- Custos Conjuntos: São custos inevitavelmente criados por decisões de prestar serviço especial. Quando, por exemplo, uma transportadora decide levar uma carga de um ponto A a um ponto B há nela, também, uma decisão implícita de assumir um custo de retorno, da volta do ponto B para o ponto A. Neste caso o custo de retorno deve ser coberto pela receita original de A para B. Custos derivados têm impacto significativo no preço do transporte, pois sempre haverá fretes de retorno para voltar à sua origem carregado.
- Custos Comuns: Essa categoria inclui custos incorridos para atendimento de todos os clientes ou um segmento de clientes. Custos normais como administrativos e de terminais são conhecidos como *overhead*.

2.3 TRANSPORTE DE CARGA EM ÁREA URBANA

A questão dos carregamentos nas áreas urbanas remonta à própria história da urbanização, quando os bens que eram consumidos nas áreas urbanas tinham que acessar, adentrar e circular nesses espaços, geralmente adensados em termos populacionais e edificacionais e com vias de acessos estreitos com baixa capacidade de circulação. As condições urbanas eram impostas pelo desenvolvimento tecnológico da infraestrutura sanitária e dos transportes da época (CAIXETA-FILHO; MARTINS. 2007).

Entende-se a urbanização como o fenômeno do agrupamento social que geralmente está distante de suas fontes de alimentos, matérias-primas e insumos, do comércio e dos locais da deposição de seus resíduos. Assim, é prioritário um sistema de transporte de cargas que possa sustentá-la em todas estas demandas.

O problema dos carregamentos nas áreas urbanas deve ser focado como uma questão específica que merece tratamento especial diante das dificuldades que o setor de cargas está sujeito. Essas dificuldades estão, principalmente, na tarefa de movimentação de bens dentro das áreas urbanas e nos transtornos causados dentro dessas áreas.

De acordo com Crainic (2008), o transporte de carga é um dos principais fatores perturbadores para a vida urbana, que pode gerar transtornos no movimento de veículos, congestionamentos, problemas no estacionamento e, ainda, é um grande gerador de poluição nas áreas urbanas. Para se ter uma dimensão das perturbações foi verificado, em cidades francesas, por exemplo, que os veículos de transporte de mercadorias consomem, em média, 30% da capacidade de rua da cidade, dois terços representados por estacionamento para entrega. Em média, para treze cidades norte-americanas, o transporte de carga representa cerca de 10% do total de veículos/km percorridos dentro das cidades, a mesma medida para as três maiores cidades francesas variou de 13% a 20%. As emissões de óxidos de enxofre são, também, fonte de preocupação, por exemplo, 43 % de óxidos de enxofre (SO_x) e 61% de partículas em Londres, Reino Unido, são de origem no transporte de carga.

Para Caixeta-Filho e Martins (2007), historicamente, o transporte de cargas sempre teve importância capital para o desenvolvimento da sociedade urbana, tornando-se absolutamente essencial para a vida moderna da civilização. A característica dos carregamentos urbanos é universal, permitindo uma visão panorâmica sobre a condição de que nenhuma área urbana poderia existir sem um massivo, confiável e sustentável fluxo de mercadorias direcionadas a ela e dentro dela exigindo, assim, consideração especial nas políticas urbanas, no planejamento dos transportes urbanos e na configuração especial das cidades. Ainda segundo Caixeta-Filho e Martins (2007) três áreas principais devem ser categorizadas por conter tópicos relacionados diretamente com cargas urbanas: desenvolvimento econômico, desempenho de transporte de cargas e minimização de impactos adversos.

Desenvolvimento econômico: O desenvolvimento econômico gerado em uma área urbana decorrente da movimentação de carregamentos é muito expressivo em termos de economia local, regional, estadual, nacional e até internacional, tanto pela parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) que seus custos normalmente representam, comparando-se ao transporte de passageiros, como em termos de vantagem competitiva das cidades em termos econômicos que advém do transporte de carregamentos.

Desenvolvimento do transporte de cargas: A eficiência e a eficácia dos carregamentos urbanos estão relacionadas às mercadorias internamente nas cidades e incluem responsabilidades, tanto do poder público quanto do privado. As responsabilidades do setor público, que visam melhorias no desempenho de transporte de cargas são, basicamente, as seguintes:

- Adequação e infraestrutura viária e de obras de arte para caminhões como, por exemplo, ruas, avenidas, estradas, pontes, viadutos, túneis etc.;
- Adequação de áreas urbanas, estabelecendo regulamentação de horários para carga e descarga, especialmente nas áreas centrais das cidades;
- Destinação de facilidades de transferência intermodal de cargas nos maiores terminais portuários ou em seu entorno, seja em zona primária seja em secundária (portos, aeroportos, portos secos);
- Adequação de áreas para terminais de cargas em locais apropriados e com adequados controles, a fim de permitir a operação 24 horas por dia;
- Introdução de medidas que melhorem o desempenho dos caminhões, incluindo semaforização coordenada, ligação da área industrial por vias expressas, eficiência na sinalização vertical e horizontal e, até mesmo, realocação de terminais de cargas.

À primeira vista, parecem questões de rotina, mas a realidade dos fatos mostra a necessidade de um tipo de incremento, começando por considerar a movimentação de cargas urbanas como parte essencial ao funcionamento dos sistemas urbanos e como parte integral das políticas urbanas e do planejamento urbano, com checagem das práticas existentes e verificação de sua apropriação e pertinência.

Minimização de impactos: São aqueles tópicos focalizados, principalmente, nos efeitos adversos advindos da entrega de cargas nas cidades, que incluem:

- Redução dos congestionamentos e lentidão do tráfego pela adoção do controle de horário para a operação de caminhões;
- Redução dos ruídos dos caminhões pelo controle baseado em critérios e métodos operacionais de checagem veicular até restrições de áreas e horários para caminhões no meio urbano;
- Limitação do acesso de caminhões aos bairros residenciais, preservando as condições habitacionais e amenidades locais dessas áreas urbanas;

- Minimização do envolvimento dos caminhões em acidentes viários urbanos por meio de medidas de controle e fiscalização.

No entanto, todas as medidas são largamente praticadas em todo o mundo, mas em muitos casos não foram associadas a uma análise de suas consequências e dos resultados em termos de produção, sendo raros os casos em que, na introdução desses procedimentos, houve clara avaliação dos custos para as atividades urbanas.

2.4. VALOR DO PRODUTO AO CLIENTE

O sucesso ou o fracasso de qualquer negócio será determinado pelo nível de valor entregue ao cliente nos mercados. O valor para o cliente pode ser definido, de forma simples, como a diferença entre os benefícios percebidos de uma transação qualquer, e os custos totais incorridos para realização do mesmo. Ainda, o valor para o cliente pode ser expresso pelo consciente entre as percepções de benefícios pelo custo total de propriedade. Diz-se custo total de propriedade ao invés de preço, já que se podem ter custos significativos além do preço, tais como custos de manutenção, processamento e baixas no estoque. Assim, os benefícios em uma transação serão maiores que as características tangíveis do produto. Para exemplificar podem ser citados dois produtos concorrentes em que haja pouca diferença entre os dois em termos de desempenho técnico, porém, um deles pode ser superior em termos do que oferece como suporte ao cliente. Desta forma, as empresas que entregam mais valor ao cliente que seus concorrentes, ou seja, sua relação custo benefício é mais atraente que a de outras empresas que atuam no mesmo segmento de mercado, estarão em vantagem competitiva.

Para Christopher (2009) o gerenciamento logístico é quase único em sua capacidade de causar impacto, tanto no numerador quanto no denominador da relação de valor para o cliente. A relação é expressa pelo consciente entre qualidade multiplicada por serviço pelo custo multiplicado por tempo. São definidos quatro elementos:

Qualidade: a funcionalidade, o desempenho e a especificação técnica da oferta;

Serviço: a disponibilidade, o suporte e o compromisso com o cliente;

Custo: os custos de transação do cliente, incluindo preços e custos derivados do ciclo de vida;

Tempo: o tempo necessário para responder às exigências do cliente, por exemplo, tempo de espera para a entrega.

Cada um desses quatro elementos requer um constante programa de aperfeiçoamento, inovação e investimento, para assegurar contínua vantagem competitiva.

Valor é o montante que os compradores estão dispostos a pagar por aquilo que uma empresa, ou indivíduo, lhe oferece. O valor não é medido pelo custo final, mas sim pela receita total resultante do preço que a empresa estabelece para o produto, em função do mercado e do número de unidades que ela pode vender. Há rentabilidade quando a soma dos custos envolvidos na geração do produto for menor que o valor que ela consegue estabelecer para ele. A meta de uma empresa moderna e competitiva é a de aumentar ao máximo o valor agregado de seus produtos, ao mesmo tempo em que busca minimizar os custos globais da cadeia de suprimentos (NOVAES, 2007).

Desta forma, a gestão dos custos da logística como um todo e, principalmente o transporte, pode contribuir de forma significativa para melhorar a relação, já que segundo Ballou (1993), para a maioria das empresas o transporte é a atividade logística mais importante simplesmente porque absorve, em média, de um a dois terços dos custos logísticos. É essencial, pois nenhuma empresa moderna pode operar sem providenciar a movimentação de sua matéria-prima ou de seus produtos acabados de alguma forma.

2.4.1 Serviço logístico ao cliente

Dentro do contexto de gestão da logística o serviço logístico oferecido tornou-se uma condição importante à construção e manutenção de relacionamentos mais próximos com clientes e fornecedores, uma vez que possui um efeito positivo sobre a satisfação do cliente e, portanto, sobre a lealdade estabelecida na relação cliente-fornecedor.

O serviço ao cliente é o componente que diferencia a logística moderna da abordagem tradicional, já que, atualmente, a importância não reside somente na busca pela eficiência operacional, mas também pelo atendimento das necessidades dos clientes (FLEURY; WANKE; FIGUEIREDO, 2000).

Desta forma, segundo Bowersox e Closs (2009), a logística contribui para o sucesso da organização fornecendo aos clientes entregas precisas de produtos e dentro de prazos. A pergunta chave é: Quem é o cliente? Do ponto de vista logístico o cliente é a entidade à porta de qualquer destino de entrega. Destinos típicos vão desde a residência do consumidor, as empresas varejistas e atacadistas até os locais de recebimento das fábricas e os depósitos das empresas. Em algumas organizações o cliente é outra organização ou o indivíduo que está tomando posse do produto ou serviço entregue. Em várias outras situações o cliente é uma instalação diferente da mesma empresa ou um parceiro comercial situado em alguma outra parte da cadeia de suprimento. Independentemente do motivo e da finalidade da entrega, o cliente atendido é o foco e a força motriz para o estabelecimento dos requisitos de desempenho logístico.

A função logística busca oferecer um serviço ao cliente de qualidade superior e de baixo custo, gerando valor para os clientes. Assim, os serviços logísticos têm grande potencial como instrumento de diferenciação de uma empresa. Para Christopher (2009) a fonte de vantagem competitiva está, em primeiro lugar, na capacidade da organização de se diferenciar, aos olhos do cliente, de seus concorrentes, e em segundo lugar, em operar a um custo menor e, portanto, com mais lucro. Taboada (2002) verificou que o serviço ao cliente é a capacitação mais importante na busca do sucesso empresarial. Além disso, Ballou (2007) afirma que o serviço logístico está relacionado à geração de receitas e, assim, os processos da cadeia estão na base da elaboração de uma estratégia da cadeia de suprimentos, que visam gerar certo nível de serviço logístico ao cliente.

Na logística, serviço ao cliente é oferecer utilidade de tempo e lugar na transferência de bens e serviços entre comprador e vendedor. Ou seja, não há nenhum valor no produto ou serviço até estar nas mãos do cliente ou consumidor. Daí, conclui-se que tornar o produto ou serviço disponível é, em essência, o significado da função distribuição em um negócio. Disponibilidade é um conceito complexo que envolve um conjunto de fatores que, juntos,

constituem o serviço ao cliente. Esses fatores podem incluir frequência de entrega e confiabilidade, níveis de estoques e tempo gasto no ciclo dos pedidos, por exemplo. De fato, pode-se afirmar que o serviço ao cliente é determinado pela interação de todos os fatores que afetam os processos pelos quais produtos e serviços são ofertados ao comprador (CHRISTOPHER, 2009).

Os objetivos do serviço logístico são sete, mais especificamente: entregar o produto certo; na quantidade certa; dentro do tempo de entrega requisitado; na condição certa (sem avarias); para o cliente certo; no local especificado; e a um custo aceitável.

Para tanto, o fator tempo de ciclo, que é o tempo total gasto desde a realização do pedido pelo cliente até a entrega efetiva do mesmo no seu estabelecimento comercial é o que desperta no cliente a sua percepção do nível de serviço. Ou seja, quanto mais rápido for a entrega melhor para o cliente. Isso se torna fácil de entender ao verificar que o cliente trabalha muitas vezes com seu estoque “enxuto”, com giro de poucos dias e confia nas entregas para fazer o reabastecimento e, assim, evitar a ruptura de estoque. A ruptura de estoque nada mais é que a indisponibilidade da mercadoria no ato da compra pelo consumidor final, isto porque o foco básico da venda de qualquer mercadoria está localizado no estoque.

De acordo com Taniguchi, Thompson e Yamada (2001) o significado do serviço ao cliente variou ao longo do tempo: nas décadas de 1970 e 1980 o serviço era relativo às reclamações do cliente e orientado pela oferta da empresa, o que a empresa poderia fazer. A partir do final da década de 1980 o serviço ao cliente passou a ser visto como uma maneira de agregar valor e de manter e desenvolver mercados, por meio da antecipação e da superação da expectativa dos clientes.

Observa-se que o comportamento do consumidor, nas suas compras, tende a ser cada vez mais complexo e a competitividade das empresas também torna o mercado extremamente agressivo. Assim, para que as empresas sobrevivam neste ambiente são necessárias soluções criativas e eficazes no atendimento dos clientes.

Para se oferecer o serviço ao cliente de forma que o mesmo seja atendido com eficiência é necessário que a capacidade de prestação de serviço tenha preocupação com alguns fatores primordiais. Para Bowersox e Closs (2009) os fatores são:

Disponibilidade: A disponibilidade é a capacidade de ter o produto no estoque no momento em que ele é desejado pelo cliente. Ela pode ser obtida de várias maneiras. A prática mais comum é armazenar estoque em antecipação aos pedidos dos clientes. Este fator tem relação direta com a localização dos depósitos.

Frequência de falta de estoque: A frequência de falta de estoques mostra a fragilidade ou a adequação do estoque disponível para atender os clientes. Em outras palavras, esta medida indica se um produto está disponível para ser enviado ao cliente.

Índice de disponibilidade: Mede a magnitude ou o impacto das faltas de estoque no decorrer do tempo. O simples fato de um produto estar fora de estoque não significa necessariamente o não atendimento ao cliente. Antes que uma falta de estoque afete o desempenho do serviço é necessário avaliar a necessidade do cliente.

Expedição de pedidos completos: Os pedidos expedidos completos são uma medida de capacidade da empresa de ter disponível estoque para atender todo pedido de um cliente. É uma medida rigorosa, uma vez que considera a disponibilidade total como padrão de desempenho aceitável.

Ainda segundo Bowersox e Closs (2009) o desempenho operacional pode ser avaliado segundo os seguintes critérios:

Velocidade: A velocidade do ciclo de atividades é medida pelo tempo decorrido desde o momento em que um pedido é colocado até a chegada da remessa ao cliente. Esse aspecto deve ser analisado do ponto de vista do cliente.

Consistência: Embora a velocidade do serviço seja essencial, a maioria das organizações dá mais importância à consistência. Consistência é a capacidade de a empresa executar seus serviços dentro dos prazos de entrega esperados de maneira constante. A falta de

consistência obriga o cliente a manter estoques de segurança maiores para se proteger de possíveis atrasos nas entregas.

Flexibilidade: É a capacidade da empresa de lidar com solicitações extraordinárias de serviço dos clientes. A competência logística das empresas está diretamente relacionada com a maneira como são tratadas circunstâncias inesperadas.

Falhas e Recuperação: Independentemente do nível de excelência das operações logísticas das empresas podem ocorrer erros. O atendimento contínuo das necessidades de serviço em todos os tipos de situações operacionais é uma tarefa difícil. Devem ser buscados programas para evitar ou adaptar situações especiais evitando, assim, comprometimentos.

Confiabilidade: Em logística, qualidade é sinônimo de confiabilidade. Um fator fundamental da qualidade em logística é a capacidade de planejar os níveis de disponibilidade de estoques e de desempenho operacional.

Sendo assim, é necessário especificar o nível de comprometimento com o serviço que se pretende oferecer aos clientes, em outras palavras, definir seu serviço em termos de disponibilidade, desempenho operacional e confiabilidade para todos os clientes. Essa especificação não é simples de se fazer. Ela depende da estratégia geral da empresa e da ênfase relativa colocada em componentes específicos do conjunto dos seus recursos competitivos. Se uma empresa busca se diferenciar com base na sua competência logística, são essenciais níveis altos de serviço. Se o principal recurso competitivo é o preço, então é altamente improvável que a empresa consiga implantar desempenho logístico de alto nível devido às necessidades de controle de custo.

2.5 DISTRIBUIÇÃO FÍSICA

Distribuição física se refere às atividades relacionadas ao fluxo de produtos da conversão ao cliente final. É parte da logística empresarial que corresponde ao conjunto das operações associadas à transferência dos bens objetos de uma transação, desde o local de sua produção até o local designado no destino, e ao fluxo de informações associado. Segundo Ballou (1993) distribuição física é o ramo da logística empresarial que trata da

movimentação, estocagem e processamento de pedidos finais da firma. Costuma ser a atividade mais importante em termos de custos para a maioria das empresas, pois absorve cerca de dois terços dos custos logísticos. Ela se preocupa, principalmente, com os bens acabados ou semiacabados, ou seja, com mercadoria que a companhia oferece para vender e que não planeja executar processamentos posteriores.

Desde o instante em que a produção é finalizada até o momento no qual o comprador toma posse dela, as mercadorias são de responsabilidade da logística, que deve mantê-las no depósito da fábrica e transportá-las até depósitos locais ou diretamente ao cliente.

Há dois tipos de mercados que a distribuição atende. O primeiro é o de usuários finais, que são aqueles que usam o produto tanto para satisfazer suas necessidades como aqueles que criam novos produtos, que é o caso dos consumidores finais. O segundo mercado é composto por intermediários que não consomem o produto, mas que o oferecem para revenda, em geral para outros intermediários ou consumidores finais. Por exemplo, os distribuidores, varejistas. A diferença entre esses dois tipos está principalmente no volume e no perfil de compra. Consumidores finais comumente adquirem pequenas quantidades e são em grande número. As compras são mais frequentes do que as feitas pelos intermediários.

Novaes (2007) afirma que a cadeia de distribuição física clássica é formada por um canal de um nível, isto é, entre o fabricante e o consumidor existe um único intermediário, o varejista. Uma vez definidos os canais de distribuição, torna-se necessário detalhar o processo logístico que concretizará, na prática, o projeto mercadológico selecionado.

O objetivo geral da distribuição física, como meta ideal, é o de levar os produtos certos para os lugares certos, no momento certo e com o nível de serviço desejado, pelo menor custo possível (NOVAES, 2001). Há certo conflito entre garantir um nível de serviço elevado ao mesmo tempo em que se pretende reduzir custos. Isso porque as possíveis melhorias no sistema, de uma forma geral, implicam custos maiores de transporte, de armazenagem e de estoque.

A distribuição física cobre os segmentos que vão desde a saída do produto na fábrica até sua entrega final ao consumidor. Algumas vezes, o produto é despachado da fábrica para o depósito de um atacadista. Noutras vezes, o produto é transportado do fabricante para o centro de distribuição do varejista. Existem também os casos em que o fabricante abastece diretamente a loja de varejo. Os mencionados aqui são os mais comuns (NOVAES, 2004).

Atualmente, a distribuição física de produtos passou a ocupar um papel de destaque nos problemas logísticos das empresas. Isso se deve, de um lado, ao custo crescente do dinheiro (custo financeiro), que força as empresas a reduzirem os estoques e aprimorarem o manuseio, transporte e distribuição de seus produtos (ALVARENGA; NOVAES, 1994).

A concorrência entre as empresas tem exigido melhor nível de serviço no atendimento dos clientes. Essa melhora na qualidade é traduzida na prática de diversas formas: entrega mais rápida, confiabilidade (pouco ou nenhum atraso em relação ao prazo estipulado), existência do tipo desejado de produto na hora da compra (tipo, cor etc.), segurança (baixa ocorrência de extravios, produtos sem defeitos) etc.

2.5.1 Modalidades de transporte na distribuição de produtos

Na Europa e nos Estados Unidos a distribuição de produtos desde as fábricas até os centros atacadistas ou varejistas pode ser realizada por meio de diversas modalidades de transportes: rodovia, ferrovia, transporte aquaviário, aéreo, e dutos para casos especiais (gás, gasolina, óleo diesel, álcool). Na maioria dos casos há um leque de opções que o embarcador pode utilizar envolvendo, também, combinações diversas de modalidades (NOVAES, 2007).

Transporte Rodoviário: Existem duas formas mais usadas de transporte rodoviário de carga. A primeira trata do carregamento completo, ou seja, o veículo é carregado totalmente com apenas um lote de despacho. Na segunda, a capacidade do veículo é compartilhada com a carga de dois ou mais embarcadores. No Brasil, o primeiro caso chama-se carga lotação e no segundo carga fracionada (NOVAES, 2007).

Operacionalmente, há grandes diferenças entre essas duas formas de transporte de carga. No caso do carregamento fracionado, a operação mais comum é formada por diversas etapas:

- apanha o lote a ser transportado no depósito do cliente;
- transporte do lote até o centro de distribuição local da transportadora;
- descarregamento, verificação, rotulagem e triagem da mercadoria segundo os diversos destinos;
- transferência da mercadoria até a cidade de destino;
- descarregamento, verificação e triagem da mercadoria segundo os destinos finais;
- distribuição local com entrega da mercadoria ao cliente final (NOVAES, 2007).

Essas etapas podem envolver mais operações. Muitas empresas de transporte possuem terminais intermediários de trânsito (NOVAES, 2001).

O modo rodoviário é o mais expressivo no transporte de cargas no Brasil e atinge, praticamente, todos os pontos do território nacional. Com a implantação da indústria automobilística na década de 1950 e com a pavimentação das principais rodovias o modo rodoviário se expandiu de tal forma que hoje domina amplamente o transporte de mercadorias no país (ALVARENGA; NOVAES, 1997). Por que, então, muitos embarcadores utilizam esse tipo de transporte? A razão é simples: as exigências dos clientes por entregas mais frequentes (redução de estoques) e a pulverização dos pontos de destino no território nacional fazem com que lotes de despacho sejam muitas vezes de proporções reduzidas. Se o embarcador contratasse um veículo completo para levar a carga para uma determinada cidade (ou cidades próximas entre si), o custo do transporte por unidade transportada ficaria muito alto. E se, por outro lado, ele esperasse para formar uma lotação completa, a frequência entre as entregas para um mesmo destino ficaria prejudicada, fazendo com que o cliente recorresse a outro fornecedor.

Ainda segundo Novaes (2007), outra distinção importante que se faz para o transporte rodoviário de carga está relacionada com a estrutura de propriedade do veículo. Uma grande parte da frota brasileira é propriedade de autônomos, pessoas físicas que fazem serviços de transporte para embarcadores diversos e para empresas transportadoras. São utilizados predominantemente para deslocamentos em lotação completa, mas podem ser

utilizados também para transporte de carga fracionada, principalmente na distribuição urbana de produtos. As empresas transportadoras, por sua vez, operam muitas vezes com uma frota própria parcial, completando sua oferta de praça com veículos autônomos. Isso busca evitar que haja ociosidade da frota nas ocasiões em que a demanda cai.

Transporte Ferroviário: Para escoar a produção agrícola brasileira e transportar os produtos importados para o interior do território nacional foram implantadas, em fins do século XIX e início do século XX, um número razoável de ferrovias (cerca de 30.000 quilômetros de extensão em 1986). A maioria das ferrovias implantadas nessa fase corria do litoral para o interior, com traçados quase ortogonais à costa, segundo Alvarenga e Novaes, 1997. Os autores acrescentam que o transporte ferroviário passou a ser utilizado primordialmente no deslocamento de grandes massas de produtos homogêneos, ao longo de distâncias relativamente extensas. Minério (de ferro, de manganês), carvão mineral, derivados do petróleo, cereais em grão (soja, milho), quando transportados a granel, cobrindo distâncias relativamente grandes, produtos passíveis de serem deslocados por trem. As razões para isso podem ser resumidas no seguinte: as operações de carga/descarga, despacho, triagem de vagões nos pátios, controle de tráfego, conferência do carregamento etc. são muito onerosas para produtos em pequenas quantidades.

Por operar unidades (os trens) de maior capacidade de carga, o transporte ferroviário é basicamente mais eficiente em termos de consumo de combustível e de outros custos operacionais diretos. Mas, por outro lado, os custos fixos de uma ferrovia são altos: conservação da via permanente, operação dos terminais de carga e descarga, operação das estações, alimentação de energia no caso de via eletrificada etc. Por essa razão, as vantagens comparativas da ferrovia em relação à rodovia começam a aparecer para distâncias de deslocamento maiores. Para pequenas distâncias, os custos fixos não conseguem ser diluídos, onerando os fretes em demasia e tornando essa modalidade não competitiva (NOVAES, 2007).

Transporte Aquaviário: O transporte aquaviário, como sua denominação indica, envolve todos os tipos de transporte efetuados sobre a água. Inclui transporte fluvial e lacustre (aquaviário interior) e transporte marítimo. Esse último pode ser dividido em transporte marítimo de longo curso, que envolve as linhas de navegação ligando o Brasil a outros

países mais distantes, e a navegação de cabotagem, que cobre a nossa costa. A navegação de cabotagem pode ser dividida em pequena cabotagem, cobrindo apenas portos nacionais, e a grande cabotagem, que corresponde às ligações marítimas com países próximos, como, por exemplo, Uruguai e Argentina (NOVAES, 2007).

Segundo Novaes (2007) há muitos tipos de navios cargueiros, dependendo do tipo de carga e das características da rota. Um navio cargueiro típico que se vê nos portos é o navio de carga geral. Grande parte das mercadorias despachadas por via marítima não pode ser movimentada como carga a granel, pois alguns tipos não são passíveis de serem manuseados por equipamento automático de transbordo, e outros são transportados em pequenas quantidades. Tome-se, por exemplo, o querosene, que pode ser transportado a granel se houver grandes lotes a despachar, mas, é usualmente transportado em latas, que por sua vez vão acondicionadas em caixas ou paletes, quando são destinadas ao comércio varejista.

Hoje, grande parte do carregamento geral, no transporte marítimo de longo curso, é deslocada em contêineres, que são caixas metálicas padronizadas de diversos tipos. Os contêineres padrões mais comuns têm 20 pés ou 40 pés de comprimento.

Transporte Aeroviário: A expressão “transporte aéreo” dá a ideia imediata do transporte de passageiros, tal é a sua importância nos dias de hoje. O cidadão comum não visualiza imediatamente que, no setor de transporte de carga, principalmente internacional, a modalidade aérea ocupa um espaço muito importante e apresenta forte tendência de crescimento no mundo todo. Além de transportar os carregamentos com velocidades muito superiores às demais modalidades, o transporte aéreo apresenta níveis de avarias e extravios mais baixos, resultando em maior segurança e confiabilidade. Por essa razão, não somente produtos de alto valor agregado, tais como eletrônicos e aparelhos de precisão, são transportados por avião, como também uma série de produtos sensíveis à ação do tempo, como alimentos perecíveis, flores, encomendas, correspondência etc. (NOVAES, 2007).

O frete, para transporte de carga aérea, é significativamente mais elevado do que correspondente rodoviário. Mas, em compensação, os tempos de deslocamento porta a

porta podem ser bastante reduzidos, abrindo um mercado específico para essa modalidade (ALVARENGA; NOVAES, 1997).

No transporte aéreo de correio e malotes o maior apelo reside na rapidez com que consegue transferir fisicamente documentos de toda ordem a longas distâncias (cartas, contratos, cheques, conhecimentos etc.).

No processo clássico de transporte aéreo de mercadorias são utilizados aviões cargueiros exclusivos. Há também versões *combi*, ou seja, aeronaves para transporte combinado de passageiros e carga (parte da cabina utilizada normalmente para acomodar passageiros se transforma em compartimento de carga). Noutros casos, aviões de passageiros são convertidos à noite para transporte de correio e malotes, voltando à configuração normal (passageiros) após o voo noturno. No Brasil, o emprego de aviões de fuselagem larga nos voos domésticos, com maior volume útil nos porões e maior capacidade em peso, tem dado certo impulso ao desenvolvimento do transporte de carga (ALVARENGA; NOVAES, 1997).

2.6 FORMAS DE REALIZAÇÃO DAS ENTREGAS

Considerando o caso de uma empresa que distribui seus produtos a partir de um depósito, atendendo a uma determinada região. Normalmente, a região atendida é subdividida em zonas de entrega. Cada zona de entrega é atendida por um veículo, com uma periodicidade prefixada. Por exemplo, a zona 1 pode ser visitada toda segunda-feira, a zona 2, toda terça-feira, e assim por diante. A periodicidade da entrega pode ser semanal, diária, quinzenal, mensal etc., dependendo das características específicas de cada caso. A escolha do período em que as visitas se repetem vai depender basicamente de dois fatores antagônicos: de um lado o atendimento ao cliente, que se sente melhor atendido quando as entregas são mais frequentes; de outro, o custo do transporte para o distribuidor que é levado a operar com carregamentos maiores para seus veículos, sendo obrigado a espaçar mais intervalos entre visitas sucessivas. Há casos em que o veículo pode executar mais de um roteiro de entrega por dia. Nessa situação, ele volta ao depósito, é carregado novamente e vai atender outra zona.

Nos problemas de distribuição física é importante conceituar a relação existente entre o número necessário de veículos, a periodicidade das visitas, o número de zonas e o número de clientes atendidos (ALVARENGA; NOVAES, 1997).

Cada roteiro de visitas é constituído pelos seguintes componentes, conforme Figura 4, em que é mostrado um esquema típico de um sistema de distribuição:

Figura 4 – Esquema típico de um sistema de distribuição



Fonte: Alvarenga e Novaes (1997).

Esse formato de distribuição será sempre composto pelas seguintes fases:

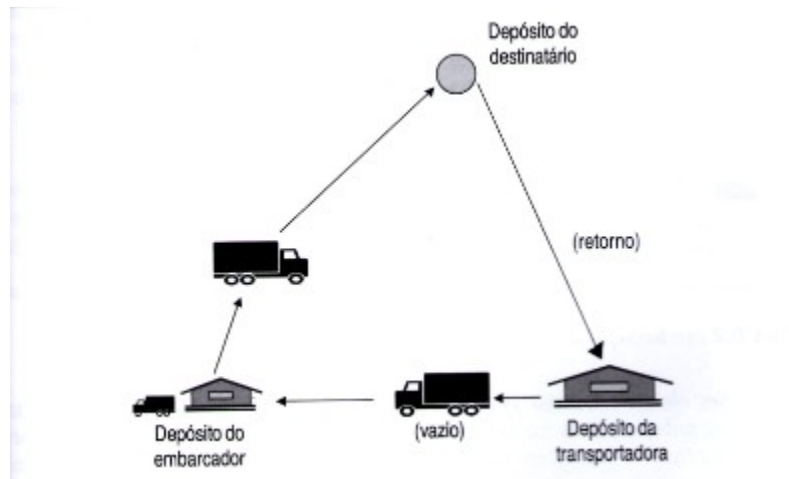
- (a) Um percurso desde o depósito até a zona de entrega;
- (b) Percursos diversos entre pontos de parada sucessivos, dentro da zona de entrega;
- (c) Parada nos clientes para entregas dos produtos e, eventualmente, coletas;
- (d) Percurso de retorno, desde a zona de entrega até o depósito.

De maneira geral, as empresas de transporte rodoviário de carga prestam, basicamente, quatro tipos de serviços, segundo Caixeta-Filho e Martins (2007):

Serviço de lotação completa: A carga é coletada nas instalações do embarcador, é transportada, no mesmo veículo, para o depósito do destinatário, sem passar pelo(s)

depósito(s) da transportadora. Esse tipo de serviço ocorre sempre que há carga suficiente para lotar um veículo, não sendo necessário utilizar um terminal da transportadora para manuseio do carregamento, conforme Figura 5.

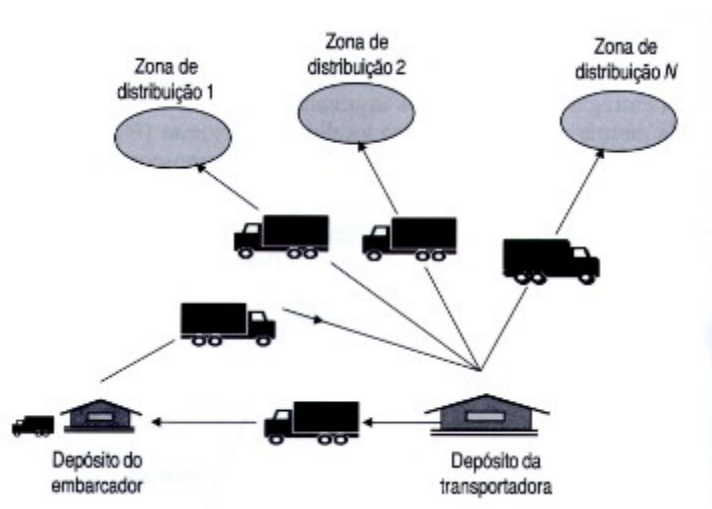
Figura 5 – Serviço de lotação completa



Fonte: Caixeta-Filho e Martins (2007).

Serviço de carga fracionada local: A carga é coletada nas instalações do embarcador e deslocada até o depósito da transportadora. Aí é feita a triagem e o reembarque nos veículos de distribuição, que fazem as entregas diretamente aos destinatários localizados em vários pontos da mesma cidade, ou noutras localidades próximas. Nesse caso, é utilizado somente o depósito local da transportadora, conforme Figura 6.

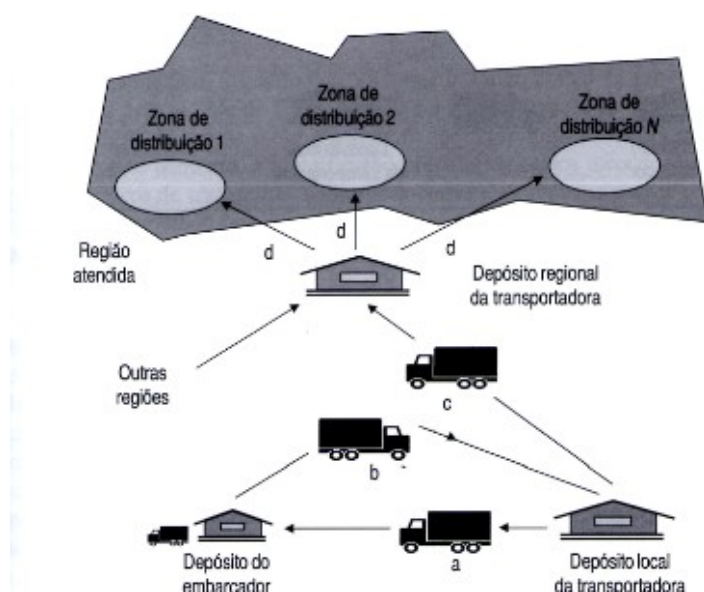
Figura 6 – Serviço de carga fracionada local



Fonte: Caixeta-Filho e Martins (2007).

Serviço de carga fracionada de longa distância: É semelhante ao anterior, mas ocorre mais uma operação de descarga, triagem, carregamento num depósito regional da transportadora. Essa operação intermediária adicional torna-se necessária para que as mercadorias sejam novamente separadas por rota de entrega e reembarcadas em veículos locais. Nesse caso, o terminal recebe mercadorias de diversos pontos do país. É feita, então, a descarga das mercadorias procedentes das várias regiões e, novamente, separadas por rota e reembarcadas nos veículos de entrega, geralmente menores, conforme Figura 7.

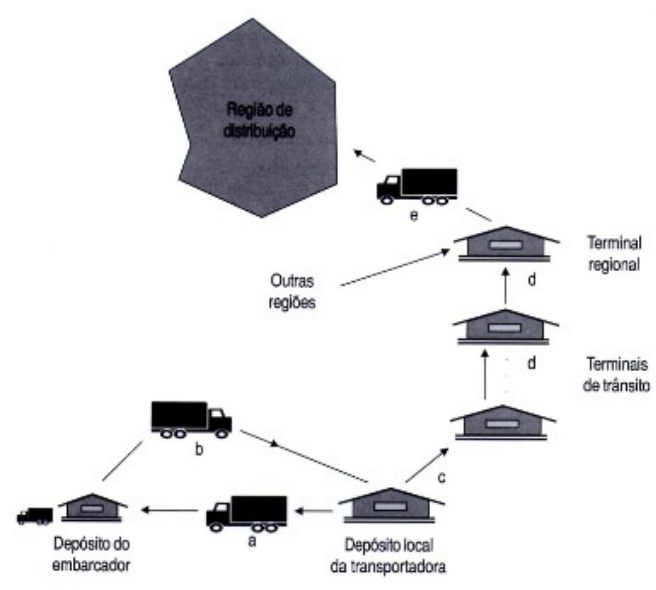
Figura 7 – Serviço de carga fracionada a longa distância



Fonte: Caixeta-Filho, Martins. (2007).

Serviço de carga fracionada de longa distância com terminais intermediários de trânsito:

Mesmo caso anterior, mas com a existência de terminais intermediários da transportadora, para reorganizarem as remessas por corredor de transporte. Por exemplo, a carga originária de Porto Alegre e destinada a Salvador é levada até o terminal de trânsito em São Paulo. Aí é recarregada e, posteriormente, deslocada até o terminal regional, na Bahia. Daí segue, em veículo menor, para ser distribuída localmente, conforme Figura 8 (CAIXETA-FILHO; MARTINS 2007).

Figura 8 – Serviço de carga fracionada a longa distância com terminais intermediários

Fonte: Caixeta-Filho e Martins (2007).

2.6.1 Roteirização de veículos

A palavra roteirização nem sempre é muito simples de entendimento no primeiro contato que se tem com ela. Muitas pessoas ao serem questionadas sobre a sua definição ficam na dúvida e muitas vezes fazem confusão com outras. No entanto, a sua origem vem da palavra roteiro, que nada mais é que um itinerário de viagem com sua descrição pormenorizada.

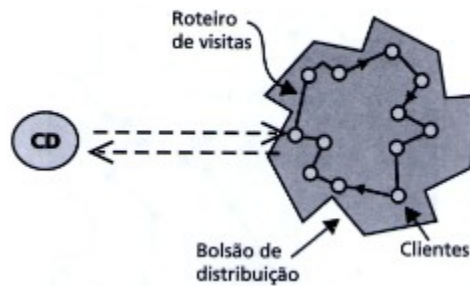
Segundo Novaes (2007) um problema real de roteirização é definido por três fatores fundamentais: decisões, objetivos e restrições. As decisões dizem respeito à alocação de um grupo de clientes, que devem ser visitados, a um conjunto de veículos e respectivos motoristas, envolvendo a programação e o sequenciamento das visitas. Como objetivos principais, o processo de roteirização visa propiciar um serviço de alto nível aos clientes, mas, ao mesmo tempo, manter os custos operacionais e de capital tão baixos quanto possível. Por outro lado, deve obedecer a certas restrições. Em primeiro lugar, deve completar as rotas com os recursos disponíveis, mas cumprir totalmente os compromissos assumidos com os clientes. Em segundo lugar, deve respeitar os limites de tempo impostos pela jornada de trabalho dos motoristas e ajudantes. Finalmente, devem ser respeitadas as

restrições de trânsito, no que se refere a velocidade máxima, horários de carga/descarga, tamanho máximo de veículos nas vias públicas etc.

Na prática, a roteirização ocorre em diversos tipos de situações e com bastante frequência na distribuição de produtos e de serviços. Alguns exemplos são listados a seguir:

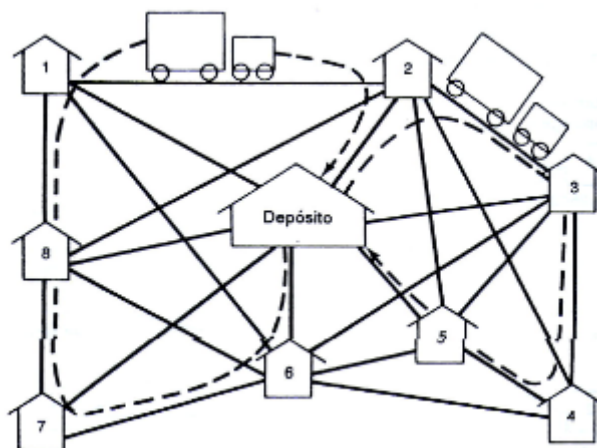
- Entrega, em domicílio, de produtos comprados nas lojas de varejo ou pela *internet*;
- Distribuição de produtos dos CD para as lojas de varejo;
- Distribuição de bebidas em bares e restaurantes;
- Distribuição de dinheiro para caixas eletrônicos e bancos;
- Distribuição de combustíveis para postos de gasolina;
- Distribuição de artigos de toalete (toalhas, roupa de cama etc.) para hotéis, restaurantes e hospitais;
- Coleta de lixo urbano
- Coleta de resíduos (industriais, de construção civil, de serviços de saúde etc.);
- Entrega domiciliar de correspondência etc.

A forma mais simples de se fazer a roteirização é aquela em que se trabalha sem restrições. Ainda segundo Novaes (2007) quando a separação dos clientes, pelos diversos roteiros já foi realizada previamente, a questão da restrição de tempo e de capacidade está resolvida. Assim, não é necessária a preocupação com tais restrições, tudo se passando como se o sistema não fosse restrito por tempo ou por capacidade. Nesses casos, o problema que resta a ser resolvido é o de encontrar a sequência de visitas que torne no mínimo o percurso dentro do bolsão, que é a delimitação da região onde estão alocadas todas as entregas. Num caso simples, como o da Figura 9, em que há poucos clientes a ser visitado no roteiro, o problema pode ser resolvido por uma simples inspeção. Quando o número de clientes aumenta ou quando a distribuição dos pontos de visita assume esquemas mais complexos, a resolução do problema passa a exigir métodos mais sofisticados, tratados no computador.

Figura 9 – Roteiro simples com 12 clientes num bolsão de distribuição

Fonte: Novaes (2007).

Ao se falar de roteirização, não se deve esquecer a questão da programação de veículos. Quando uma empresa possui uma frota própria frequentemente encontra o problema de despachar um veículo a partir de uma base central para uma série de paradas intermediárias, devendo o veículo retornar, então, à base central. Tal problema ocorre comumente em rotas aéreas de cargas regionais, operações de entregas de mercadorias, roteiros de ônibus escolar ou de abastecimento do varejo, mais especificamente supermercados, a partir de um depósito central. Na Figura 10 é mostrado o roteamento de veículos a partir de um único armazém central.

Figura 10 – Roteamento de veículos a partir de um único armazém central

Fonte: Ballou (1993)

De acordo com Ballou (1993) o problema de programação envolve os seguintes passos:

- A determinação do número de veículos envolvidos;

- Suas capacidades;
- Os pontos de parada para coleta e/ou entrega em cada roteiro de um dado veículo;
- A sequência das paradas para coleta ou para entrega.

Em um problema típico de roteirização, envolvendo muitas paradas e veículos, o total de roteiros é imenso. Por isso, princípios operacionais que resultem em boas alternativas podem ser muito úteis, como, por exemplo, roteiros formando um desenho que lembre as pétalas de uma margarida, ou seja, os roteiros adjacentes não se tocam e nenhuma das rotas tem caminhos que se cruzam, conforme Figura 11. Na Figura 11 é representado um roteamento ideal, no caso de o volume de carga em cada parada ser apenas pequena parte da capacidade do veículo. Bons roteiros, geralmente, podem ser conseguidos pela aplicação das seguintes regras:

1. Inicie o agrupamento pelo ponto de parada mais distante do depósito;
2. Encontre o próximo ponto, tomando o ponto disponível que esteja mais perto do centro dos pontos no grupo. Agregue esse ponto ao grupo (veículo), caso a capacidade do veículo não tenha sido excedida;
3. Repita o passo 2 até que a capacidade do veículo tenha sido atingida;
4. Coloque em sequência as paradas de maneira a ter a forma de uma gota d'água;
5. Encontre o próximo ponto, que é a parada mais distante do depósito ainda disponível, e repita os passos de 2 a 4;
6. Continue até que todos os pontos tenham sido designados.

Figura 11 – Padrão tipo “gota” para roteiros ótimos



Fonte: Ballou (1993)

O método acima pode coerentemente gerar bons roteiros, que usualmente rivalizam com os obtidos por métodos matemáticos e computacionais do problema.

2.7 NÍVEL DE SERVIÇO

Segundo Ballou (1993), nível de serviço logístico é a qualidade com que o fluxo de bens e serviços é gerenciado; é o resultado líquido de todos os esforços logísticos da empresa; é o desempenho oferecido pelos fornecedores aos seus clientes no atendimento dos pedidos. O nível de serviço logístico é fator chave do conjunto de valores logísticos que as empresas oferecem a seus clientes para assegurar sua fidelidade. Como o nível de serviço logístico está associado aos custos de prover esse serviço, o planejamento da movimentação de bens e serviços deve iniciar-se com as necessidades de desempenho dos clientes no atendimento de seus pedidos.

Ainda segundo Ballou (1993), não é raro encontrar formas diferentes na prática do nível de serviço logístico oferecido por diversas companhias. Para algumas é o tempo necessário para entregar um pedido ao cliente. Para outras, é a disponibilidade de estoque.

Resumidamente, o produto oferecido por qualquer empresa pode ser razoavelmente descrito pelas características de preço, qualidade e serviço. Compradores selecionam fornecedores baseados numa combinação das características para satisfazer suas necessidades. Vendedores inteligentes criam diferentes combinações dessas três características básicas para atrair classes diferentes de compradores ou segmentos de mercado. Enquanto os níveis de atividade logística e seus custos associados estão refletidos no preço e, em menor grau, na qualidade do produto, sua influência direta ocorre no nível de serviço.

De acordo com Bowersox e Closs (2009), a definição do nível de serviço ao cliente é guiada por três estratégias (as duas últimas estratégias são alternativas à expansão do serviço básico e visam à obtenção e/ou a manutenção da lealdade dos clientes selecionados):

- Prestação de Serviço Básico: nível mínimo de serviços logísticos para criar e manter a lealdade de clientes, sendo voltado ao atendimento de todos os clientes sem exceção.
- Atendimento de Pedido Perfeito: nível de serviço básico executado sem erros ou a zero defeito, ou seja, a um nível máximo de disponibilidade, de desempenho operacional e de confiabilidade, e que são prestados a clientes selecionados para adquirir e manter a posição de fornecedor preferencial.
- Prestação de Serviços de Valor Agregado: atividades exclusivas ou específicas às necessidades da empresa cliente visando, para esta, a melhoria da eficiência e da eficácia nas suas operações e, para a empresa prestadora de serviço, a lealdade do cliente.

Quanto à primeira estratégia, o Serviço Básico é composto por três elementos ou fatores fundamentais: disponibilidade, desempenho operacional e confiabilidade. A disponibilidade se refere à capacidade de atendimento das necessidades dos clientes, ou seja, de ter o produto disponível no momento em que é desejado. A prática comum relacionada a esse elemento é a formação de estoques, cujas questões centrais abrangem a definição da quantidade e da localização de depósitos, a definição da política de estoque, a determinação dos níveis de estoque básico e de estoque de segurança. Já o desempenho operacional mede o desempenho no *lead time* de entrega, isto é, no tempo decorrido desde o recebimento do pedido até a entrega do produto ao cliente. Esse elemento reflete o comprometimento logístico com o prazo de entrega. Por fim, a confiabilidade é a capacidade para desempenhar todas as atividades relativas aos pedidos e oferecer aos clientes informações essenciais relativas às operações e condições logísticas. A confiabilidade é avaliada de acordo com a capacidade de manutenção da disponibilidade e do desempenho operacional como planejados previamente e, assim, está ligada à determinação da qualidade do serviço logístico. A qualidade do serviço logístico é obtida por meio da confiabilidade, do fornecimento de informações precisas ao cliente sobre a operação e o status do pedido e do aprimoramento contínuo (aprendizado por meio dos erros e inibição da sua recorrência).

A segunda estratégia que pode direcionar a definição do serviço ao cliente e que representa a extensão do Serviço Básico é o Atendimento de Pedido Perfeito (ou simplesmente

Pedido Perfeito). Seu objetivo é tornar a empresa o fornecedor preferencial de certo produto ou para certo cliente, fazendo tudo corretamente e tudo na primeira vez, dentro da filosofia do zero defeito, proveniente da Gestão da Qualidade Total. Tal estratégia está baseada no fato de que as expectativas dos clientes são crescentes, em que se contextualiza o comportamento chamado de “compressão da janela de tempo”. Este comportamento consiste na compressão do tempo de ciclo requerido pelo cliente e no aumento do índice de disponibilidade em direção a 100%. Sendo assim, o Pedido Perfeito pressupõe que todas as atividades do sistema logístico sejam realizadas de maneira correta na primeira vez, ou seja, sem erros (zero defeito), remetendo a um nível máximo de disponibilidade, de desempenho operacional e de confiabilidade (serviço *premium*). Tal estratégia acarreta um alto custo operacional e gerencial, o que evidencia a impossibilidade de seu oferecimento a todos os clientes, mas sim somente a clientes selecionados que possuem, geralmente, acordos de produtos e serviços estruturados e relações mais próximas com o fornecedor.

Por fim, a terceira estratégia, que é uma alternativa à segunda, é a prestação de Serviços de Valor Agregado, em que a empresa fornecedora do serviço e o cliente realizam um esforço conjunto, atividades exclusivas ou específicas para atingir maior eficiência e eficácia. Essa estratégia envolve a customização da logística (acordos exclusivos), podendo ser voltada à realização de diversas atividades específicas, o que explica a sua dificuldade de generalização. Algumas atividades são o fornecimento de embalagens exclusivas, a elaboração de rótulos personalizados, criação de embalagens unitárias especiais, oferecimento de serviços de informação, marcação de preços nos produtos, montagem de mostruário nos pontos de venda, o estoque gerenciado pelo fornecedor (*Vendor Managed Inventory* – VMI) e formas especiais de entrega (entrega compartilhada a vários locais, entrega direta em loja e reabastecimento contínuo e rápido – Programas de Reposição Automática).

2.8 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO LOGÍSTICO DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGA

As mudanças na economia, o aumento da produtividade e a abrangência da movimentação de produtos exigem que as empresas tenham uma atitude diferenciada para com seus

clientes. No transporte rodoviário de cargas não é diferente. O cenário recente apresenta profundas mudanças e grande concorrência, o que força as empresas a buscarem a melhoria de seus processos, tanto de manufatura como de prestação de serviços. Neste momento passou-se a observar de forma atenta uma atividade que, até então, era vista como apenas mais um custo, a atividade logística. Na busca pela maximização do valor percebido pelo cliente, a atividade mostrou-se como o ponto onde as empresas podem garantir a sua competitividade por oferecer um melhor nível de serviço como por reduzir custos.

Para buscar a eficiência das empresas aliada às diversas funções logísticas enfatiza-se a função de transporte, tão importante quanto a armazenagem e o estoque. A gestão do transporte visa, entre outros objetivos, a satisfação do cliente e a diminuição dos custos para a empresa (SILUK; ALVES, 2012).

Quando se fala em Logística o que primeiramente é lembrado é o transporte, pois é o que mais tem visibilidade para o público. Ballou (2006) complementa: sob qualquer ponto de vista – econômico, político e militar – o transporte é, inquestionavelmente, a indústria mais importante do mundo.

Ainda para Siluk e Alves (2012), buscar a vantagem competitiva diante dos concorrentes é vital para a permanência e atuação no mercado, para tanto, a busca pela competitividade deve estar aliada a ferramentas administrativas que busquem as respostas para a demanda. É necessário criar valor para o cliente, eficiência e eficácia dos processos e operar um sistema logístico diferenciado que torne possível alcançar um nível de serviço primoroso ao menor custo e obter, dessa forma, benefícios futuros para a empresa.

Para realizar a avaliação de desempenho logístico são determinados indicadores de acordo com a área de atuação, onde são estabelecidas métricas comparáveis e mensuráveis. Deve-se observar com cuidado a escolha dos indicadores, pois pode representar uma falha grave a escolha do que não precisa ser medido e essa escolha pode comprometer o sistema de medição e a avaliação de desempenho. Segundo Caixeta-Filho e Martins (2007), ao se fazer a avaliação do desempenho logístico tem-se como principal resposta a sobrevivência da organização, que só consegue agir adequadamente se tiver noção do seu desempenho.

Ainda de acordo com Caixeta-Filho e Martins (2007), podem ser identificados três objetivos distintos para a criação de um sistema de avaliação de desempenho:

- A monitoração de variáveis e a antecipação de ações dentro de uma postura preventiva;
- A resolução de problemas visando à eliminação de causas de insatisfações ou a elevação do nível de satisfação, visando a um processo de melhoria contínua;
- A dissolução do sistema pela obsolescência de sua finalidade.

Para a realização de uma efetiva avaliação de desempenho é necessário desenvolver o processo de medição. Existem quatro passos básicos para a criação de um processo de medição de desempenho:

- Definição de quais atributos ou tipos de fatores, como tempo, custo, nível de serviço e qualidade, que são críticos para que o sistema atinja sua finalidade;
- Mapeamento dos processos interfuncionais usados para que resultados sejam obtidos e identificação das relações de causa e efeito existentes;
- Identificação dos elementos críticos e das capacidades necessárias para a execução dos processos satisfatoriamente;
- Concepção de medidas que monitorem os elementos críticos e capacidades e respectivos padrões e metas.

O objetivo de um processo de medição de desempenho é o planejamento e controle organizacional. O objetivo deve ser a concepção de um sistema de indicadores, buscando-se a montagem da cadeia de causa e efeitos tentando relacionar as ações operacionais com os resultados e com as metas e padrões a serem atingidos (CAIXETA-FILHO; MARTINS, 2007).

Um problema comum em sistemas de medição projetados sem muito critério é a profusão de indicadores, dificultando as análises em função de muitos dados, tirando o foco das análises dos fatores críticos de sucesso.

Para Caixeta-Filho e Martins (2007) os atributos para a avaliação de desempenho de uma empresa devem ter ao menos sete medidas distintas de desempenho de sistema organizacional, contudo não necessariamente exclusivas, a saber:

1. Eficácia: é o grau no qual um sistema atinge as suas metas, ou seja, grau em que as coisas certas são concluídas; podem ser usados três critérios: qualidade (dentro de uma especificação), quantidade (volume) e tempo (feito no prazo);
2. Eficiência: é o grau no qual o sistema utilizou os devidos recursos e processos para obter as suas saídas, ou seja, recursos previstos a consumir sobre recursos efetivamente consumidos;
3. Qualidade: é o grau no qual um sistema atende aos requisitos, especificações e expectativas;
4. Lucratividade: é a relação entre a receita total e o total dos custos ou alguma outra medida financeira correlata;
5. Produtividade: é a relação entre a quantidade de saídas de um sistema e quantidade de entradas nesse mesmo sistema;
6. Qualidade de vida no trabalho: é a forma como os participantes de um sistema respondem aos aspectos sócio-técnicos desse sistema;
7. Inovação: pode ser definida como a criatividade aplicada. É o processo pelo qual surgem produtos ou serviços novos, melhores e mais funcionais.

2.8.1 Atributos básicos para um sistema de indicadores logísticos

Para Caixeta-Filho e Martins (2007) alguns atributos básicos são muito importantes para a construção dos sistemas de indicadores. São eles: custos, capacidade, tempo, qualidade e nível de serviço.

- Custos: O transporte junto com o estoque e a informação formam o tripé de sustentação das atividades logísticas e, em termos de custos, representa quase 2/3 do total dos gastos das operações logísticas brasileiras. Diversos são os itens de custos logísticos. A forma de cálculo de cada um dos itens pode ser feita com base em séries históricas, estimada por valores médios de mercado, ou valores obtidos em operações controladas. Cabe destacar que existem outros custos implícitos, se

for considerada a cadeia de suprimentos inteira. O tempo de retenção de veículos em filas e em terminais, os custos pela demora na realização das entregas e ainda os custos de retrabalhos por erro de embarque ou avaria de embalagem são três exemplos. Nesses casos há o conceito de custo generalizado, que procura transformar em unidades monetárias os diversos elementos, por exemplo, estimando um custo horário para veículo parado e a multiplicação pelo tempo médio parado.

- Capacidade: A capacidade de um sistema de transportes é a medida dos volumes de produção possíveis desse sistema. No caso da capacidade dos sistemas de transporte, é muito importante associá-la a determinado nível de serviço desejado, já que há dependência mútua. Exemplo: quanto mais congestionado estiver um terminal, maior seu volume de carga movimentado, pois dificilmente ocorrerão períodos de ociosidade, levando à plena utilização da capacidade instalada. Como consequência existirão muitas filas e os veículos ficarão retidos por bastante tempo e poderão aumentar a incidência de erros no embarque.
- Tempo de ciclo: A produção de transporte tem natureza cíclica, ocorrendo segundo processos que retornam a um estado inicial. O ritmo desses ciclos é determinado por sua frequência e, em última instância, pelo tempo de duração. Exemplo: em operação de transferência de carga entre dois armazéns próximos tem-se uma viagem inteira (ida e volta) curta e podem ser realizadas muito mais viagens por um mesmo veículo, em dado período de tempo, se comparado a uma situação em que armazéns estão bastante distantes entre si. Um ciclo corresponde a um conjunto de processos inter-relacionados que formam uma atividade cíclica no tempo. O tempo desses ciclos é fundamental para a definição da capacidade do processo, bem como seu desempenho. Sugere-se para seu cálculo a elaboração de um fluxograma com as principais operações envolvidas no ciclo e a quantificação dos tempos para a sua realização. O tempo de ciclo será o somatório dos tempos parciais. A velocidade porta a porta, a confiabilidade e a frequência são medidas muito importantes e dependentes do tempo de ciclo.

- **Qualidade e nível de serviço:** Nível de serviço é uma medida de qualidade. É formado por um conjunto de elementos quantitativos e representativos da qualidade do serviço prestado, passível de uma graduação em uma escala. Por exemplo, a operação de um pedágio pode ser classificada em níveis de serviço tipo A, quando não houver fila de veículos, a tipo E, com mais de cinco veículos em fila, passando pelos níveis B, C, D intermediários. Esse conceito deve atender a alguns requisitos:
 1. Deve ser direcionado para o cliente e não para a produção;
 2. Deve ter foco na prestação dos serviços;
 3. Dever ser específico de determinado serviço;
 4. Deve permitir ser quantificável por um observador independente;
 5. Não dever ser influenciado por fatores higiênicos.

Os fatores higiênicos, segundo Alter (1976 *apud* Caixeta-Filho e Martins, 2007) são qualidades subjetivas necessárias, porém nunca satisfeitas e relacionadas com a manutenção e os custos dos serviços existentes. Alguns exemplos são a segurança e a limpeza.

Na avaliação da qualidade é muito importante considerar a percepção do cliente. A qualidade pode ser definida como a adequação ao uso, o que implica conformidade a especificações e satisfação do cliente.

2.8.2 Mensuração dos serviços logísticos

Segundo Ballou (2006), encontrar uma mensuração com abrangência suficiente para garantir uma avaliação efetiva do desempenho da logística dos serviços ao cliente é realmente trabalhoso, considerando-se as inúmeras dimensões dos serviços aos clientes. O tempo total do ciclo do pedido e suas variabilidades são provavelmente as melhores medidas dessa logística, uma vez que incorporam muitas variáveis consideradas importantes para os clientes.

Ainda segundo Ballou (2006), o serviço aos clientes pode ser igualmente medido em termos de cada atividade logística. Entre as mensurações mais comuns do desempenho incluem-se as seguintes:

Processamento dos pedidos

- Tempos mínimo, máximo e médio de processamento de pedidos;
- Percentual de pedidos processados nos prazos determinados.

Precisão na documentação dos pedidos

- Percentagem de documentos dos pedidos que contém erros.

Transporte

- Percentagem de pedidos no prazo;
- Percentagem de pedidos entregue na data estabelecida pelo cliente;
- Danos e reclamações de prejuízo como percentagem do frete.

Disponibilidade de produto e estoque

- Percentagem de artigos em falta no estoque;
- Percentagem de pedidos atendidos completamente;
- Índice de atendimento e de atendimento médio ponderado de pedidos;
- Percentual médio de itens de pedidos em atraso;
- Índice de atendimento dos itens.

Produtos danificados

- Número de devoluções em relação ao total de pedidos;
- Valor das devoluções em relação às vendas totais.

Tempo de processamento na produção/armazém

- Tempos mínimo, máximo e médio de processamento de pedidos.

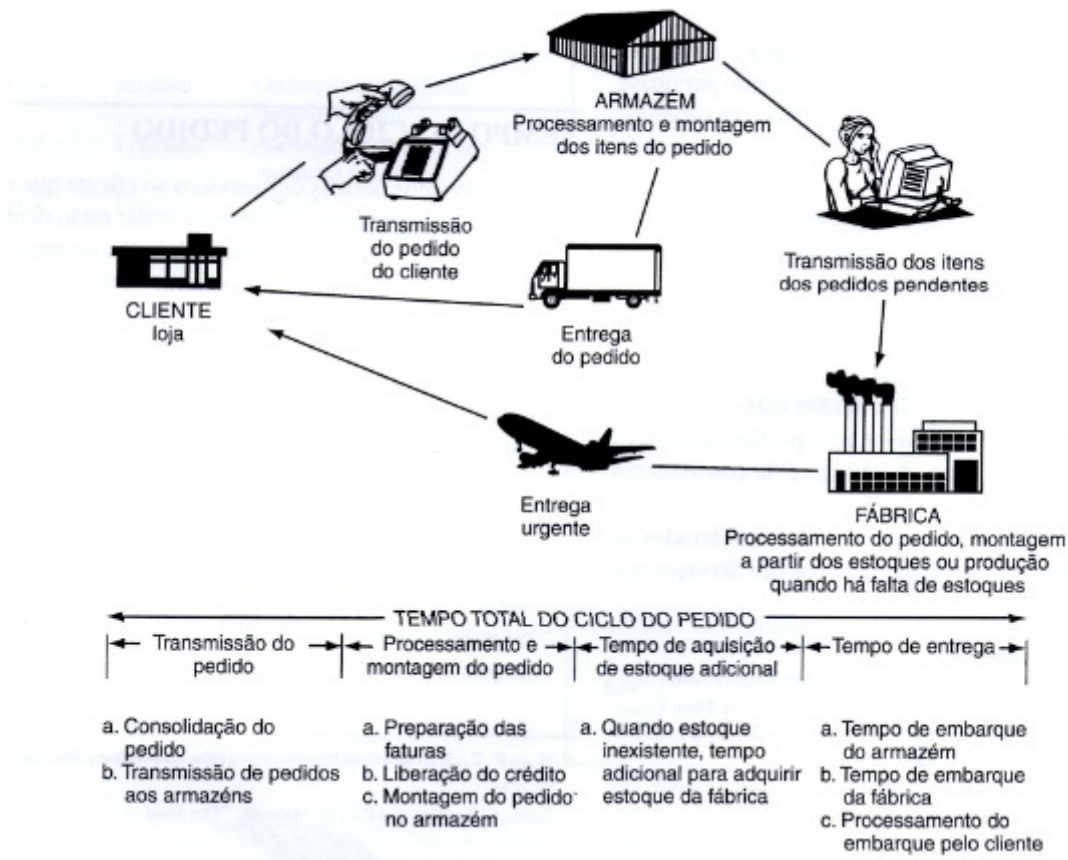
Muitas outras mensurações podem ser usadas, devendo ser adaptadas ao projeto do sistema logístico operado na empresa.

Segundo Corrêa (2010), existe dois problemas em potencial para as mensurações dos serviços logísticos. O primeiro é que elas são orientadas de dentro da empresa, provavelmente porque os dados se tornam disponíveis com maior presteza e o controle é

mais fácil do que com mensurações orientadas para fora. Por outro lado, não promovem coordenação que seja essencial para um bom desempenho do serviço ao cliente envolvendo membros de canais múltiplos. Mensurações adequadas externamente orientadas ainda estão por ser desenvolvidas. O segundo é que é possível que tais medidas não estejam centradas nas necessidades dos clientes. Frequentemente as empresas avaliam o serviço ao cliente em termos dos elementos sobre os quais elas têm inteiro controle. Definições e mensurações estreitas do serviço ao cliente podem levar qualquer empresa a acreditar que está se saindo bem, mesmo com os clientes considerando que tais serviços deixam de fora elementos importantes para eles. Isto torna a empresa inadvertidamente vulnerável em relação a concorrentes que reconhecem a necessidade de serviço total aos clientes e gerenciam o desenvolvimento desses serviços pela perspectiva dos clientes.

2.9 TEMPO DO CICLO DO PEDIDO

Para Ballou (2006), os elementos básicos dos serviços ao cliente que o profissional de logística consegue controlar estão dentro do conceito do tempo do ciclo de pedido (ou serviço). O tempo do ciclo do pedido é definido como o tempo decorrido entre o momento de pedido do cliente, a ordem de compra ou requisição de serviço e aquele da entrega do produto ou serviço ao cliente. O ciclo do pedido abrange todos os eventos mensuráveis em tempo do prazo total para a entrega de uma encomenda. Na Figura 12 são apresentados os componentes típicos de um ciclo de tempo. Observe-se que os elementos independentes de um ciclo de pedido são os tempos de transmissão, processamento e montagem, disponibilidade de estoque, tempo de produção e tempo de entrega.

Figura 12 – Componentes do ciclo do pedido do cliente

Fonte: Ballou (2006)

Ainda segundo Ballou (2006), esses elementos são direta ou indiretamente controlados por meio da escolha e do projeto de métodos de transmissão de pedido, das políticas de estocagem, dos procedimentos de processamento de pedidos, dos modos de transporte e dos métodos de programação. Para o autor, o elemento principal do ciclo do pedido sobre o qual o profissional de logística tem controle direto é o tempo de entrega – o tempo exigido para transferir a encomenda do ponto de estocagem até o ponto do cliente. Isso às vezes inclui o tempo de carregar na origem e o tempo de descarga no destino.

2.10 QUALIDADE E PRODUTIVIDADE NAS ENTREGAS

Para Valente *et al.* (2008), produtividade, conceitualmente, é a relação entre o que é produzido por uma organização (produto) e os insumos necessários para a sua produção. Pode-se quantificar a produtividade dividindo o produto total pelo total de insumos. Aumenta-se a produtividade melhorando essa relação (produto/insumos), ou seja, produzindo maior quantidade de produto ou, com melhor qualidade, utilizando o mesmo nível de insumos. Os estudos de produtividade referem-se primordialmente às relações entre os insumos necessários ao sistema de transporte e os produtos gerados para o sistema global.

Ainda para Valente *et al.* (2008), a relação entre o tempo efetivamente trabalhado e o tempo disponível para o trabalho produtivo define a eficiência do veículo. Desta forma, pode-se afirmar que são inúmeros os fatores que ajudam a aumentar a produtividade e a eficiência do veículo. Um dos fatores que ajudam é o processo de descarga do veículo. A escolha do processo de descarga vai depender, de um lado, das características do carregamento e, de outro, da disponibilidade de equipamentos e instalações fixas no depósito (plataformas), quando necessárias. O método mais simples de descarga é, obviamente, a operação manual. Mesmo esse tipo de operação exige, no entanto, uma organização adequada de maneira que os tempos de descarga sejam reduzidos e haja melhora no rendimento (VALENTE *et al.*, 2008).

O arranjo do carregamento ou a ocupação do espaço útil da carroceria ou do baú é um objetivo normalmente procurado. O arranjo do carregamento tenta responder à pergunta: como colocar no baú ou carroceria de um veículo um número máximo de caixas de tamanhos variados?

Segundo Valente *et al.* (2008), o estudo do aproveitamento espacial do veículo de transporte, na maioria das vezes, é muito complexo. São usados, na solução do problema, modelos físicos (em escala reduzida) ou modelagem matemática e simulação com uso de computador. De qualquer forma, não se pode pretender um aproveitamento de 100% do espaço disponível. É necessário que haja folgas para a movimentação de carga e descarga,

para eventuais desalinhamentos ou abaulamento das embalagens, irregularidade de empilhamento etc.

O problema de arranjo do carregamento num baú pode ser definido como um problema de otimização, em que, à medida que o número de itens encaixados aumenta o custo decresce. Além disso, quanto mais rápido forem realizadas as entregas, mais rápido o recurso estará disponível para a realização de novas entregas, contribuindo para o melhor nível de serviço. Por essa razão, o problema de otimização tem importância econômica. Esse tipo de problema é tratado, frequentemente, com o uso de modelagem matemática (VALENTE *et al.*, 2008).

Existem diversas abordagens para a solução, entre as quais podem ser citados os métodos exatos (programação linear, relaxação lagrangiana, métodos de Branch-and-Bound, programação dinâmica etc.) e os métodos heurísticos, cujo objetivo é oferecer uma boa solução para o problema, porém nem sempre a melhor (VALENTE *et al.*, 2008).

O próximo capítulo trará um breve conceito do que são a modelagem matemática e a programação linear, ferramentas utilizadas neste trabalho.

CAPÍTULO 3

MODELO DE CARREGAMENTO

Este capítulo apresenta conceitos e consideração sobre modelagem do carregamento de veículos de carga e a metodologia utilizada neste trabalho, que foi a programação linear.

Segundo Stockton (1973), modelagem é a área do conhecimento que estuda a simulação de sistemas reais com o fim de lhes prever o comportamento e é empregada em diversos campos de estudos, tais como a física, biologia, química, matemática e engenharias. A modelagem matemática, especificamente, consiste na arte de se descrever matematicamente um fenômeno. Desta forma, pode-se afirmar que um modelo matemático é desenvolvido para simular uma realidade usando a linguagem matemática.

Os modelos matemáticos são embasados, por exemplo, em leis naturais como a física ou, ainda, em situações experimentais e buscam, com as expressões matemáticas, retratar a situação apresentada de forma generalizada. Atualmente os modelos matemáticos alcançaram um grau tão alto de sofisticação que se torna necessário a utilização de ferramentas computacionais para fazer as análises, podendo ter inúmeras variáveis simultaneamente.

Os modelos matemáticos apresentam uma série de aspectos úteis do ponto de vista científico. Eles trazem como vantagem a possibilidade de confirmar ou rejeitar determinadas hipóteses relacionadas a temas de extrema complexidade, revelar algumas contradições em dados colhidos ou hipóteses formuladas, prever o comportamento de um sistema sob variáveis diversas e, ainda, testar hipóteses não testadas.

Quanto maior a proximidade do modelo com a realidade mais complexo será o mesmo. Isso significa um maior número de parâmetros e variáveis e, como consequência, uma maior dificuldade de fazer a modelagem e de tratar os dados. É importante ressaltar que as previsões do comportamento de um determinado modelo matemático, caso se faça

necessário, dependendo de sua complexidade, se dão por meio de simulações computacionais do mesmo.

Caso o modelo seja suficientemente simples, teorias matemáticas são eficientes ferramentas para que conclusões gerais sejam obtidas. Então, pode-se dizer que ao desenvolver um modelo matemático busca-se um ponto ótimo entre a representação da realidade e a complexidade do modelo, para que a obtenção de resultados coerentes seja possível, bem como sua interpretação. Portanto, a modelagem matemática ajuda a evitar ou reduzir a necessidade de gastos excessivos em experimentos, ou até mesmo simular experimentos impossíveis de serem realizados na prática.

3.1 A PROGRAMAÇÃO LINEAR E O MÉTODO SIMPLEX

Segundo Stockton (1973), a programação linear é uma das muitas técnicas analíticas desenvolvidas que têm se mostrado úteis na resolução de certos tipos de problemas empresariais. Trata-se de um método quantitativo de resolução de problemas, como muitos aplicados na pesquisa operacional, que são baseados em conceitos matemáticos e estatísticos.

Ainda segundo Stockton (1973), considerando que a programação linear representa um tipo de “modelo”, um método apropriado de estudo seria situá-lo dentro da estrutura mais extensa do processo de tomada de decisão administrativa. A maioria das proposições desse processo são adaptações do método científico. Uma das justificativas para o estudo de qualquer método de análise quantitativa é que eles ilustram todos os passos ou fases do processo de tomada de decisão em uma base explícita. A hipótese aqui é de que as habilidades de tomada de decisão desenvolvidas por meio do uso dos exercícios explícitos serão aplicadas a outros problemas, incluindo aqueles nos quais muitos fatores são essencialmente qualitativos.

Para Novaes (1978) a programação linear é uma técnica utilizada para resolver determinada classe de problema em que se procura alocar recursos limitados a atividades ou decisões diversas, de maneira ótima. Esse tipo de problema aparece frequentemente nos setores de planejamento e operação de indústrias, empresas de transporte, órgãos

governamentais etc. Dentre as diversas técnicas de Pesquisa Operacional, a Programação Linear é, talvez, a mais conhecida e a mais utilizada nas suas diversas formas.

O Termo linear significa que todas as funções definidas no modelo matemático que descreve o problema são lineares. Segundo Pinto (2008), um método de otimização direto para problemas restritos necessita considerar três premissas estabelecidas pelo modelo representativo do problema: (1) a definição das variáveis de decisão positivas, (2) uma função objetivo, de minimização ou de maximização e (3) um conjunto de restrições composto por equações ou inequações. Segundo Dantzig (1963), de maneira geral, a representação matemática de um problema de programação linear tem a forma:

$$\max Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (1)$$

Sujeito às restrições:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\leq b_1 & \dots\dots\dots (2) \\ a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &\leq b_2 \\ \cdot & \\ \cdot & \\ \cdot & \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &\leq b_m \end{aligned}$$

Para todo:

$$x_i \geq 0, \text{ para } i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Nas Equações (1), (2) e (3): a_{ij} , b_i e c_j são constantes; os x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) são as variáveis; m = quantidade de cidades, neste trabalho; n = quantidade de caixas, neste trabalho.

Ainda segundo Novaes (1978), a Equação (1) é denominada *função objetivo* e representa a variável de mérito que se deseja otimizar. No caso de maximização, Z representa a receita monetária, lucro, benefício, taxa de retorno do capital, recursos etc. No caso de minimização, Z representa, geralmente, custos ou benefícios negativos.

As variáveis x_1, x_2, \dots, x_n são chamadas *variáveis de decisão* do problema. A programação linear procura os valores de x_i (quando esses valores existirem) de modo a se atingir o máximo da função objetivo Z .

Nos casos de minimização de Z , basta fazer $Z = -Z$ e maximizar Z . É comum, também, para não se trabalhar com valores negativos de Z , usar uma transformação do tipo:

$$Z' = k - Z \quad (4)$$

Em que: k é uma constante arbitrariamente escolhida.

As restrições representadas pela Equação 2 indicam limitações de uma maneira geral, sejam elas físicas, de recursos humanos, monetárias, socioeconômicas etc. As constantes b_1, b_2, \dots, b_n representam o nível máximo que se pode atingir para cada um dos recursos.

As restrições indicadas pela Equação 3 indicam que, por sua natureza, as variáveis de um problema de programação linear devem ser não negativas. As constantes b_1, b_2, \dots, b_n devem ser todas positivas.

Segundo Pinto (2008), a programação linear é composta de métodos determinísticos diretos otimizantes e é aplicável a problemas restritos de otimização linear. O caráter determinístico de um método de otimização direto pressupõe que o modelo do problema não seja influenciado por fatores probabilísticos. Entretanto, a análise de sensibilidade a partir da variação dos parâmetros do problema pode gerar resultados para diferentes cenários estabelecidos pelo analista de pesquisa operacional, os quais possuem probabilidades distintas de ocorrência, mas que não são inseridos nos métodos específicos de programação linear para a resolução dos problemas.

Para Dantzig (1963), o objetivo central dos problemas de programação linear consiste em encontrar valores não negativos das variáveis que satisfaçam um sistema de equações lineares, de acordo com os objetivos iniciais que podem ser maximização ou minimização. Um método muito utilizado para encontrar esses valores é o Simplex, que é uma técnica utilizada para se determinar, numericamente, a solução ótima de um modelo de

programação linear, na forma padrão, mas com as seguintes características para o sistema linear de equações:

- Todas as variáveis são não negativas;
- Todos os b_i são não negativos;
- Todas as equações iniciais do sistema são do tipo “ \leq ”. Assim, na forma padrão, só são encontradas variáveis de folga.

3.2 MODELAGEM DE PROBLEMAS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR

Para Pinto (2008), a identificação do problema deve ser a primeira tarefa do analista de Pesquisa Operacional e por meio dela são definidos o enunciado do problema, o conjunto de dados pertinentes, as variáveis relevantes que influenciarão a decisão, o objetivo e as restrições para alcançá-lo. A segunda tarefa do analista é a modelagem do problema de programação linear. O processo de modelagem consiste na formulação matemática do problema, da função objetivo e das funções de restrição, que passa pela definição das variáveis de decisão.

Ainda segundo o autor, depois de escrito o modelo matemático, o analista deve escolher o método de resolução, aplicá-lo, analisar a resposta e testar a sensibilidade do modelo. Testar a sensibilidade do modelo resulta em inferir novos valores aos limitantes das restrições e aos coeficientes das variáveis de decisão, tanto na função objetivo quanto nas restrições, e analisar a nova resposta obtida com a aplicação do método.

O processo de modelagem não dispõe de uma regra fixa que oriente o analista, por isso, a sua compreensão passa necessariamente pela resolução de sucessivos problemas. Tendo como referência os produtos e processos produtivos em sistemas de produção, os problemas de Programação Linear podem ser distribuídos em quatro classes: alocação de recursos, composição do produto, composição da variedade de produção e programação da produção.

O próximo capítulo tratará do caso em estudo realizado para contextualizar o trabalho.

CAPÍTULO 4

CASO EM ESTUDO

O caso em estudo foi realizado em uma empresa do segmento de atacado e distribuição, situada na cidade de Ribeirão Preto, SP. Foi analisado o comportamento da produtividade da entrega, com dois modelos de carregamento. Trata-se de uma empresa que opera há, aproximadamente, 45 anos no mercado, destacando-se no cenário brasileiro em processos de logística de distribuição tanto no segmento de medicamentos quanto consumo em geral. O estudo de caso foi feito para o ano de 2006, quando a empresa possuía uma frota de 380 veículos próprios, divididos nas operações de distribuição e lotação. Na operação de distribuição os veículos são classificados como leves (conhecidos popularmente como $\frac{3}{4}$, com capacidade de carga útil de 4.000 kg e 17 m³ de volume útil) e semipesado (popularmente conhecido como toco, com capacidade de carga de 6.800 kg de carga útil e 38 m³ de volume útil), que realizam o atendimento das entregas para o varejo. O processo de distribuição da empresa é planejado para que os veículos saiam do Centro de Distribuição carregados, façam todo o atendimento da demanda e retornem vazios para mais um ciclo.

4.1 DESCRIÇÃO GERAL DA EMPRESA

A empresa fazia entregas em todo o estado de São Paulo e no estado de Minas Gerais, especificamente no Triângulo Mineiro. Os veículos faziam, normalmente, dois ciclos de carregamentos, que eram montados para serem entregues com o cronograma mostrado na Tabela 1:

Tabela 1 – Cronograma de vendas e entregas da empresa.

	Dia			Dia		
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Operação	Venda 1			Entrega 1		
	Quinta	Sexta	Sábado	Segunda	Terça	Quarta
Operação	Venda 2			Entrega 2		

As saídas dos veículos da sua origem, Ribeirão Preto, SP com destino às cidades para realização das entregas ocorriam conforme cronograma mostrado na Tabela 1 nas madrugadas de quinta-feira para a Venda 1 e nas madrugadas de segunda-feira para a Venda 2.

A variedade de mercadoria da empresa era composta por, aproximadamente, 8.000 itens, classificados como consumo. Entre esses itens estão: material de limpeza (sabão em pó, sabão em pedaço, amaciante, detergentes); enlatados (milho, azeitona, ervilha); material de higiene pessoal (creme dental, sabonete, xampu); bazar (cadernos, canetas), derivados do leite (leite em pó, leite condensado, creme de leite), bebidas em geral (vinhos, conhaques, cachaças), doces (chocolates, chicletes, balas), entre outros. Os mesmos eram vendidos em caixas fechadas ou fracionadas, permitindo atender tanto a clientes de portes pequeno, médio e grande do varejo.

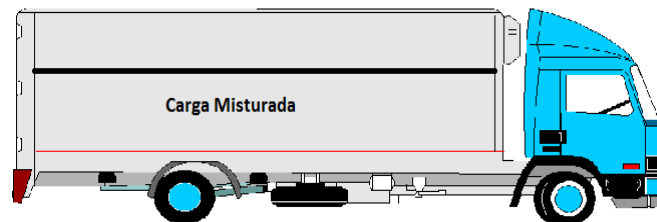
4.2 SISTEMAS DE CARREGAMENTOS E CARGAS PARA OS TESTES

Os veículos normalmente são carregados com os carregamentos desordenados, não separados por cidades, cabendo ao motorista, no ato da entrega, encontrar os produtos dentro do baú do veículo e fazer a entrega, consultando a nota fiscal, que é a cópia do pedido. Neste modelo de carregamento havia uma demora muito grande para encontrar as mercadorias dos clientes, principalmente quando o veículo estava cheio e a produtividade das entregas só aumentava à medida que o mesmo ia sendo esvaziado. Optava-se por este sistema de carregamento por ser mais rápido.

Buscando uma melhoria no atendimento aos clientes optou-se, neste trabalho, por tentar uma alternativa que facilitasse a busca da mercadoria dentro do baú pelo motorista. A alternativa encontrada foi carregar o veículo com a carga separada por cidade em que a primeira cidade a ser entregue seria a última a ser carregada e estaria com toda a sua carga na traseira do baú e, assim, sucessivamente. Com isso, buscou-se diminuir o espaço onde o motorista deveria procurar a carga e, como consequência, uma redução no tempo de entrega e melhora no nível de serviço.

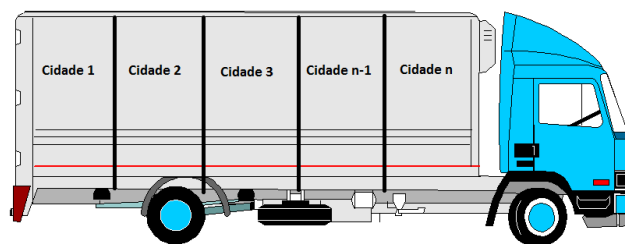
Nas Figuras 13 e 14 são mostrados os dois modelos de carregamento testados neste caso em estudo.

Figura 13 – Veículo baú carregado com os carregamentos não separados por cidades.



Fonte: o autor.

Figura 14 – Veículo baú carregado com os carregamentos separados por cidade.



Fonte: o autor.

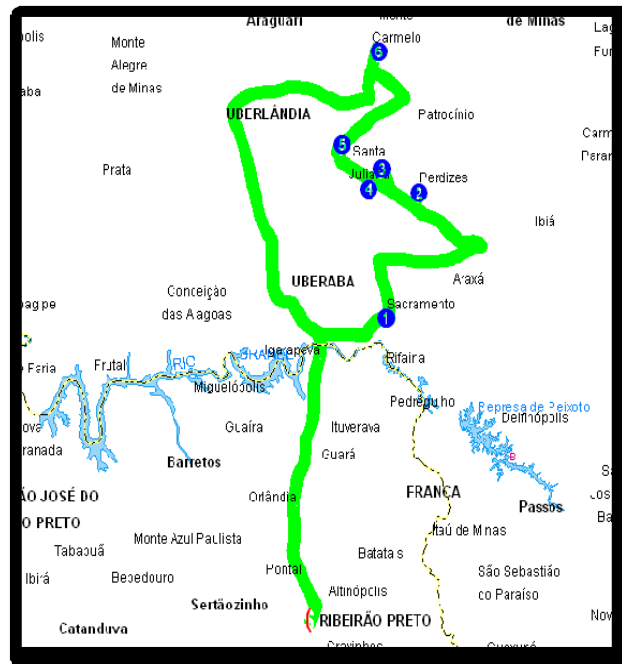
Foram escolhidos duas rotas na mesma região de distribuição. Para cada rota foi feito um carregamento com separação por cidade e um sem separação, todo desordenado, totalizando quatro viagens, todas com origem em Ribeirão Preto, SP, conforme detalhado na Tabela 2.

Tabela 2 – Lista de cidades atendidas em cada carregamento

Carregamento	Cidade						
A e B	Sacramento	Perdizes	Pedrinópolis	Santa Juliana	Nova Ponte	Monte Carmelo	
C e D	Araxá	Perdizes	Pedrinópolis	Santa Juliana	Nova Ponte	Irai de Minas	Monte Carmelo

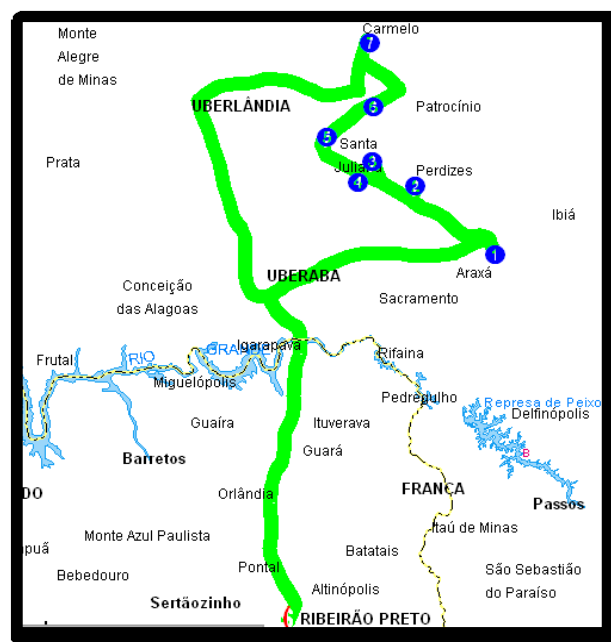
Nas Figuras 15 e 16 são mostrados exemplos de trajetos de cada carregamento, com a ordem das cidades a serem realizadas as entregas e o ponto de origem e final do carregamento, que foi Ribeirão Preto.

Figura 15 – Trajeto 1: carregamentos A e B



Fonte: o autor

Figura 16 – Trajeto 2: carregamentos C e D



Fonte: o autor

Os carregamentos montados tinham as características mostradas na Tabela 3:

Tabela 3 – Características dos carregamentos

Carregamento	Separação	Massa (Kg)	Volume (m³)	Trajetos total (Km)	Número de entregas
A	Por cidade	6.527,15	12,38	918	23
B	Sem separação	5.431,03	11,33	918	23
C	Sem separação	3.516,42	7,48	874	22
D	Por cidade	4.035,14	7,04	874	25

Para realizar as avaliações de desempenho de cada carregamento foi escolhido, como atributo, o tempo e para medi-lo foi enviado um funcionário, juntamente ao motorista, para que tomasse os tempos de cada etapa das entregas, orientando-o para que buscasse impactar o menos possível no desempenho das entregas para que o cenário fosse o mais próximo da realidade vivida pelo motorista nos dias em que ele realizava sozinho as entregas.

4.3 DETALHAMENTO DOS CARREGAMENTOS USADOS NOS TESTES

Ao serem avaliados os pedidos em carteira de cada cliente e as variáveis massa e volume de cada pedido e ao serem definidos os volumes fazia-se a composição do carregamento, definindo quais as cidades seriam atendidas no trajeto, quantas entregas seriam realizadas e, a partir da definição do volume e massa do carregamento, definia-se o veículo a ser utilizado.

Na Tabela 4 são mostrados os detalhes do carregamento “A”.

Tabela 4 – Detalhamento do carregamento A

Carga (A) separada por cidade

Cidade	Veículo	Rota	Entrega	Entrega (kg)	% de Massa	Vol. (m³)	% de Vol.
Sacramento	2366	2	1	1.004,23	15,39	2,31	18,66
	2366	2	2	926,73	14,2	1,63	13,2
Total parcial				1.930,96	29,59	3,94	31,86
Perdizes	2366	2	3	300,49	4,6	0,51	4,14
	2366	2	4	502,66	7,7	0,74	5,97
	2366	2	5	44,41	0,68	0,24	1,95
	2366	2	6	32,43	0,5	0,05	0,36
	2366	2	7	247,72	3,8	0,38	3,03
Total parcial				1.127,71	17,28	1,91	15,45
Pedrinópolis	2366	2	8	75,19	1,15	0,15	1,21
Total parcial				75,19	1,15	0,15	1,21
Santa Juliana	2366	2	9	62,89	0,96	0,11	0,87
	2366	2	10	270,36	4,14	0,46	3,69
	2366	2	11	13,36	0,2	0,01	0,09
	2366	2	12	11,9	0,18	0,04	0,33
	2366	2	13	713,89	10,94	1,05	8,5
	2366	2	14	160,22	2,45	0,26	2,11
Total parcial				1.232,62	18,87	1,93	15,59
Nova Ponte	2366	2	15	81,13	1,24	0,19	1,53
	2366	2	16	566,42	8,68	1,09	8,77
	2366	2	17	397,09	6,08	0,67	5,4
Total parcial				1.044,64	16	1,94	15,7
Monte Carmelo	2366	2	18	92,83	1,42	0,17	1,41
	2366	2	19	488,22	7,48	0,99	8,01
	2366	2	20	121,7	1,86	0,21	1,71
	2366	2	21	131,55	2,02	0,59	4,77
	2366	2	22	90,09	1,38	0,14	1,17
	2366	2	23	191,64	2,94	0,39	3,15
Total parcial				1.116,03	17,1	2,5	20,22
Total geral				6.527,15	100	12,38	100

Verifica-se, na Tabela 4, o número de clientes (Entregas = 23) aos quais seriam feitas as entregas, massa em kg de cada entrega, para cada cidade, bem como a massa total do

carregamento, além da representação, em percentual, de cada entrega dentro do carregamento. Verificavam-se, também, os volumes, em m^3 , de cada entrega e de cada cidade e o total acumulado, além da representação, em percentual, de cada entrega dentro do total. Os carregamentos das outras três rotas estão a seguir.

4.4 ANÁLISES REALIZADAS

Este trabalho busca demonstrar que dentre as duas opções de carregamento estudadas com separação por cidade e sem separação, aquela que as entregas forem executadas em menor tempo possível e, como consequência, o atendimento mais rápido ao cliente é a que melhor atenderá às necessidades dos envolvidos: o cliente em receber o mais rápido possível, e a distribuição em disponibilizar a entrega no menor tempo possível.

Tomou-se o cuidado de alocar o mesmo motorista e o mesmo veículo para todos os carregamentos, para que as condições fossem as mesmas e, assim, não aparecesse qualquer variável relativa aos dois recursos (modo de operação do motorista e veículo), que pudessem comprometer as análises.

Conforme descrito, baseado na grande variedade de produtos disponível para as vendas, cada carregamento foi composto por um número elevado de produtos de categorias e finalidades diferentes, que eram carregados em caixas de papelão com volumes diferentes, que eram enviadas por cada fornecedor, ou, ainda, caixas dos distribuidores para acomodar as frações de caixa. A informação comum a cada carregamento, após sua montagem, era a massa por cidade, em kg, e o volume, em m^3 , para cada cidade.

Para fazer uma análise completa da produtividade, o ideal seria que cada carregamento de cada cidade também contivesse a informação do número de caixas a serem descarregadas. Caso um funcionário da empresa ao longo das entregas anotasse cada tempo de cada etapa criar-se-ia o indicador caixas entregues por unidade de tempo, ou seja, caixas/minuto, por exemplo, e o modelo de carregamento que apresentasse o menor indicador se mostraria mais produtivo e, assim, com melhor nível de serviço. No entanto, o sistema não fornecia esta informação. Uma análise pura e simples dos tempos decorridos de cada etapa, apesar de demonstrar diferença entre eles, não serviria como indicador de produtividade, muito

menos como argumento de convencimento de melhor desempenho. Para solucionar o problema foi feita uma modelagem via programação linear de cada carregamento, de cada cidade, buscando diluir as mesmas em cinco tipos de caixas que pudessem contemplar todas as entregas. Essa modelagem forneceu, para cada cidade, um número “x” de cada uma das cinco caixas, fazendo com que no final todo o carregamento fosse acomodado neste número total de caixas modeladas fazendo, assim, a transformação.

Assim, para a solução da questão, foram utilizados cinco tipos diferentes de caixas. Porém, a partir do modelo desenvolvido, o número de caixas diferentes e os tamanhos delas podem ser as mais variadas, de acordo com a proposta a ser desenvolvida. Ao fazer a modelagem e, como consequência, fazer a conversão de todos os carregamentos em um número efetivo de caixas de cada carregamento, pode-se fazer a comparação entre o indicador de cada carregamento e demonstrar o quanto cada carregamento será mais produtivo, um em relação ao outro e, assim, fazer comparações e tirar conclusões entre os dois modelos.

4.5 MODELAGEM DOS CARREGAMENTOS E TRANSFORMAÇÃO DOS VOLUMES DE M³ PARA NÚMERO DE CAIXAS

A definição dos tipos de caixas foi feita por meio de uma relação com as dimensões internas do baú do veículo, para que existissem caixas de tamanhos diferentes sendo representadas. As dimensões foram escolhidas de forma aleatória, porém, buscou-se ter dimensões de caixas que representassem de forma geral as que realmente estavam no carregamento. Na Tabela 5 são mostradas as dimensões externas e internas, em metros, do baú utilizado, bem como o volume.

Tabela 5 – Dimensões externas e internas do baú do veículo e volume

Dimensão	Externas	Internas
Comprimento (X) (m)	6,90	6,80
Largura (Y) (m)	2,50	2,38
Altura (Z) (m)	2,50	2,34
Volume (m³)	43,25	37,87

Fonte: O autor

As dimensões escolhidas foram: 5%, 8%, 10%, 12% e 14% de cada dimensão interna do baú, comprimento (X), largura (Y), altura (Z) e volume, em m³, conforme a Tabela 6.

Tabela 6 – Dimensão das caixas

Caixa Tipo 1				
5%	X	Y	Z	Volume
	0,340	0,120	0,120	0,0049
Caixa Tipo 2				
8%	X	Y	Z	Volume
	0,544	0,190	0,187	0,0193
Caixa Tipo 3				
10%	X	Y	Z	Volume
	0,680	0,238	0,234	0,0378
Caixa Tipo 4				
12%	X	Y	Z	Volume
	0,816	0,286	0,280	0,0653
Caixa Tipo 5				
14%	X	Y	Z	Volume
	0,952	0,333	0,328	0,1040

Fonte: O autor

4.5.1 Modelagem do carregamento “A” separado por cidade

Foram levantados de todos os carregamentos todos os tempos produtivos, que são os tempos efetivos de realização das entregas considerando os tempos de percurso e os tempos de entrega, transcorridos desde a saída da origem, na cidade de Ribeirão Preto, até o retorno à origem. A importância em ter os dados ocorre pelo fato de que a partir do tempo de entrega total e pelo número de caixas convertidas na modelagem chega-se a um indicador de produtividade: minutos por caixas entregues em cada carregamento. Com isso, faz-se a comparação entre as caixas e verifica-se o quanto cada modelo foi melhor que o outro, lembrando que quanto menor o indicador maior a produtividade e, como consequência, melhor o nível de serviço. Na Tabela 7 são mostradas as cidades de origem bem como o destino de cada trecho da viagem e os tempos produtivos do carregamento “A”.

Tabela 7 – Tempos produtivos do carregamento A

Origem	Destino	Saída	Tempo Percurso (h)	Chegada	Entrega (min)
Ribeirão Preto	Sacramento	05:05	03:49	08:54	184
Sacramento	Perdizes	12:21	02:31	14:52	107
Perdizes	Pedrinópolis	17:47	01:12	18:59	007
Pedrinópolis	Santa Juliana	08:19	00:24	08:43	181
Santa Juliana	Nova Ponte	12:54	00:49	13:43	100
Nova Ponte	Monte Carmelo	15:48	01:19	17:07	106
Monte Carmelo	Ribeirão Preto	04:01	06:37	10:38	
Total					685

Observa-se, pela descrição do carregamento “A” na Tabela 4, que há entregas em seis cidades diferentes: Sacramento, Perdizes, Pedrinópolis, Santa Juliana, Nova Ponte e Monte Carmelo. Cada cidade tem suas entregas dimensionadas em volume (m^3), e por meio da modelagem, os volumes são convertidos em número de caixas, caixas estas do tipo 1, 2, 3, 4 e 5. Para isso, definiu-se que x_{mn} será a variável que indicará a cidade (m) e o tipo de caixa (n). Portanto, x_{11} indicará para a cidade 1 (Sacramento) o número do tipo de caixa (1) a ser entregue; x_{21} indicará para a cidade 2 (Perdizes); x_{31} indicará para a cidade 3 (Pedrinópolis); x_{41} indicará para a cidade 4 (Santa Juliana); x_{51} indicará para a cidade 5 (Nova Ponte); e x_{61} indicará para a cidade 6 (Monte Carmelo). Sendo assim, serão encontradas 30 combinações, conforme Tabela 8:

Tabela 8 – Referências das caixas nos destinos do carregamento A

Cidade	Caixa				
	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}
	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{25}
	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_{35}
	x_{41}	x_{42}	x_{43}	x_{44}	x_{45}
	x_{51}	x_{52}	x_{53}	x_{54}	x_{55}
	x_{61}	x_{62}	x_{63}	x_{64}	x_{65}

Apresenta-se, a seguir, a função objetivo do carregamento “A” com suas restrições. O objetivo da programação linear nesse caso é a maximização da função objetivo.

Função Objetivo: Maximizar a função:

$$L(x_1, x_2, \dots, x_{30}) = 0,0049x_{11} + 0,0193x_{12} + 0,0378x_{13} + 0,0653x_{14} + 0,1040x_{15} + 0,0049x_{21} + 0,0193x_{22} + 0,0378x_{23} + 0,0653x_{24} + 0,1040x_{25} + 0,0049x_{31} + 0,0193x_{32} + 0,0378x_{33} + 0,0653x_{34} + 0,1040x_{35} + 0,0049x_{41} + 0,0193x_{42} + 0,0378x_{43} + 0,0653x_{44} + 0,1040x_{45} + 0,0049x_{51} + 0,0193x_{52} + 0,0378x_{53} + 0,0653x_{54} + 0,1040x_{55} + 0,0049x_{61} + 0,0193x_{62} + 0,0378x_{63} + 0,0653x_{64} + 0,1040x_{65}$$

Restrições:

Restrição 1: Restrição de não negatividade.

$$x_{mn} \geq 0$$

Para $m = 1, \dots, 6$

$n = 1, \dots, 5$

Restrição 2:

$$x_{mn} \leq 3,95$$

Para $m = 1$

$n = 1, \dots, 5$

Onde 3,95 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 1,

Restrição 3:

$$x_{mn} \leq 1,91$$

Par $m = 2$

$n = 1, \dots, 5$

Onde 1,91 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 2,

Restrição 4:

$$x_{mn} \leq 0,15$$

Para $m = 3$

$n = 1, \dots, 5$

Onde 0,15 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 3,

Restrição 5:

$$x_{mn} \leq 1,93$$

Para $m = 4$

$n = 1, \dots, 5$

Onde 1,93 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 4,

Restrição 6:

$$x_{mn} \leq 1,94$$

Para $m = 5$

$$n = 1, \dots, 5$$

Onde 1,94 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 5,

Restrição 7:

$$x_{ij} \leq 2,50$$

Para $m = 6$

$$n = 1, \dots, 5$$

Onde 2,50 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 6,

Restrição 8:

$$(0,0049x_{11}+0,0193x_{12}+0,0378x_{13}+0,0653x_{14}+0,1040x_{15} \leq 3,94)$$

Restrição 9:

$$(0,0049x_{21}+0,0193x_{22}+0,0378x_{23}+0,0653x_{24}+0,1040x_{25} \leq 1,91)$$

Restrição 10:

$$(0,0049x_{31}+0,0193x_{32}+0,0378x_{33}+0,0653x_{34}+0,1040x_{35} \leq 0,15)$$

Restrição 11:

$$(0,0049x_{41}+0,0193x_{42}+0,0378x_{43}+0,0653x_{44}+0,1040x_{45} \leq 1,93)$$

Restrição 12:

$$(0,0049x_{51}+0,0193x_{52}+0,0378x_{53}+0,0653x_{54}+0,1040x_{55} \leq 1,94)$$

Restrição 13:

$$(0,0049x_{61}+0,0193x_{62}+0,0378x_{63}+0,0653x_{64}+0,1040x_{65} \leq 2,50)$$

Para encontrar a solução foi utilizada a ferramenta *Solver* de uma planilha eletrônica, que resultou na Tabela 9.

Tabela 9 – Resultado da conversão do carregamento de volume para caixas do carregamento A

X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	Caixas
1	4	9	15	24	53
X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	
1	2	4	7	12	26
X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
0	0	0	1	1	2
X ₄₁	X ₄₂	X ₄₃	X ₄₄	X ₄₅	
1	2	4	7	12	26
X ₅₁	X ₅₂	X ₅₃	X ₅₄	X ₅₅	
1	2	4	7	12	26
X ₆₁	X ₆₂	X ₆₃	X ₆₄	X ₆₅	
1	3	6	10	15	35
Total					168

Ao converter os volumes, em m³, dos carregamentos por cidade em número de caixas e tendo os tempos gastos em cada cidade e o tempo total de entrega das caixas foi possível calcular o indicador de produtividade: minutos por caixas entregues, como mostrado na Tabela 10.

Tabela 10 – Indicador de produtividade para o carregamento A

	Cidade						
	1	2	3	4	5	6	Total
Minutos	184	107	7	181	100	106	685
Caixas	53	26	2	26	26	35	168
Min/caixa	3,41	4,12	3,50	6,96	3,70	3,12	4,05

4.5.2 Modelagem do carregamento “B” sem separação por cidade

Na Tabela 11 são mostradas as cidades de origem bem como o destino de cada trecho da viagem e os tempos produtivos do carregamento “B”.

Tabela 11 – Tempos produtivos para o carregamento B

Origem	Destino	Saída	Tempo de Percurso (h)	Chegada	Entrega (min)
Ribeirão Preto	Sacramento	04:55	03:48	08:43	402
Sacramento	Perdizes	16:08	02:40	18:48	285
Perdizes	Pedrinópolis	13:26	00:42	14:08	106
Pedrinópolis	Sta. Juliana	16:07	00:21	16:28	213
Sta. Juliana	Nova Ponte	21:09	00:40	21:49	171
Nova Ponte	Monte Carmelo	12:23	01:05	13:28	100
Monte Carmelo	Ribeirão Preto	16:01	05:52	21:53	
Total					1.277

O carregamento “B” é similar ao carregamento “A” ou seja, são, também, seis cidades para serem realizadas entregas, com diferença nos volumes específicos de cada cidade e na forma de carregamento.

Apresenta-se, a seguir, a função objetivo do carregamento “B” com suas restrições. O objetivo da programação linear nesse caso é a maximização da função objetivo.

Função Objetivo: Maximizar a função:

Maximizar a função:

$$\begin{aligned}
 L(x_1, x_2, \dots, x_{30}) = & 0,0049x_{11} + 0,0193x_{12} + 0,0378x_{13} + 0,0653x_{14} + 0,1040x_{15} + 0,0049x_{21} + \\
 & 0,0193x_{22} + 0,0378x_{23} + 0,0653x_{24} + 0,1040x_{25} + 0,0049x_{31} + 0,0193x_{32} + 0,0378x_{33} + 0,0653 \\
 & x_{34} + 0,1040x_{35} + 0,0049x_{41} + 0,0193x_{42} + 0,0378x_{43} + 0,0653x_{44} + 0,1040x_{45} + 0,0049x_{51} + \\
 & 0,0193x_{52} + 0,0378x_{53} + 0,0653x_{54} + 0,1040x_{55} + 0,0049x_{61} + 0,0193x_{62} + 0,0378x_{63} + 0,0653x_{64} + \\
 & 0,1040x_{65}
 \end{aligned}$$

Restrições:

Restrição 1: Restrição de não negatividade

$$x_{mn} \geq 0$$

Para $m = 1, \dots, 6$

$$n = 1, \dots, 5$$

Restrições Técnicas:

Restrição 2:

$$x_{mn} \leq 5,56$$

Para $m = 1$

$$n = 1, \dots, 5$$

Onde 5,56 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 1,

Restrição 3:

$$x_{mn} \leq 0,91$$

Para $m = 2$

$$n = 1, \dots, 5$$

Onde 0,91 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 2,

Restrição 4:

$$x_{mn} \leq 0,09$$

Para $m = 3$

$$n = 1, \dots, 5$$

Onde 0,09 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 3,

Restrição 5:

$$x_{mn} \leq 1,62$$

Para $m = 4$

$$n = 1, \dots, 5$$

Onde 1,62 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 4,

Restrição 6:

$$x_{mn} \leq 2,24$$

Para $m = 5$

$$n = 1, \dots, 5$$

Onde 2,24 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 5,

Restrição 7:

$$x_{mn} \leq 0,91$$

Para $m = 6$

$$n = 1, \dots, 5$$

Onde 0,91 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 6,

Restrição 8:

$$(0,0049x_{11}+0,0193x_{12}+0,0378x_{13}+0,0653x_{14}+0,1040x_{15} \leq 5,56)$$

Restrição 9:

$$(0,0049x_{21}+0,0193x_{22}+0,0378x_{23}+0,0653x_{24}+0,1040x_{25} \leq 0,91)$$

Restrição 10 :

$$(0,0049x_{31}+0,0193x_{32}+0,0378x_{33}+0,0653x_{34}+0,1040x_{35} \leq 0,09)$$

Restrição 11:

$$(0,0049x_{41}+0,0193x_{42}+0,0378x_{43}+0,0653x_{44}+0,1040x_{45} \leq 1,62)$$

Restrição 12:

$$(0,0049x_{51}+0,0193x_{52}+0,0378x_{53}+0,0653x_{54}+0,1040x_{55} \leq 2,25)$$

Restrição 13:

$$(0,0049x_{61}+0,0193x_{62}+0,0378x_{63}+0,0653x_{64}+0,1040x_{65} \leq 0,91)$$

Por meio da solução apresentada pelo método *Solver* chegou-se ao seguinte resultado, conforme Tabela 12.

Tabela 12 – Resultado da conversão do carregamento em volume para caixas do carregamento B

X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	Caixas
4	18	34	60	0	116
X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	
0	1	2	3	6	12
X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
0	0	0	0	1	1
X ₄₁	X ₄₂	X ₄₃	X ₄₄	X ₄₅	
0	2	3	6	10	21
X ₅₁	X ₅₂	X ₅₃	X ₅₄	X ₅₅	
1	2	5	8	14	30
X ₆₁	X ₆₂	X ₆₃	X ₆₄	X ₆₅	
0	1	2	3	6	12
Total					192

Ao converter os volumes, em m³, dos carregamentos por cidade em número de caixas e tendo os tempos gastos em cada cidade e o tempo total de entrega das caixas foi possível calcular o indicador de produtividade: minutos por caixas entregues, como mostrado na Tabela 13.

Tabela 13 – Indicador de produtividade para o carregamento B

	Cidade						Total
	1	2	3	4	5	6	
Minutos	402	285	106	213	171	100	1277
Caixas	116	12	1	22	30	12	193
Min/caixa	3,47	23,75	106	9,68	5,70	8,33	6,62

A modelagem e os resultados do carregamento “C” (sem separação por cidade), e do carregamento “D” (com separação por cidade), encontram-se no Apêndice.

Na Tabela 14 é apresentado um resumo da análise feita para os carregamentos.

Tabela 14 – Comparação dos resultados de cada Carregamento

Carregamento	Tipo de Carregamento	Indicador de Produtividade (min/caixa)	Relação
A	Separada por cidade	4,05	38,9% menor
B	Sem separação	6,62	
C	Sem separação	10,37	52,7% menor
D	Separada por cidade	5,02	

Verifica-se que o modelo de carregamento com a carga separada por cidade, é muito mais produtivo que o modelo sem separação. Isto acontece porque ao fazer a separação da carga dentro do veículo para entregar ao cliente, o motorista tem acesso aos produtos muito mais rapidamente que no segundo modelo. Enquanto que para compor todo o pedido do cliente o motorista precisa procurar os produtos em todo o baú do veículo, no modelo de carregamento com a separação da carga por cidade, o mesmo necessita procurar apenas naquela área onde a carga da cidade em questão está segregada.

Além do ganho da produtividade, pode-se afirmar que outro benefício deste modo de separação é a minimização do risco de avaria de produtos, pois ao procurar em todo o baú, o motorista precisa movimentar muita mercadoria de um lado para outro para encontrar o que procura e até precisa pisar nas mesmas para se deslocar de um canto para o outro do baú completamente carregado.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi contribuir de forma construtiva para as organizações do setor de distribuição no sentido de facilitar numa decisão entre os dois modelos de carregamento mais comumente utilizados: carregamento com separação por cidade e sem separação. Na literatura pesquisada não foi encontrado trabalho que pudesse ajudar na decisão e acredita-se que este trabalho possa apoiar na tomada de decisão entre os dois modelos, com argumentos técnicos e metodologia científica.

Pelos resultados apresentados neste trabalho pode-se ver claramente que o modelo de carregamento dos lotes de carga por cidade é sensivelmente mais produtivo que o outro modelo em que os lotes são carregados sem qualquer tipo de critério. Observa-se que o modelo de carregamento por cidade é muito mais produtivo que o outro. Na média, nos casos analisados, pode-se afirmar que a redução de tempos para a realização das entregas é de 45,8%, algo extremamente significativo e que faz muita diferença quando o assunto é a competitividade entre as empresas, isso porque o cliente tem uma sensibilidade muito grande quanto à rapidez de suas entregas.

Desta forma, é feita a seguinte pergunta: Já que é tão mais produtivo, por que as organizações não se adaptam ao modelo proposto neste trabalho? A resposta é que, para isso, as empresas teriam que ter algumas pré condições e recursos dentro de suas estruturas de distribuição para facilitar o trabalho de separação dos carregamentos. Uma delas seria ter docas de carregamento suficiente para trabalhar todo o carregamento, maior quantidade de pessoal, uma infraestrutura de tecnologia de informação que facilite no momento de programar os mapas de separação de cargas, entre outros recursos.

Assim, sugere-se, a partir deste trabalho, uma continuidade do mesmo, mais especificamente dentro do Centro de Distribuição (CD), no sentido de se verificar quais

são as reais necessidades dentro das empresas para implantar o modelo de carregamento proposto e medir o custo benefício desta forma de carregamento, já que dentro do CD há um aumento significativo de trabalho para facilitar o acesso do motorista às mercadorias e, como consequência, à entrega dos pedidos para o cliente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, A. C.; NOVAES, A. G. N. *Logística aplicada: Suprimentos e Distribuição Física*. 2. ed., São Paulo: Pioneira, 1997.

BALLOU, R. H. *Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física*. São Paulo: Atlas, 1993.

_____. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial*. Porto Alegre, 2006.

_____. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial*. 5. ed. Porto Alegre: Bookmann, 2007 e 2008.

BERTAGLIA, P. R. *Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento*. São Paulo: Saraiva, 2009.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. *Logística Empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento*. São Paulo: Atlas, 2009.

CAIXETA-FILHO, J. V.; MARTINS, R. S. (Org.). *Gestão logística do transporte de cargas*. São Paulo. Ed. Atlas. 2007.

CHRISTOPHER, Martin. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: criando redes que agregam valor*. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

CORRÊA, H. L. *Gestão de Redes de Suprimento – Integrado Cadeias de Suprimento no Mundo Globalizado*. São Paulo: Atlas, 2009.

CRAINIC, T. G. *City Logistics. Interuniversity Research Centre on Enterprise Networks, Logistics and Transportation*, Bureaux de Montreal, p. 25, July, 2008.

DANTZIG, G. B. *Linear Programming and Extensions*. New Jersey: Princeton University, 1963.

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

MATOS E SOUZA, C. A. *Distribuição dos lotes de cargas procurando maximizar o carregamento em semi-reboques do tipo baú sem causar excesso de peso*. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia Civil Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

NOVAES, A. G. N. *Métodos de otimização: aplicações aos transportes*. São Paulo: Edgard Blücher, 1978.

_____. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: Estratégia, Operação e Avaliação*. Rio de Janeiro: Campus, ed. 2001, 2004 e 2007.

PINTO, K. C. R. *Aprendendo a decidir com a pesquisa operacional: modelos e métodos de apoio à decisão*. Uberlândia: EDUFU, 2008.

SILUK, J. C. M. ; ALVES, V. T. *Revista Espacios*, Vol. 33, p. 3, 2012.

STOCKTON, R. S. *Introdução à Programação Linear – Série Métodos Quantitativos*. São Paulo: Atlas, 1973.

TABOADA, C. *Logística: o diferencial da empresa competitiva*. Curitiba: Revista FAE Business. n. 2, junho, 2002.

TANIGUCHI, E.; THOMPSON, R. G.; YAMADA, T. *City Logistics – Network Modelling and Intelligent Transport Systems*. Pergamon, Oxford. Elsevier, 2001.

VALENTE, A. M. et al. *Qualidade e Produtividade nos Transportes*. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

A PÊNDICE

Na Tabela 15 são mostradas as características e detalhes do carregamento “B”.

Tabela 15 – Detalhamento do carregamento B

Carga (B) sem separação por cidade

Cidade	Veículo	Rota	Entrega	Entrega (kg)	% de massa	Vol. (m³)	% de Vol.
Sacramento	2366	2	1	715,84	13,18	2,24	19,78
	2366	2	2	1.564,61	28,81	2,62	23,13
	2366	2	3	250,37	4,61	0,71	6,27
Total parcial				2.530,82	46,60	5,57	49,18
Perdizes	2366	2	4	124,95	2,30	0,27	2,38
	2366	2	5	266,96	4,92	0,52	4,59
	2366	2	6	40,10	0,74	0,12	1,06
Total parcial				432,01	7,96	0,91	8,03
Pedrinópolis	2366	2	7	59,65	1,10	0,09	0,75
Total parcial				59,65	1,10	0,09	0,75
Santa Juliana	2366	2	8	68,08	1,25	0,11	0,97
	2366	2	9	132,50	2,44	0,21	1,85
	2366	2	10	361,50	6,66	0,85	7,51
	2366	2	11	70,65	1,30	0,15	1,32
	2366	2	12	126,56	2,33	0,29	2,56
Total parcial				759,29	13,98	1,61	14,21
Nova Ponte	2366	2	13	57,67	1,06	0,14	1,24
	2366	2	14	91,39	1,68	0,14	1,24
	2366	2	15	153,22	2,82	0,26	2,30
	2366	2	16	86,61	1,59	0,14	1,24
	2366	2	17	220,22	4,05	0,40	3,53
	2366	2	18	419,52	7,72	0,94	8,30
	2366	2	19	108,14	1,99	0,22	1,94
Total parcial				1.136,77	20,91	2,24	19,79
Monte Carmelo	2366	2	20	56,20	1,03	0,10	0,88
	2366	2	21	86,56	1,59	0,15	1,32
	2366	2	22	146,14	2,69	0,26	2,30
	2366	2	23	223,59	4,12	0,40	3,53
Total parcial				512,49	9,43	0,91	8,03
Total geral				5.431,03	100	11,33	100

Na Tabela 16 são mostradas as características e detalhes do carregamento “C”.

Tabela 16 – Detalhamento do carregamento C

Carga (C) sem separação por cidade

Cidade	Veículo	Rota	Entrega	Entrega (km)	% de massa	Vol. (m³)	% de Vol.
Araxá	2366	3	1	72,05	2,05	0,14	1,83
	2366	3	2	51,58	1,47	0,04	0,56
	2366	3	3	211,75	6,02	0,40	5,30
	2366	3	4	70,44	2,00	0,26	3,53
	2366	3	5	506,91	14,42	1,12	14,96
	2366	3	6	74,20	2,11	0,08	1,08
	2366	3	7	113,61	3,23	0,19	2,57
	2366	3	8	41,38	1,18	0,05	0,68
	2366	3	9	251,76	7,16	0,67	8,94
	2366	3	10	170,52	4,85	0,32	4,34
	2366	3	11	90,81	2,58	0,28	3,81
Total parcial				1.655,01	47,07	3,56	47,60
Perdizes	2366	2	12	221,89	6,31	0,55	7,31
Total parcial				221,89	6,31	0,55	7,31
Pedrinópolis	2366	2	13	330,28	9,39	0,68	9,07
	2366	2	14	144,15	4,10	0,27	3,58
Total parcial				474,43	13,49	0,95	12,65
Santa Juliana	2366	2	15	8,93	0,25	0,01	0,07
Total parcial				8,93	0,25	0,01	0,07
Nova Ponte	2366	2	16	209,86	5,97	0,49	6,55
Total parcial				209,86	5,97	0,49	6,55
Irai de Minas	2366	2	17	56,81	1,62	0,07	0,99
	2366	2	18	150,83	4,29	0,23	3,12
	2366	2	19	59,47	1,69	0,09	1,18
	2366	2	20	48,51	1,38	0,15	2,02
	2366	2	21	446,72	12,70	1,02	13,65
Total parcial				762,34	21,68	1,57	20,96
Monte Carmelo	2366	2	22	183,96	5,23	0,36	4,86
Total parcial				183,96	5,23	0,36	4,86
Total geral				3.516,42	100	7,48	100

Na Tabela 17 são mostradas as características e detalhes do carregamento “D”.

Tabela 17 – Detalhamento do carregamento D

Carga (D) separada por cidade							
Cidade	Veículo	Rota	Entrega	Entrega (kg)	% de massa	Volume	% de Vol.
Araxá	2366	3	1	578,97	14,35	1,19	16,87
	2366	3	2	111,5	2,76	0,2	2,89
	2366	3	3	108,1	2,68	0,15	2,07
	2366	3	4	45,69	1,13	0,09	1,34
	2366	3	5	16,76	0,42	0,02	0,29
	2366	3	6	127,26	3,15	0,26	3,67
	2366	3	7	26,41	0,65	0,03	0,4
	2366	3	8	258,53	6,41	0,48	6,88
Total parcial				1.273,22	31,55	2,42	34,41
Perdizes	2366	2	9	795	19,7	1,23	17,42
Total parcial				795	19,7	1,23	17,42
Pedrinópolis	2366	2	10	229,83	5,7	0,38	5,41
Total parcial				229,83	5,7	0,38	5,41
Santa Juliana	2366	2	11	218,42	5,41	0,25	3,62
Total parcial				218,42	5,41	0,25	3,62
Nova Ponte	2366	2	12	182,56	4,52	0,25	3,48
	2366	2	13	123,82	3,07	0,18	2,49
Total parcial				306,38	7,59	0,42	5,97
Irai de Minas	2366	2	14	53,95	1,34	0,08	1,2
	2366	2	15	200,5	4,97	0,42	5,96
	2366	2	16	34,93	0,87	0,06	0,83
	2366	2	17	146,85	3,64	0,3	4,19
	2366	2	18	31,75	0,79	0,04	0,57
	2366	2	19	78,78	1,95	0,15	2,07
	2366	2	20	45,66	1,13	0,1	1,39
Total parcial				592,42	14,69	1,14	16,21
Monte Carmelo	2366	2	21	12,42	0,31	0,01	0,08
	2366	2	22	101,31	2,51	0,23	3,31
	2366	2	23	58,58	1,45	0,08	1,1
	2366	2	24	194,55	4,82	0,4	5,68
	2366	2	25	253,01	6,27	0,48	6,79
Total parcial				619,87	15,36	1,19	16,96
Total geral				4.035,14	100	7,04	100

MODELAGEM DO CARREGAMENTO “C” – SEM SEPARAÇÃO POR CIDADE

Tabela 18 – Tempos produtivos Carga C

Origem	Destino	Saída	Percurso (h)	Chegada	Entrega (min)
Ribeirão Preto	Araxá	04:59	03:56	08:55	511
Araxá	Perdizes	06:32	00:54	07:26	86
Perdizes	Pedrinópolis	09:09	00:39	09:48	163
Pedrinópolis	Santa Juliana	13:06	00:23	13:29	15
Santa Juliana	Nova Ponte	14:01	00:39	14:40	144
Nova Ponte	Irai de Minas	17:18	00:38	17:56	126
Irai de Minas	Monte Carmelo	07:10	00:41	07:51	71
Monte Carmelo	Ribeirão Preto	09:19	05:46	15:05	
Total					1.116

A carga “C” possui 7 cidades (Sacramento, outras seis...) dentro de seu roteiro para a realização das entregas, onde os seus carregamentos foram carregados sem nenhum critério de separação. Nas 7 cidades, os volumes carregados de entregas das mesmas foram também convertidos de volume para quantidades de caixas de 5 tipos diferentes, conforme padrão adotada neste trabalho.

A seguir a função objetivo e as restrições do carregamento “C” cujo objetivo é a maximização.

Função Objetivo –

Maximizar a função:

$$\begin{aligned}
 L(x_1, x_2, \dots, x_{30}) = & (0,0049x_{11} + 0,0193x_{12} + 0,0378x_{13} + 0,0653x_{14} + 0,1040x_{15} + \\
 & 0,0049x_{21} + 0,0193x_{22} + 0,0378x_{23} + 0,0653x_{24} + 0,1040x_{25} + 0,0049x_{31} + 0,0193x_{32} + \\
 & 0,0378x_{33} + 0,0653x_{34} + 0,1040x_{35} + 0,0049x_{41} + 0,0193x_{42} + 0,0378x_{43} + 0,0653x_{44} + \\
 & 0,1040x_{45} + 0,0049x_{51} + 0,0193x_{52} + 0,0378x_{53} + 0,0653x_{54} + 0,1040x_{55} + 0,0049x_{61} + \\
 & 0,0193x_{62} + 0,0378x_{63} + 0,0653x_{64} + 0,1040x_{65} + 0,0049x_{71} + 0,0193x_{72} + 0,0378x_{73} + \\
 & 0,0653x_{74} + 0,1040x_{75}
 \end{aligned}$$

Restrições:

Restrição 1: Restrição de não negatividade

$$x_{ij} \geq 0$$

$$P/ i=1, \dots, 7$$

$$j=1, \dots, 5$$

Restrições técnicas:

Restrição 2:

$$x_{ij} \leq 3,56$$

$$P/ i=1$$

$$j=1, \dots, 5$$

Onde 3,56 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 1

Restrição 3:

$$x_{ij} \leq 0,55$$

$$P/ i=2$$

$$j=1, \dots, 5$$

Onde 0,55 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 2

Restrição 4:

$$x_{ij} \leq 0,95$$

$$P/ i=3$$

$$j=1, \dots, 5$$

Onde 0,95 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 3

Restrição 5:

$$x_{ij} \leq 0,01$$

$$P/ i=4$$

$$j=1, \dots, 5$$

Onde 0,01 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 4

Restrição 6:

$$x_{ij} \leq 0,49$$

$$P/ i=5$$

$$j=1, \dots, 5$$

Onde 0,49 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 5

Restrição 7:

$$x_{ij} \leq 1,57$$

P/ i=6

$$j=1, \dots, 5$$

Onde 1,17 é o volume em m³ a ser entregue da cidade 6

Restrição 8:

$$x_{ij} \leq 0,36$$

P/ i=7

$$j=1, \dots, 5$$

Onde 0,36 é o volume em m³ a ser entregue da cidade 7

Restrição 9

$$(0,0049x_{11}+0,0193x_{12}+0,0378x_{13}+0,0653x_{14}+0,1040x_{15} \leq 3,56)$$

Restrição 10

$$(0,0049x_{21}+0,0193x_{22}+0,0378x_{23}+0,0653x_{24}+0,1040x_{25} \leq 0,55)$$

Restrição 11

$$(0,0049x_{31}+0,0193x_{32}+0,0378x_{33}+0,0653x_{34}+0,1040x_{35} \leq 0,95)$$

Restrição 12

$$(0,0049x_{41}+0,0193x_{42}+0,0378x_{43}+0,0653x_{44}+0,1040x_{45} \leq 0,01)$$

Restrição 13

$$(0,0049x_{51}+0,0193x_{52}+0,0378x_{53}+0,0653x_{54}+0,1040x_{55} \leq 0,49)$$

Restrição 14

$$(0,0049x_{61}+0,0193x_{62}+0,0378x_{63}+0,0653x_{64}+0,1040x_{65} \leq 1,57)$$

Restrição 15

$$(0,0049x_{71}+0,0193x_{72}+0,0378x_{73}+0,0653x_{74}+0,1040x_{75} \leq 0,36)$$

Solução:

MODELAGEM CARGA “D” – COM SEPARAÇÃO POR CIDADE

Tabela 21 – Tempos produtivos Carga “D”

Origem	Destino	Saída	Percurso (h)	Chegada	Entrega (min)
Ribeirão Preto	Araxá	05:14	03:45	08:59	159
Araxá	Perdizes	13:14	00:54	14:08	130
Perdizes	Pedrinópolis	16:30	00:37	17:07	038
Pedrinópolis	Santa Juliana	17:58	00:24	18:22	032
Santa Juliana	Nova Ponte	07:50	00:43	08:33	049
Nova Ponte	Irai de Minas	09:49	00:31	10:20	042
Irai de Minas	Monte Carmelo	12:00	00:39	12:39	032
Monte Carmelo	Ribeirão Preto	14:15	05:46	20:01	
Total					482

A carga “D” assim como a “C” possui as mesmas 7 cidades dentro de seu roteiro para a realização das entregas, na qual os seus carregamentos foram carregados separados por cidade onde a primeira cidade a ser entregue foi a última a ser carregada. Nestas 7 cidades, os volumes carregados de entregas das mesmas foram também convertidos de m³ para quantidades de caixas de 5 tipos diferentes, conforme padrão adotado neste trabalho.

A seguir a função objetivo e as restrições do carregamento “D” cujo objetivo é a maximização.

Função Objetivo –

Maximizar a função:

$$\begin{aligned}
 L(x_1, x_2, \dots, x_{30}) = & (0,0049x_{11} + 0,0193x_{21} + 0,0378x_{31} + 0,0653x_{41} + 0,1040x_{51} + \\
 & 0,0049x_{12} + 0,0193x_{22} + 0,0378x_{32} + 0,0653x_{42} + 0,1040x_{52} + 0,0049x_{13} + 0,0193x_{23} + \\
 & 0,0378x_{33} + 0,0653x_{43} + 0,1040x_{53} + 0,0049x_{14} + 0,0193x_{24} + 0,0378x_{34} + 0,0653x_{44} + \\
 & 0,1040x_{54} + 0,0049x_{15} + 0,0193x_{25} + 0,0378x_{35} + 0,0653x_{45} + 0,1040x_{55} + 0,0049x_{16} + \\
 & 0,0193x_{26} + 0,0378x_{36} + 0,0653x_{46} + 0,1040x_{56} + 0,0049x_{17} + 0,0193x_{27} + 0,0378x_{37} + \\
 & 0,0653x_{47} + 0,1040x_{57}
 \end{aligned}$$

Restrições:

Restrição 1: Restrição de não negatividade

$$x_{ij} \geq 0$$

$$P/ i=1, \dots, 7$$

$$j=1, \dots, 5$$

Restrições técnicas

Restrição 2:

$$x_{ij} \leq 2,42$$

$$P/ i=1$$

$$j=1, \dots, 5$$

Onde 2,42 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 1

Restrição 3:

$$x_{ij} \leq 1,23$$

$$P/ i=2$$

$$j=1, \dots, 5$$

Onde 1,23 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 2

Restrição 4:

$$x_{ij} \leq 0,38$$

$$P/ i=3$$

$$j=1, \dots, 5$$

Onde 0,38 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 3

Restrição 5:

$$x_{ij} \leq 0,25$$

$$P/ i=4$$

$$j=1, \dots, 5$$

Onde 0,25 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 4

Restrição 6:

$$x_{ij} \leq 0,42$$

$$P/ i=5$$

$$j=1, \dots, 5$$

Onde 0,42 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 5

Restrição 7:

$$x_{ij} \leq 1,14$$

P/ $i=6$

$$j=1, \dots, 5$$

Onde 1,14 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 6

Restrição 8:

$$x_{ij} \leq 1,19$$

P/ $i=7$

$$j=1, \dots, 5$$

Onde 1,19 é o volume em m^3 a ser entregue da cidade 7

Restrição 9

$$(0,0049x_{11}+0,0193x_{12}+0,0378x_{13}+0,0653x_{14}+0,1040x_{15} \leq 2,42)$$

Restrição 10

$$(0,0049x_{21}+0,0193x_{22}+0,0378x_{23}+0,0653x_{24}+0,1040x_{25} \leq 1,23)$$

Restrição 11

$$(0,0049x_{31}+0,0193x_{32}+0,0378x_{33}+0,0653x_{34}+0,1040x_{35} \leq 0,38)$$

Restrição 12

$$(0,0049x_{41}+0,0193x_{42}+0,0378x_{43}+0,0653x_{44}+0,1040x_{45} \leq 0,25)$$

Restrição 13

$$(0,0049x_{51}+0,0193x_{52}+0,0378x_{53}+0,0653x_{54}+0,1040x_{55} \leq 0,42)$$

Restrição 14

$$(0,0049x_{61}+0,0193x_{62}+0,0378x_{63}+0,0653x_{64}+0,1040x_{65} \leq 1,14)$$

Restrição 15

$$(0,0049x_{71}+0,0193x_{72}+0,0378x_{73}+0,0653x_{74}+0,1040x_{75} \leq 1,19)$$

Solução:

Tabela 22 – Resultado da conversão do carregamento de volume para caixas do carregamento D

X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	Caixas
1	3	5	9	15	33
X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	
0	1	3	5	8	17
X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	
1	0	1	1	2	5
X ₄₁	X ₄₂	X ₄₃	X ₄₄	X ₄₅	
0	0	1	1	2	4
X ₅₁	X ₅₂	X ₅₃	X ₅₄	X ₅₅	
0	0	1	2	3	6
X ₆₁	X ₆₂	X ₆₃	X ₆₄	X ₆₅	
0	1	3	4	7	15
X ₇₁	X ₇₂	X ₇₃	X ₇₄	X ₇₅	
0	1	3	5	7	16
Total					96

Ao converter os volumes, em m³, dos carregamentos por cidade em número de caixas e tendo os tempos gastos em cada cidade e o tempo total de entrega das caixas pode-se calcular o indicador de desempenho minutos por caixas entregues.

Tabela 23: Indicador de produtividade para a Carga D

	Cidade						
	1	2	3	4	5	6	7
Minutos	159	130	38	32	49	42	32
Caixas	33	17	5	4	6	15	16
Min/caixa	4,82	7,65	7,6	8	8,16	2,8	2
Total	482						96