



Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Humanidades  
Unidade Acadêmica de Administração e Contabilidade  
Coordenação de Estágio Supervisionado

GABRIELA RIBEIRO MOTTA COELHO

**PLANEJAMENTO DE ROTAS DE UMA EMPRESA DISTRIBUIDORA  
DE ALIMENTOS ATRAVÉS DA HEURÍSTICA DE CLARKE E  
WRIGHT (1963)**

Campina Grande

2016

GABRIELA RIBEIRO MOTTA COELHO

**PLANEJAMENTO DE ROTAS DE UMA EMPRESA DISTRIBUIDORA  
DE ALIMENTOS ATRAVÉS DA HEURÍSTICA DE CLARKE E  
WRIGHT (1963)**

Relatório de Estágio Supervisionado apresentado ao curso de Bacharelado de Administração, da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento parcial às exigências para obtenção do título de Bacharel em Administração.

Orientador: Prof<sup>ª</sup> Adriana Salete Dantas de Farias, Dr<sup>ª</sup>.

Campina Grande

2016

## COMISSÃO DE ESTÁGIO

Membros:

---

Gabriela Ribeiro Motta Coelho

**Aluno**

---

Adriana Salete Dantas de Farias, Doutora

**Professora Orientadora**

---

Kettrin Farias Bem Macarajá, Doutora

**Coordenadora de Estágio Supervisionado**

Campina Grande

2016

GABRIELA RIBEIRO MOTTA COELHO

**PLANEJAMENTO DE ROTAS DE UMA EMPRESA DISTRIBUIDORA DE  
ALIMENTOS ATRAVÉS DA HEURÍSTICA DE CLARKE E WRIGHT (1963)**

**Relatório aprovado em \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_**

---

Adriana Salete Dantas de Farias, Doutora  
Orientador

---

Maria de Fátima Martins, Doutora  
Examinadora

---

José Sebastião Rocha, Mestre  
Examinador

Campina Grande  
2016

Dedico este trabalho a Deus, pois acredito que sem ele nada é possível, e, aos meus pais, irmãos e namorado por todo apoio e suporte durante toda a minha jornada acadêmica.

## AGRADECIMENTOS

Foram mais de quatro anos e, por fim, chegou o momento. Este trabalho marca uma importante etapa da minha vida. Uma conquista que devo e tenho a honra de compartilhar com algumas pessoas.

Em primeiro lugar, a Deus, por ter me guiado até este momento, e pelas inúmeras conquistas no caminho.

A minha família, que esteve comigo em todas as etapas da minha vida, e sempre me apoiando em todos os momentos. Em especial, aos meus pais, Bruno e Ellane, por acreditarem em mim, e por serem exemplos a serem seguidos. E aos meus irmãos, Rafael e Beatriz, por todos os momentos de alegria que vivemos todos os dias.

Ao meu namorado, Martius Phillipe, que sempre esteve ao meu lado, sendo um verdadeiro apoio, não só nesta fase da minha vida, como em todos os momentos. Por acreditar na minha capacidade, por me motivar e incentivar a sempre buscar o meu melhor. Não poderia escolher um parceiro melhor.

As minhas verdadeiras amigas, em especial a Laura Aguiar e Rafaelle Amado, que me acompanharam nesse percurso da universidade. Por nossas alegrias diárias, dificuldades, e por sempre compartilharem e apoiarem uma as outras neste momento tão esperado por nós.

A todos os professores do curso que compartilharam seus conhecimentos comigo, me auxiliando até esta etapa. E, em especial, à minha orientadora e professora, Adriana Dantas, pelo exemplo de profissional admirado por mim, e pela forma com que transmitiu seus conhecimentos.

E, por fim, a empresa Paraíba Distribuidora por abrir suas portas, compartilhar suas informações e pela disponibilidade de sempre me auxiliar quando possível. Agradeço pela oportunidade.

*“Onde não falta vontade existe sempre um caminho”*

*(J. R. R. Tolkien)*

COELHO, Gabriela Ribeiro Motta. **PLANEJAMENTO DE ROTAS DE UMA EMPRESA DISTRIBUIDORA DE ALIMENTOS ATRAVÉS DA HEURÍSTICA DE CLARKE E WRIGHT (1963)** 66 fls. Relatório de Estágio Supervisionado (Bacharelado em Administração) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2016.

## RESUMO

O presente trabalho se caracteriza como um estudo de caso em uma empresa distribuidora de alimentos da cidade de Esperança - PB, e tem como Objetivo Geral: Identificar oportunidade de melhorias no planejamento de rotas da empresa Paraíba Distribuidora através da aplicação do método de Clarke e Wright (1963). O método escolhido baseia-se na economia de ganhos, e tem como objetivo minimizar a distância total percorrida por todos os veículos de cargas de uma empresa. A pesquisa se desenvolveu na cidade de Campina Grande - PB, um importante mercado atendido pela Paraíba Distribuidora (nome fictício), onde foi aplicado um roteiro de entrevista para a coleta dos dados primários visando: a caracterização da empresa, identificar os principais problemas da logística de entrega enfrentados, e também a localização dos clientes na cidade em estudo; Para viabilizar essa aplicação, a cidade de Campina Grande foi dividida em cinco zonas geográficas, sendo gerado um roteiro de entrega para cada zona, que contemplou um grupo de 20 clientes (amostra não probabilística, aleatória, definida pela proximidade geográfica). Os roteiros obtidos com a aplicação do método foram apresentados ao diretor da empresa para sua avaliação. Confrontando os resultados obtidos e a avaliação do gestor foi possível concluir que as rotas propostas pelo Método podem levar a um aperfeiçoamento das atividades logísticas da empresa, por ser flexível e de simples aplicação, não necessitando de investimentos adicionais, podendo auxiliar na solução da variabilidade do tempo de entregas, um dos problemas apontado pela empresa no roteiro de entrevista. Assim, o trabalho demonstra a viabilidade da aplicação do método para a situação apresentada.

**Palavras-chave:** Gestão de transporte, Roteamento de veículos, Método Clarke e Wright (1963).



COELHO, Gabriela Ribeiro Motta. **A FOOD DISTRIBUTION COMPANY'S ROUTE PLANNING THROUGH CLARKE'S AND WRIGHT'S HEURISTICS (1963). 66 pgs.** Supervised Internship Report (Baccalaureate in Business Administration) – Campina Grande Federal University. Campina Grande, 2016.

## ABSTRACT

The present work is characterized as a study case in a food distribution company located at the city of Esperança-PB, and the general goal is to identify improvement opportunities at the Paraíba Distribuidora company's route planning by applying Clarke's and Wright's method (1963); The chosen method is based on the profit gain model, and it aims to minimize the total travelled distance by all the company's vehicles. The research developed at Campina Grande city – PB, an important food market attended by Paraíba Distribuidora (fictitious name), where it was applied an interview for primary data gathering, such as: characterization of the company, identify mainly faced delivery logistics issues, in addition to the customers' city location; To achieve this, the city of Campina Grande was divided into five geographical areas, generating a route that included a group of 20 clients (non-probability, nor random sample, defined by geographic proximity). The routes obtained by the method application were presented for the Company Director assessment. Confronting the results obtained and the Manager's assessment it was possible to conclude that the method is an improvement of the Company's logistic activities for its flexibility and simple application, not requiring any additional investment, and may assisting for a delivery time variability solution, one of the problems pointed out by the company in the interview script. Thus, the work demonstrates the feasibility of applying the method to the situation presented.

**Keywords:** Transportation Management, Vehicle Routing Problem, Method Clarke and Wright (1963).

## LISTA DE FIGURAS E QUADROS

<b>Figura 1</b> - Método de economias de Clarke e Wright .....	23
<b>Figura 2</b> - Solução inicial: cada veículo atende um único nó.....	24
<b>Figura 3</b> - Combinação de duas rotas em um único roteiro.....	25
<b>Figura 4</b> – Canal Atacadista e o consumo final no Brasil .....	29
<b>Figura 5</b> – Zonas de Aplicação do Método na Cidade de Campina Grande - PB .....	44
<b>Figura 6</b> - Exemplo de Sequenciamento do Atendimento de Clientes para Combinações Triplas.....	56
<b>Figura 7</b> - Representação do Roteamento proposto para a Zona 3.....	57
<b>Quadro 1</b> - Quantidade de Pontos de Entrega por bairro (CAMPINA GRANDE-PB).....	43

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Divisão de Zonas e Distâncias entre a Empresa.....	46
<b>Tabela 2</b> - Cálculo de Ganhos – Zona 1 .....	49
<b>Tabela 3</b> - Cálculo de Ganhos – Zona 2 .....	52
<b>Tabela 4</b> - Cálculo de Ganhos – Zona 3 .....	53
<b>Tabela 5</b> - Cálculo de Ganhos – Zona 4 .....	54
<b>Tabela 6</b> - Cálculo de Ganhos – Zona 5 .....	55

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 Objetivo Geral.....	3
1.1.1 Objetivos Específicos .....	4
1.2 Justificativa .....	4
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Logística Empresarial .....	5
2.2 Gestão de Transporte .....	7
2.2.1 Decisões estratégicas de transporte .....	8
2.2.2 Decisões Táticas do transporte .....	12
2.2.3 Tipos de Veículos do modal Rodoviário.....	11
2.2.4 Decisões Operacionais de Transporte .....	13
2.3 Problemas de Transporte.....	14
2.4 Problemas de Roteirização de Veículos.....	16
2.4.1 Problemas de Roteirização Pura de Veículos.....	17
2.4.2 Problemas de Programação de Veículos e Tripulações.....	18
2.4.3 Problemas Combinados de Roteirização e Programação .....	19
2.5 Métodos de Resolução do Problema de Transporte.....	21
2.7 Aplicações do método Clarke e Wright .....	27
2.8 Caracterização do setor de Distribuição de Alimentos .....	28
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>32</b>
<b>3.1 Caracterização da Pesquisa</b> .....	<b>32</b>
3.2 Ambiente e Amostra da Pesquisa .....	32
3.3 Coleta de Dados .....	33
3.4 Tratamento dos Dados .....	34
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>36</b>
4.1 Caracterização da Empresa .....	36
<b>4.2 Critérios para planejamento de rotas atual</b> .....	<b>37</b>
4.3 Problemas do Planejamento de Rotas na Empresa em estudo.....	39
4.4 Aplicação do método de Clarke e Wright (1963) .....	42
<b>4.5 Avaliação da Proposta de Roteamento do Método Clarke e Wright (1963)</b> .....	<b>58</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>61</b>
<b>APÊNDICE – Roteiro de Entrevista</b> .....	<b>64</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O mercado ao longo dos anos passou por diversas mudanças e redefinição de seus processos de compra e venda. A velocidade na troca de informações, a forte concorrência e a maior expectativa dos consumidores exigem das empresas uma resposta rápida às necessidades do mercado. Cabe aos gestores de empresas buscarem, constantemente, desenvolver inovações em produtos/processos, visando melhorar a qualidade dos serviços ofertados ao mercado.

A logística empresarial passou por uma mudança significativa em termos da importância estratégica, que lhe tem sido atribuída nos últimos anos, em função dos resultados que pode produzir em termos de redução de custos logísticos e/ou da elevação dos serviços logísticos de uma empresa, os quais podem favorecer o alcance de uma vantagem competitiva (DIAS, 1996).

A logística empresarial busca planejar e administrar os recursos materiais e equipamentos de uma empresa, coordenando toda a movimentação desde a compra da matéria-prima, ao armazenamento e o transporte da distribuição, gerenciando e integrando todas as informações de cada processo como um todo. Seus custos podem representar cerca de 10% do faturamento de uma empresa, sendo os investimentos na distribuição física um dos mais representativos dentro da área (DIAS, 2012). Por isso, o gerenciamento do transporte é uma área chave do composto logístico, e pode absorver grande parte dos investimentos de uma empresa.

O gerenciamento das atividades relacionadas ao transporte pode ser vistas como o resultado final de todos os esforços do composto logístico, pois, será visível ao cliente, podendo ser um grande fator de sucesso entre as pequenas empresas, que necessitam diminuir seus custos cada vez mais, e aumentar seus lucros, para assim se manter competitivo dentro do mercado (BOWERSOX; CLOSS, 2011).

Diariamente nas estradas brasileiras podem-se ver diferentes caminhões com diferentes tamanhos e cargas. O grande aumento na circulação de mercadorias pelas estradas do País se dá pelo avanço do processo logístico e aumento do consumo. No Brasil o modal rodoviário, o mais utilizado, se estabeleceu em primeiro lugar pela própria característica do País, com uma grande malha rodoviária, e também pelos seus custos, fixos e variáveis, que apresentam um valor menor em comparação a outros modais (DIAS, 2012).

A ascensão do modal rodoviário no Brasil iniciou na década de 50, com a chegada da indústria automobilística no País. As campanhas de incentivos da indústria em parceria com as empresas de construções de rodovias, a política de investimento do próprio governo em rodovias e a vasta extensão geográfica do País que facilitava a movimentação pelo meio rodoviário, fizeram com que atualmente mais de 60% das cargas transportadas estejam nas rodovias, o que representa 7% do valor total do PIB do País só com serviços de transporte rodoviário (DIAS, 2012).

Contudo, apesar da preferência pelo modal, a Confederação Nacional do Transporte – CNT (2014) afirma que o transporte rodoviário passa por problemas que atrapalham seu desempenho. A falta de estrutura da malha rodoviária, com ausência de manutenção das pistas, desencadeiam problemas como: desperdício de tempo, acidentes e custos com reparos nos veículos de carga; impactando o desempenho das empresas do setor de transporte.

Uma das principais atribuições da gestão de transporte é de suprir as necessidades do processo produtivo da empresa e dos seus clientes, para isto, o produto precisa estar no local e no momento certo que ocorrerá a necessidade ao menor custo possível (POZO, 2010). Dentre as muitas decisões que compete à gestão de transporte, duas são muito importantes: a escolha do tipo de frota e, o planejamento de rotas. Ambas tem contribuições estratégicas para a empresa.

A escolha da frota é feita a partir do tipo do produto, o tamanho da carga, do modal escolhido e com o tempo de entrega, impactando no custo total para a empresa (BALLOU, 2006). Já o planejamento de rotas, Problema de Roteirização de Veículos (PRV), está relacionado à rotina da empresa. Ocorre, pois a empresa precisa atender determinados clientes dispersos em uma área geográfica em um determinado tempo, com um número limitado de veículos e capacidade de entrega. Logo, é necessária a criação de roteiros que combinem estes pontos de acordo com a capacidade da empresa a fim de atender a todos os pontos solicitados.

De acordo com Gama (2011) um problema real de roteirização de veículos é definido através de 3 fatores fundamentais: decisões, objetivos e restrições. As decisões dizem respeito à alocação e o sequenciamento de um grupo de clientes a serem visitados. Os objetivos da roteirização de veículos, que visa propiciar um serviço de alto nível de qualidade, mantendo os custos operacionais e de capitais o menor possível. E, respeitando as restrições de tempo, de carga horária, leis de trânsito e tamanho máximo de veículos nas vias públicas.

Entre os métodos de solução do PRV, se destaca o método desenvolvido por Clarke e Wright (1963), em seu estudo “*Scheduling of vehicles form a central depot to a number of delivery points*” os autores buscaram criar a melhor rota através da economia de ganhos. Assim, minimizando as distâncias entre os pontos e criando diversos trajetos possíveis que atendam a demanda, respeitando o tempo e a capacidade dos caminhões (BALLOU, 2006). O modelo traz flexibilidade e facilidade ao gestor na criação dos roteiros, sendo de simples aplicação e manuseio, e geram soluções quase ótimas.

Métodos que auxiliem na criação de roteiros são amplamente procurados por empresas que realizam a distribuição física com frota própria, em geral aquelas que transportam alto volume de mercadorias (BALLOU, 2006). Entre estas empresas, se destacam as empresas distribuidoras atacadistas e varejistas, principalmente, as empresas do setor de alimentos.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2013) as empresas do setor de revenda de produtos alimentícios, bebidas e fumo tiveram grande participação na receita líquida nacional com cerca de 17,6 %, ou R\$ 199,2 bilhões, estando 15,3% deste total atuando na Região Nordeste.

Tomando como referência uma empresa distribuidora de alimentos instalada no município de Esperança – PB, aqui identificada Paraíba Distribuidora (nome fictício), que atende cerca de 200 cidades no Estado, e com quase 3000 clientes ativos, verifica-se a necessidade de planejar bem a gestão de suas rotas de entrega, pois, é possível que a gestão do transporte possa apresentar algumas ineficiências, onde ocorra subutilização dos recursos destinados ao transporte de mercadorias, o que podem reduzir a lucratividade dessa empresa.

Em função dos benefícios que uma melhoria na gestão de transporte de uma pequena empresa distribuidora de alimentos pode contribuir para seu melhor desempenho e elevar sua competitividade no mercado, o presente estudo busca responder ao seguinte problema: Que melhorias na gestão de rotas de entrega da empresa Paraíba Distribuidora poderiam ser indicadas através da aplicação do método de Clarke e Wright (1963)? Para responder a essa questão, são propostos os seguintes objetivos para essa pesquisa:

**1.1 Objetivo Geral:** Identificar oportunidade de melhorias no planejamento de rotas da empresa Paraíba Distribuidora através da aplicação do método de Clarke e Wright (1963).

### **1.1.1 Objetivos Específicos:**

1. Descrever a forma como a empresa Paraíba Distribuidora realiza as entregas dos produtos comercializados para os clientes;
2. Observar possíveis falhas e/ou necessidade de melhorias na forma de roteamento de entregas da empresa Paraíba Distribuidora;
3. Aplicar o método de Clarke e Wright (1963) para o roteamento de entregas da empresa Paraíba Distribuidora;
4. Verificar a percepção da viabilidade de aplicação da proposta de rotas obtida a partir do método de Clarke e Wright (1963) na empresa Paraíba Distribuidora.

## **1.2 Justificativa**

A logística empresarial pode contribuir com a elevação da competitividade de uma empresa, através da gestão do fluxo físico de materiais e produtos acabados, visando proporcionar o menor tempo de entrega de itens aos clientes, ao menor nível de custo possível. A importância da logística empresarial é ainda mais evidente para as empresas que têm a necessidade de gerenciar um intenso fluxo de entrada e saída de produtos, com diferentes pontos de entrega e distâncias, como é o caso das empresas distribuidoras de alimentos. Em função disso, a presente pesquisa se justifica pela contribuição que pode agregar à forma como a empresa alvo desse estudo realiza o roteamento de suas entregas para o mercado atendido.

No âmbito acadêmico, sua importância se dá pela oportunidade de estudar a viabilidade de uma aplicação de um método teórico em um caso prático, para maior conhecimento e entendimento do tema e suas limitações, agregando assim maior experiência e conhecimento para o pesquisador.



## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados os principais conceitos relacionados à logística empresarial, o gerenciamento de transporte, o problema de transporte assim como suas principais decisões, destacando a roteirização de veículos, com seus métodos, dando enfoque no método de Clarke e Wright (1963).

### 2.1 Logística Empresarial

Os comerciantes no passado negociavam, compravam, estocavam, transportavam e revendiam para diversos mercados, gerando lucro. Porém, a pouca capacidade de estocagem e armazenamento e a inexistência de sistemas de transporte fazia com que estes comerciantes só vendessem aquilo que eles pudessem carregar, não podendo transportá-lo para longe da sua região, ou buscar produtos diferenciados em regiões próximas, além do longo espaço de tempo entre comprar ou produzir estes produtos e vendê-los. Até hoje a prática de compra e venda continua vigente, porém, aperfeiçoada e em maior volume, colocando a logística em outro patamar (DIAS, 2012).

O estudo da logística como uma área da administração é novo, em relação a outras áreas da Administração. A falta de importância dada à logística até a década de 50 ocorria por três fatores, segundo Bowersox e Closs (2001, p. 27), como a falta de computadores, acarretando na ausência de investimento na tecnologia, a pressão por aumentar o lucro das empresas e, entender os resultados e benefícios gerados pelo investimento nas competências da logística. Quantificar o retorno da logística integrada em números era um grande obstáculo na época. Combinados estes três fatores mais a resistência natural por mudanças do ser humano, acarretou no impedimento dos primeiros passos da logística nas empresas.

Só a partir da década de 90 houve um maior interesse da logística com os benefícios trazidos pelos primeiros *softwares* que processavam os dados de estoque e controlava o inventário que surgiu o interesse nos empresários, que começaram a investir nas atividades logísticas.

A logística pode ser definida como a combinação de todas as atividades de movimentação e armazenagem que facilitam o fluxo dos produtos desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto do consumo final, assim como o fluxo de informações que colocam os produtos em movimento (POZO, 2010). E, o objetivo da logística empresarial é

atingir um nível desejado de atendimento ao cliente (BOWERSOX; CLOSS, 2001, p. 19), e seu grande desafio é equilibrar esta expectativa de serviço com seus custos envolvidos.

Segundo Dias (2012) para se diferenciar e atrair o consumidor é preciso fazer o produto chegar na hora certa com o custo mais competitivo possível. Para isto, a logística possui algumas atividades denominadas de primárias ou de apoio que darão suporte para alcançar este objetivo. As atividades logísticas dependerão da natureza de cada empresa, porém, de acordo com Ballou (2001), elas se dividem entre atividades primárias, como administração de estoques, processamento de pedidos e transporte, e as atividades de apoio como: compras, armazenagem, manuseio, embalagem e manutenção da informação.

As atividades primárias representam a maior porcentagem dos investimentos totais da logística e são essenciais as atividades logísticas. São consideradas atividades básicas ligadas a criação física do produto, sua venda e transporte do produto até o consumidor. As principais atividades primárias são:

**Administração de estoques:** são atividades responsáveis pelas políticas de estocagem de matéria-prima ou produtos acabados, previsão de vendas e combinação de produtos em pontos de estocagem. Com isto, oferece a empresa um nível de produção que supra a demanda sem gerar custos extras com armazenagem e estoque.

**Compras:** atividade responsável pela entrada da matéria-prima e produtos no sistema logístico. Correspondem as atividades de seleção das fontes de suprimento, quantidade e momento da compra.

**Processamento de pedidos:** é a atividade que se inicia com o pedido do cliente, acionando a movimentação dos produtos para a entrega do produto ao cliente. Correspondem aos procedimentos de interface dos estoques com os pedidos de venda e regras de pedidos.

**Transporte:** corresponde à movimentação do produto do seu centro de distribuição até o cliente. É a atividade que gera maiores custos, pois será encarregada da programação e planejamento de rotas e veículos, seleção de modais e consolidação de fretes.

As atividades de apoio contribuem e auxiliam para o desenvolvimento das atividades básicas e são de grande importância para a execução delas. As principais atividades de apoio da logística são:

**Armazenagem:** responsável pela avaliação dos processos de estocagem, movimentação e atendimento de pedidos, sendo o elo entre a produção e a distribuição física, e envolvem as decisões como layout, manutenção e equipamentos necessários.

**Manuseio:** atividade responsável pela movimentação dos produtos, envolvendo ações de carregamento e descarregamento, movimentação dos produtos dentro do estoque e preenchimento do pedido.

**Embalagem:** atividade responsável por proteger o produto contra danos e avarias, assim como facilitar a venda e a movimentação destes produtos, e o controle da densidade.

**Manutenção da informação:** envolvem os recursos tecnológicos para auxiliar as atividades logísticas. São sistemas da informação que facilitam o controle, planejamento e coordenação dos dados que são adaptados para as atividades operacionais de cada empresa.

As atividades logísticas possuem um importante impacto na criação de valor de tempo e lugar na perspectiva dos clientes e fornecedores. Logo, apesar das ações de venda do marketing e a programação da produção, se o produto não estiver disponível ao cliente quando (tempo) e onde (lugar) irá ocorrer o consumo, estas atividades não terão resultado. Então estas áreas devem trabalhar em conjunto com um objeto geral, que é atender as necessidades dos clientes (BOWERSOX; CLOSS, 2001).

Dentro de uma das atividades primária, o transporte, é visto que apesar de estar voltada para a logística, suas principais dificuldades nas operações estão relacionadas ao estoque e o serviço ao cliente (FLEURY; WANKE; FIGUEIREDO, 2009), apesar de ser responsabilidade de diferentes setores. Dentro da visão integrada, o controle dos estoques, com objetivo de reduzir custos e minimizar o volume, impacta na produção que terá que flexibilizar, diminuindo seus lotes e aumentando a frequência de produção, ocasionando uma gestão de transporte fracionada, aumentando o custo unitário de transporte.

## 2.2 Gestão de Transporte

O transporte é uma das atividades mais visíveis dentro do campo da logística, pois agrega valor de tempo e lugar aos produtos, colocando-os disponíveis para consumo no momento certo da necessidade, e é essencial para a empresa, absorvendo grande parte dos gastos logísticos atualmente (ARNOLD, 2008). Porém, não há como a maioria das empresas de bens tangíveis atuem sem possuir atividades de movimentação de seus produtos.

O canal de distribuição, caminho pelo qual os produtos passam desde centros de distribuição até o cliente, depende de diversos fatores, como: o tipo do mercado atendido, características do produto, o tipo de transporte disponível para movimentação e localização do centro de distribuição (POZO, 2010); Estes fatores estão relacionados entre si e devem ser organizados em um sistema integrado. Para isto, este trabalho irá explanar sobre o assunto.

De acordo com Ballou (2006) as decisões de transporte ocorrem em três níveis: estratégico, tático e operacional. O nível estratégico é responsável pelas principais decisões, como a escolha do modal, tipo de frota e localização do centro de distribuição, ou seja, decisões de longo prazo. Já o nível tático é responsável pelas decisões de médio a curto prazo, como a utilização dos recursos disponíveis. E o nível operacional responsável pelas atividades de rotina da empresa, como o roteamento dos veículos, a partir das decisões dos níveis acima dele. Nos próximos tópicos serão detalhados os níveis das decisões de transporte.

### **2.2.1 Decisões estratégicas de transporte**

As atividades de transporte estão relacionadas ao manuseio dos produtos acabados ou semiacabados do local que foi produzido até o local de distribuição (DIAS, 2012). Sendo diretamente responsável pela entrega, definindo quando e de que forma este produto chegará até o cliente.

Nesse sentido, uma decisão estratégica que influência não só seus custos de transporte como o nível de qualidade deste é a escolha do tipo de frota, podendo ser própria ou terceirizada. De acordo com Bowersox e Closs (2001) muitas empresas, a partir da década de 90, para reduzir os custos de logística, optaram pela terceirização do transporte para focar na sua atividade principal, diminuindo a estrutura da empresa, simplificando as atividades logísticas e reduzindo seus custos sem diminuir a qualidade no atendimento ao cliente. Estes motivos que levam à terceirização também são as maiores vantagens da escolha por ela.

O ambiente competitivo estimulou o desenvolvimento deste novo setor das transportadoras, deixando-as cada vez mais profissionais, criando-se diversos tipos de níveis de serviço dependendo da necessidade de cada cliente, com isto, melhorando a qualidade da entrega. Contudo, muitas empresas ainda optam pela frota própria, pois, de acordo com Ballou (2006) suas necessidades individuais de serviço não são oferecidas ou atendidas por transportadoras terceirizadas. Normalmente estas empresas oferecerem serviços diferenciais como: entrega rápida com grande confiabilidade, equipamentos especiais raros no mercado,

serviço de pronta entrega e produtos com manuseio específico e especial; A maior flexibilidade está naturalmente na frota própria, porém, deve-se equilibrar as necessidades do transporte com os custos envolvidos à ele, para que não se torne um prejuízo para a empresa.

Outra questão estratégica da gestão de transporte é a escolha do modal, sendo um fator determinante tanto para os custos totais como para a satisfação do consumidor. E, por isto, é uma decisão estratégica.

Existem cinco modais de transportes utilizados em todo o mundo, são eles: rodoviário, ferroviário, aquaviário, aéreo e dutoviário. Para determinar o modal utilizado é necessário entender alguns pontos, como: tipo de carga, volume, prazo, distância e limitações de cada modal; determinado isto, é feita a escolha correta para cada tipo de transporte. (BOWERSOX; CLOSS, 2011).

No Brasil o modal mais utilizado é o rodoviário, que corresponde a quase 60% de todos os transportes de carga atualmente (DIAS, 2012). Isto ocorre pelas próprias características no país. O segundo modal mais utilizado é o ferroviário, porém, possui apenas 13% do total, e tem uma malha pequena que não corresponde à extensão do país, necessitando investimento.

Cada modal possui vantagens e desvantagens quando comparados entre si. Os autores Bowersox e Closs (2011) apresentam suas principais características:

- **Rodoviário:** deve ser utilizado para rotas curtas, dentro de um mesmo país ou países vizinhos. Oferece entregas em tempo de curto a médio e preço baixo. Sendo o mais utilizado para pequenas e médias cargas. Normalmente são veículos próprios, gerando um grande investimento da empresa, porém, seus custos variáveis são baixos. Este tipo de modal é visto como um dos mais flexíveis, pois pode oferecer serviços diferenciais, como o porta-a-porta. Porém, Arnold (2008) aponta que o modal depende das condições dadas pelo governo, da malha rodoviária e das condições de tráfego. Sua maior desvantagem é a segurança da carga, pelo grande nível de assaltos à carga nas rodovias.
- **Aeroviário:** deve ser utilizado para longas distâncias, e mercadorias de alto valor. A carga é média e possui altos custos, porém, sua entrega é a mais eficiente, segura e rápida. Este transporte não contém vias próprias, mas possui sistema de controle aéreo oferecido pelo governo. Seu terminal são os aeroportos, normalmente públicos, porém, necessitam de galpões dentro destes aeroportos para carregamento e descarregamento. Este modal tem como

vantagem a velocidade nas entregas e a segurança, porém, a desvantagem é o alto preço pelo transporte, sendo recomendado para cargas de alto valor.

- **Dutoviário:** deve ser utilizado para movimentar produtos líquidos e gasosos, normalmente em longas distâncias. Sua movimentação é lenta, porém, sem paradas. Seu custo de investimento é alto, no entanto, o operacional é baixo. Normalmente utilizado para transportar gás, petróleo ou outros produtos refinados, possuindo vias próprias (tubos de passagem) e são de responsabilidade de cada empresa transportadora. Sua maior vantagem é sua movimentação sem paradas, sendo um sistema contínuo.
- **Aquaviário:** deve ser utilizado para movimentar produtos de baixo valor, e em grande quantidade em longas distâncias. Seu custo é baixo, porém, sua entrega é longa, e dependerá dos portos para acontecer, o que poderá acarretar em um maior tempo. As vias são públicas, porém, são controlados pelo governo de cada território, seus terminais são os portos, onde são carregados ou descarregados. Seus veículos podem ser próprios ou terceirizados, e é uma alternativa mais barata para transporte entre países distantes.
- **Ferrovário:** deve ser utilizado para entregas de matéria-prima ou manufaturados, é um sistema lento, porém, de baixo custo. Este transporte oferece suas próprias vias, terminais e veículos, necessitando grande investimento da empresa, tendo custos fixos como os principais, e é recomendado para grandes distâncias em um mesmo país ou países vizinhos. Para Arnold (2008), para este tipo de modal ser considerado vantajoso, o volume das cargas devem ser altas para absorver os altos custos.

Pode-se ainda optar por operadores logísticos que ofereçam serviços de multimodalidade, onde esta empresa utiliza mais de um modal para a distribuição física deste produto, acompanhando todo o processo de movimentação até o ponto final. Normalmente opta-se por esta alternativa para diminuir os custos variáveis ou reduzir o tempo de viagem. De acordo com Fleury, Wanke e Figueiredo (2011) no Brasil, apesar de algumas soluções logísticas acharem na escolha multimodal para reduzir os custos estas decisões esbarram em questões como à falta de estrutura em algumas vias e terminais de integração destes modais ou leis de regulamentação da operação de transporte para mais de um modal.

Dentro do gerenciamento de transportes existem dois princípios fundamentais de orientação, são eles: economia de escala (custos) e distância (tempo) (FLEURY; WANKE; FIGUEIREDO, 2009). A economia de escala é obtida através da relação da diminuição do custo de transporte por unidade de peso com cargas maiores. Cargas fechadas, aquelas que utilizam toda a capacidade do veículo, possuem um menor custo por unidade de peso que as cargas fracionadas, aquelas que utilizam apenas parte da capacidade. Logo, aqueles modais que transportam mais cargas (ferroviário e aquaviário) possuem menor custo de transporte por unidade de peso que os outros.

A economia de distância é obtida através da relação da distância percorrida. Quanto maior a distância menor será o valor unitário por unidade de distância. Logo, quanto maior a distância menor será o custo. Os modais que percorrem maiores distâncias (aquaviário e aeroviário) em uma única viagem tendem a ter um custo por unidade menor que os outros. Estes princípios são importantes na avaliação da escolha do modal adequado. O objetivo para a escolha correta do modal será de aumentar a distância ou o tamanho da carga para diminuir o custo unitário (FLEURY; WANKE; FIGUEIREDO, 2009).

Contudo, o nível de qualidade do transporte irá afetar diretamente o serviço ao cliente. Com as exigências de mercado cada vez maiores, como: prazos mais curtos, a capacidade de promover serviço porta a porta, flexibilidade, pontualidade, e manuseio correto do produto, além do gerenciamento de riscos em relação a assaltos e danos; é necessário que ocorra um cuidado maior com o transporte de cargas. A escolha do modal e o tipo de veículo irão influenciar diretamente nestas exigências, porém, cada um terá seu custo envolvido que poderá desfavorecer o objetivo de redução de custos (BALLOU, 2006).

### **2.2.2 Tipos de Veículos do modal Rodoviário**

De acordo com a Confederação Nacional do transporte – CNT (2014), o modal rodoviário tem a maior participação no transporte de cargas e passageiros no Brasil. No transporte regional de cargas sua participação é de 61%, seguido pelo ferroviário com 20,7%. A CNT aponta que apesar da predominância do modal rodoviário no país, o transporte passa por problemas que atrapalham seu desempenho, sendo a infraestrutura das rodovias o principal. A ausência de manutenção das pistas resulta em desperdício de tempo, acidentes e custos com reparos nos veículos também impactam no desempenho deste modal.

Foram registrados 78,8 milhões de veículos, de acordo com a CNT (2014), em 2013, representando um aumento de 101% em relação a 2004. Deste volume, 4,1% foram de novos caminhões, tendo um aumento de licenciamento de 16,9% no período de 2007 a 2013. Estes novos veículos são: caminhões, caminhões tratores, reboques e semi-reboques, mostrando um aumento na demanda de serviços de transporte no país. Este crescimento ao longo dos anos levou a uma diversificação dos modelos ofertados, que somam 200, distribuídos em diversas categorias.

De acordo com o Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas – RNTRC (2016), os veículos de carga mais utilizados no Brasil são: Caminhão leve, caminhão simples, caminhão trator, caminhonete, reboque, semirreboque, bi trem e utilitário leve.

Apesar disso, na escolha do veículo certo não se deve basear apenas na capacidade dele, ou no preço, e sim na necessidade de demanda da empresa. De acordo com Valente, Passaglia, Novaes (1997) a falta de preocupação dos gestores com a capacidade necessária faz com que ocorra uma ociosidade em caminhões médios, e uma carga acima do permitido em caminhões maiores. Ainda de acordo com os autores, ao comprar um veículo deve-se preocupar com as características da carga, como: peso, tipo de carga, prazo de validade, tipo de embalagem, fragilidade, volume, e outros; e a característica do transporte: tipo de demanda, sistema de carga e descarga, topografia, legislação de trânsito e distância máxima a ser percorrida entre os pontos de abastecimento e entrega.

### **2.2.3 Decisões Táticas do transporte**

O nível tático é responsável pelas decisões de médio prazo, como: determinar demanda e frequência de abastecimento e atendimento, sistema de cargas e descargas, previsão de demanda e o controle do tempo de carga e descarga dos veículos, tipo de veículos a ser utilizado.

Outro fator importante da decisão tática é o dimensionamento de carga. De acordo com Valente, Passaglia e Novaes (1997) o transporte de carga no modal rodoviário no Brasil apresenta apenas 43% da sua capacidade total. Um dos motivos que explicam este problema é o mau planejamento das cargas, que é responsabilidade do nível tático.

A consolidação da carga, união de mais de um pedido em uma mesma remessa, é uma das formas de otimização e redução dos custos do transporte, pois, rateia o custo fixo para



mais de um frete (BALLOU, 2001). De acordo com o *site* Logística Descomplicada (2016), pode-se consolidar a carga de duas formas:

**Consolidação de fornecedor:** união de pedidos de vários clientes em uma mesma carga para aproveitar a capacidade total do caminhão, reduzindo os custos e aumentando a eficiência da entrega.

**Consolidação de frete:** agrupamento dos pedidos de diferentes tamanhos que estão localizados em uma mesma área geográfica. Aproveita-se uma carga parcialmente completa para unir pequenos pedidos que estejam localizados perto.

Outra forma de dimensionar a carga é a padronização dos volumes dos produtos, facilitando o manuseio dos produtos, evitando danos e avarias. Estes produtos são agrupados em caixas, barris ou sacos para uma maior eficiência de manuseio em estoques e carregamentos (BOWERSOX; CLOSS, 2001). Estas embalagens secundárias facilitam as atividades logísticas e são chamadas de unitização, pois une uma quantidade determinada de produtos em uma mesma embalagem, criando uma só unidade, tornando o processamento mais eficiente e simples, além de aprimorar o espaço disponível. No transporte de cargas ocorre da mesma forma, o carregamento em paletes, caixas ou sacolas torna mais rápido e eficiente as entregas.

#### **2.2.4 Decisões operacionais de transporte**

A principal decisão operacional de transporte é o roteamento, sendo o resultado final dos esforços da logística em cada etapa até chegar ao cliente. Entende-se como a parte mais detalhada do transporte, pois terá que planejar e programar as rotas das entregas respeitando as legislações de trânsito vigentes, a carga horária dos motoristas, prazos de entrega dos produtos, veículos disponíveis, capacidade de carga, e construção do roteiro de entrega.

O problema de transporte deriva do problema clássico de roteirização, o qual procura alocar os pontos de visitas em forma de roteiros, com sequência de atendimento buscando otimizar a distribuição física (CUNHA, 2000). Existem atualmente diversos métodos para auxiliar o planejamento de rotas, onde cada um busca uma solução ótima respeitando diversas restrições, como: tempo, tamanho da carga, número de visitas e distância. Para isto, o este trabalho irá explanar mais sobre o assunto mais à frente.

Muitas empresas brasileiras atualmente estão investindo no setor de transporte, acreditando na vantagem competitiva trazida pelo seu gerenciamento (FLEURY; WANKE; FIGUEIREDO, 2009). Estes investimentos estão voltados, em sua maioria, à tecnologia de informação, como *softwares* para aprimorar estas operações. Ela fornece a empresa um melhor planejamento e controle destas atividades, buscando formas alternativas que possibilitem a solução do problema de transporte.

### **2.3 Problemas de Transporte**

O problema de transporte surge da necessidade de distribuição de bens e serviços de várias fontes de suprimentos para várias localizações de demanda (MOREIRA, 2007). O seu objetivo é de minimizar o custo do transporte respeitando às necessidades de demanda. Abaixo será detalhado melhor o problema de transporte e os métodos de roteirização.

De acordo com Laporte (1992) o Problema de Roteirização de Veículo (PRV), ou The Vehicle Routing Problem (VRP), pode ser descrito como um problema de programação de uma rota ideal saindo de um ou vários centros de distribuição para um ou mais pontos de clientes dispersos em uma área geográfica determinada e respeitando as restrições de limite de carga, distância, tempo, entre outros. Cunha (2000) aponta que o termo roteirização de veículos é a forma que vem sendo utilizada como equivalente ao inglês “routing” (ou “routeing”) para designar o processo para a determinação de um ou mais roteiros ou sequências de paradas a serem cumpridos por veículos de uma frota, objetivando visitar um conjunto de pontos geograficamente dispersos, em locais pré-determinados, que necessitam de atendimento.

Segundo Cunha (2000) o primeiro problema de roteirização de veículos a ser estudado foi o “caixeiro viajante”, ou traveling salesman problem, que consistia em uma rota determinada com um sequenciamento de cidades visitadas por um caixeiro viajante que pudesse minimizar a distância total percorrida e garantindo com que cada ponto seja visitado exatamente uma vez. Logo, de acordo com Miura (2008) os problemas de roteirização posteriores ao caixeiro viajante, como o VRP, são versões com maiores restrições e mais complexas.

Laporte (1992) aponta que quem introduziu o problema de roteirização pela primeira vez foi Dantzig e Ramser, em 1959, ao estudarem a otimização da roteirização de uma empresa especializada em combustível (gasolina). O trabalho teve como foco estudar a

programação de uma frota de caminhões para a entrega com um ponto de origem e n pontos de destino com a menor distância possível fazendo com que cada cliente seja visitado exatamente uma vez, respeitando as restrições de capacidade de cada veículo, sendo considerado um problema múltiplo de caixeiro viajante.

Para se alcançar uma boa roteirização e programação Ballou (2006) aponta oito princípios:

- 1) Carregar caminhões com volumes destinados a paradas que estejam mais próximas entre si.** Os roteiros dos caminhões devem ser organizados em torno de agrupamentos de paradas próximas, a fim de minimizar o tráfego entre elas.
- 2) Paradas em dias diferentes devem ser combinadas para produzir agrupamentos concentrados.** Se houver a necessidade de servir as paradas em dias diferentes da semana, elas devem ser segmentadas em problemas de roteirização e programações diferentes para cada dia da semana. Isso ajuda a minimizar o número de caminhões necessários, o tempo de viagem e a distância percorrida.
- 3) Comece os roteiros a partir da parada mais distante do depósito.** Desenvolvem-se roteiros eficientes pela elaboração de agrupamentos de paradas em torno dos pontos mais distantes do depósito. Após isto, seleciona-se outro veículo e identifica-se a parada mais distante do depósito que ainda não tenha veículo para servi-la.
- 4) O sequenciamento das paradas num roteiro de caminhões deve ter forma de lágrima.** As paradas deveriam ser sequenciadas de maneira a não ocorrer nenhuma superposição entre elas no roteiro.
- 5) Os roteiros mais eficientes são aqueles que fazem uso dos maiores veículos possíveis.** Em um roteiro ideal, a utilização de veículos com capacidade suficiente para abastecer todas as paradas de um roteiro minimizaria sempre a distância ou tempo total percorrido para servir a todas paradas.
- 6) A coleta deve ser combinada nas rotas de entrega em vez de reservada para o final dos roteiros.** As coletas devem ser feita ao longo do andamento das entregas a fim de minimizar o número de superposições de roteiros que tende a ocorrer quando estas coletas ocorrem após todas as entregas.
- 7) Uma parada removível de um agrupamento de rota é uma boa candidata a um meio alternativo entrega.** Paradas isoladas dos agrupamentos de pontos de entregas, em especial

as de baixo volume, são servidas ao custo de mais tempo do motorista e despesas do veículo. A utilização de veículos menores pode ser uma boa estratégia, dependendo da distância e do volume, ou também optar por terceirização.

**8) As pequenas janelas de tempo de paradas devem ser evitadas.** As restrições das janelas de tempo de paradas muito pequenas podem resultar em um sequenciamento de paradas diferente do ideal.

Estes princípios apresentados facilitam as atividades diárias do roteamento de veículos dando ao gestor condições de encontrar rotas satisfatórias para um problema real de roteirização, tendo, ao mesmo tempo, flexibilidade para ajustar a necessidade da empresa e aos imprevistos e exceções que possam ocorrer.

#### **2.4 Problemas de Roteirização de Veículos**

Um problema real de roteirização é definido por três fatores fundamentais: decisões, objetivos e restrições; As decisões correspondem a alocação de um determinado número de clientes a serem visitados a um conjunto de veículos e motoristas disponíveis, envolvendo a programação e o sequenciamento das visitas. Os objetivos estão relacionados ao processo de roteirização que visa proporcionar um serviço de alto nível aos clientes, mas ao mesmo tempo mantendo os custos operacionais e de capital os mais baixos possíveis. E, por fim, respeitando as restrições apresentadas em cada caso, que podem ser: de capacidade, de frota, temporais e precedência (GAMA, 2011).

De acordo com Neto e Lima (2006) os problemas de roteirização são classificados em três grupos principais: Problemas de roteirização pura de veículos, problemas de programação de veículos e tripulações, problemas combinados de roteirização e programação de veículos. Contudo, para Pelizaro (2000) apesar de existir estes grupos de divisão dos problemas de roteirização a maior dificuldade não está relacionada a encontrar um esquema de classificação apropriado para tais problemas, está em “o que” ter como base para classificá-los: os requisitos do problema ou a técnica de solução proposta.

A solução proposta por Assad (1988, apud Pelizaro 2000) seria que cada problema prático seja caracterizado particularmente de acordo com suas características. Ou, outra possível classificação seria basear-se no tempo em que as informações das demandas estão disponíveis. Assim, nos problemas clássicos de roteirização a demanda é conhecida antecipadamente, já nas roteirizações dinâmicas a demanda ocorre em tempo real e é inserida

no roteamento em andamento. Para entender mais das três categorias, serão expostos nos próximos pontos mais detalhadamente.

#### **2.4.1 Problemas de roteirização pura de veículos**

Um problema de roteirização pura de veículos é considerado, para Neto e Lima (2006), basicamente um problema espacial, onde as condicionantes temporais não são consideradas na geração dos roteiros para a coleta e/ou entrega, onde, em alguns casos, a restrição de comprimento máximo pode ser considerada. Neste tipo de problema os autores apontam que existe um conjunto de nós e/ou arcos (nós são pontos dentro de um roteiro, e o arco é a junção de nós) que devem ser atendidos por uma frota de veículos, e o seu objetivo é definir uma sequência de locais que cada veículo deve passar a fim de se atingir o a minimização do custo de transporte.

Nos problemas de roteirização pura, segundo Cunha (2000), condicionantes temporais não são importantes para definição dos roteiros e sequência de atendimento. As estratégias de atendimento são direcionadas aos aspectos espaciais da localização dos pontos a serem atendimentos.

Os principais problemas de roteirização pura que são abordados por Neto e Lima (2006):

**Problema do caixeiro viajante** - consiste em determinar uma rota de mínimo custo que passe por todos os nós de uma rede exatamente uma vez. É um problema de cobertura de nós. Este problema não admite restrições ou limitações em sua aplicação.

**Problema do carteiro chinês** - consiste em encontrar uma rota de percurso mínimo, dentro de uma área delimitada, passando ao longo de cada arco pelo menos uma vez. É um problema de cobertura de arcos.

**Problema de múltiplos caixeiros viajantes** - consiste em uma generalização do problema inicial do caixeiro viajante, onde se é levando em consideração mais de um caixeiro viajante, onde os veículos iniciam e terminam suas rotas em um mesmo depósito, e não apresentam restrições em relação aos nós visitados.

**Problema de roteirização em nós com um único depósito** - consiste no clássico problema de roteirização de veículos - PRV. Ocorre quando há restrições de tempo ou capacidade do veículo, sendo considerada uma extensão mais complexa do problema do

caixeiro viajante. O planejamento de rotas é responsável por criar um sequenciamento que inicie em um único depósito para vários pontos de paradas, tendo como objetivo a minimização da distância total percorrida. Cada ponto deve ser visitado exatamente uma vez, sendo designado para apenas um veículo.

**Problema de roteirização em nós com múltiplos depósitos** - consiste na generalização do problema de PRV, porém, com a diferença que uma frota está alocada em vários depósitos ao invés de um. Todas as restrições já utilizadas no PRV com um depósito é aplicado para este problema.

#### 2.4.2 Problemas de Programação de Veículos e Tripulações

Os problemas de programação de veículos e tripulações podem ser considerados problemas de roteirização com restrições adicionais relacionados aos horários em que as atividades deverão ser executadas, onde cada parada possui um tempo exato para ocorrer (NETO; LIMA, 2006). Estas atividades ocorrem em situações em que estão presentes as restrições de janelas de tempo (horário de atendimento) e de precedência entre tarefas (coleta deve preceder entrega, ou ambas devem estar alocadas para o mesmo veículo) (CUNHA, 2000).

A classificação criada por Bodin et al (1983) é utilizada por diversos autores, como Gama (2011), Miura (2008) e Naruo (2003). Para estes autores, o problema se classifica em duas categorias: programação de veículos e programação de tripulações; apesar da semelhança entre os dois tipos de problemas, a programação de tripulações envolvem restrições mais complexas como horários com maiores fluxos. Porém, os dois tipos interagem entre si, como as especificações da programação dos veículos definirá algumas restrições na programação das tripulações, sendo ideal que sejam solucionados simultaneamente.

Naruo (2003) aponta que os principais problemas de programação de veículos são:

**Um único depósito** - consiste em uma divisão dos nós de uma rede em um com número aleatório de participantes a um conjunto de rotas, de modo que determinada função custo seja minimizada.

**Restrição de tamanho de rota** - consiste na consideração das restrições de tempo e distância máxima de viagem. Ou seja, o total da distância percorrida antes dos veículos precisarem voltar ao depósito para abastecimento ou manutenção.

**Múltiplos tipos de veículos** - considera a possibilidade de análise de que diferentes veículos com diferentes capacidades estejam disponíveis para a realização da tarefa.

**Múltiplos depósitos** - considera que exista mais de um depósito disponível para os veículos realizarem suas tarefas. Porém, estes veículos devem chegar e sair de um mesmo depósito, onde deverá ser especificado um mínimo e máximo para o tamanho de cada frota.

Com relação à programação de tripulação, Naruo (2003) apresenta os seguintes problemas:

**Programação de pessoal para um local fixo** - consiste em encontrar uma programação de trabalhadores que seja capaz de atender todas as necessidades de tarefas em todos os períodos de tempo. Podendo ocorrer um intercâmbio entre eles, e um trabalhador se deslocar para diferentes locais a cada período determinado.

**Programação de veículos e tripulação em transporte** - determina uma alocação ótima de veículos para uma programação de viagens programada de linhas, com isto, determina também a jornada de trabalho dos funcionários.

**Programação de tripulação no transporte aéreo** - semelhante à programação da tripulação em veículos, já que respeita uma tabela de turnos e horários, e paradas já definidas a serem seguidas, só que com as rotas aéreas.

**Programação de pessoal em turnos de revezamento** - caracteriza-se pela programação diária com rodízio de turno dos funcionários em função das restrições trabalhistas e necessidades de uniformização da carga.

A programação de tripulação muitas vezes é comparada a programação de veículos, porém, elas se distinguem em relação às restrições, onde as de programação de tripulação estão ligadas a carga horária dos funcionários, intervalos, e outros já apresentados acima. E a programação de veículos apresenta restrições relacionadas à distância e ao tempo total percorrido (NETO; LIMA, 2006).

### **2.4.3 Problemas Combinados de Roteirização e Programação**

Considera-se uma terceira categoria, o problema de roteirização e programação de veículos é uma importante variação do problema de roteirização de veículos com aspectos espaciais já determinados, com roteiros e sequências de viagens definidas, porém, sem alocação da tripulação e com mais de uma janela de tempo em que a atividade pode ser

realizada. Estes tipos de problemas são encontrados nos modais rodoviário, aéreo e ferroviário (CUNHA, 2000).

Estas janelas de tempo podem ser definidas como *hard* e *soft*. São classificadas de *hard*, aquelas em que ou o veículo ou o cliente chega antes do previsto, e terá que esperar para iniciar o atendimento, como em entregas bancárias, coleta de rejeitos industriais e programação de ônibus escolares. Já as classificadas de *soft* podem ter sua janela de tempo atrasar, porém, com penalidades, e podem ser vistas principalmente no transporte público (NETO; LIMA, 2006).

Quando ocorrem as janelas de tempo o custo total da roteirização e programação incluem, além da distância total percorrida, o custo do tempo de espera, como, quando um veículo chega à localização do cliente antes do tempo previsto, e também o custo do tempo necessário para a execução do serviço (ex: coleta e entrega) (BATISTUS, 2009).

Os autores Neto e Lima (2006) apontam como problemas desta categoria:

**Problema de roteirização e programação de ônibus escolares para atendimento de um conjunto de escolas** - considera-se um número variado de escolas a serem atendidas as quais cada uma possui suas próprias paradas e número de estudantes já determinados, onde as janelas de tempo são representadas pelos horários de aula.

**Problema de definição de roteiros e programação de serviços de coleta de resíduos domiciliares e de varrição de rua** - apesar de ser semelhante ao modelo de problema do carteiro chinês suas restrições são voltadas para a capacidade dos veículos, duração máxima da jornada e das janelas de tempo associadas aos horários de proibição de estacionamento. Sendo o seu objetivo minimizar o tempo morto total para uma frota conhecida.

**Problema de roteirização em atacadistas** - consiste em um problema conhecido na logística, representa a necessidade de um atacadista associar seus clientes a serem atendidos em um determinado veículo com capacidade determinada em uma sequência ótima e respeitando as janelas de tempo com o objetivo de minimizar os custos totais. Problema que será abordado neste trabalho.



## 2.5 Métodos de Resolução do Problema de Transporte

O problema de transporte está inserido no campo da logística, sendo normalmente relacionado ao custo de distribuição entre um ponto de origem (depósito) a um ponto de destino (cliente) (CUNHA, 2000). Já a modelagem do problema de transporte consiste em um modelo de programação linear no qual a função objetivo deve ser minimizada, sendo voltado para o campo da Pesquisa Operacional (PO). Este modelo de programação linear é o mais comum e utilizado, podendo ser aplicado para vários tipos de problemas. Este modelo é composto por uma função objetivo e de restrições técnicas representadas por um grupo de inequações também lineares (SILVA et al, 2010).

A resolução de problemas de transporte pode ser definida a partir de diversas abordagens. Para Naruo (2003), os métodos de resolução de problemas de transporte podem ser divididos entre:

**Métodos exatos** - Possuem uma classificação de algoritmos em termos de complexidade polinomial, onde o número de operações necessárias para obtenção da solução ótima de um dado problema é limitado. Normalmente são utilizados para problemas menores, com menores restrições ou combinados à outros métodos. Como resultado este modelo possibilita a obtenção de uma solução ótima, porém, exigem alto custo computacional. De acordo com Mauri (2006) os métodos exatos solucionam problemas pequenos, com menos de 100 clientes, e por isto, na maioria dos problemas reais se utilizam os métodos heurísticos.

**Método Heurístico** - Este modelo gera soluções sub-ótimas, porém, consegue gerá-las mais rapidamente que o método anterior, e exigem menos esforço computacional. Para isto, utilizam-se regras empíricas de agrupamento ou técnicas baseadas em “economias”, podendo aumentar ou reduzir paradas. Este tipo de método, segundo Mauri (2006), é capaz de resolver problemas de grande volume de clientes em um menor tempo, e são utilizados em sistemas de roteirização e programação em tempo real.

**Métodos Meta Heurísticos** - Agregam técnicas mais recentes e avançadas baseadas em sistemas especialistas, métodos de busca avançada ou procedimentos interativos. Porém, assim como o método anterior, encontra-se uma solução sub-ótima e seu tempo de processamento é mais rápido.

Há uma busca maior por desenvolvimento no campo de métodos meta heurístico (CUNHA, 2000), isto ocorre, pois, a maioria dos *softwares* atuais utilizam-se do método de economias, como os modelos Clarke e Wright (1963) e Gillet e Miller (1974), considerados

métodos heurísticos, que focam seus esforços na diminuição dos custos através das distâncias percorridas. São estratégias mais intuitivas e flexíveis, que dependerá do conhecimento dos gestores para sua aplicação, e servem como base para a maioria dos *softwares* existentes na área de gestão de transporte atualmente.

A busca por métodos para a solução de rotas e de programação de veículos vem crescendo entre as empresas. A atual conjuntura econômica, a busca por vantagem competitiva, as exigências dos clientes por melhores prazos e qualidade de atendimento foram alguns dos motivos para o crescimento da demanda (CUNHA, 2000). O nível de serviço das empresas hoje faz com que cada vez mais se procure por *softwares* mais avançados que processem cada vez mais restrições e um maior volume de dados focando na minimização de custos e consolidação das cargas (GAMA, 2011).

A elaboração de soluções ótimas ou sub-ótimas para os problemas da roteirização e programação de veículos tornou-se cada vez mais complexo e difícil, devido ao número de restrições impostas, como as janelas de tempo, caminhões com diferentes capacidades, intervalos das paradas, dentre outros. (BALLOU, 2006). Abaixo será detalhado o método Clarke e Wright (1963), método em foco deste trabalho.

## **2.6 Método de Clarke e Wright (1963) para resolução de Problema de transporte**

O método criado por Clarke e Wright (1963) é baseado na abordagem de economias e foi criado para resolver o PRV em que não há restrições na quantidade de veículos. Seu objetivo é minimizar a distância total percorrida por todos os veículos necessários para servir todas as paradas. Esse método usa a estratégia de agrupar primeiro - roteirizar depois. (NETO; LIMA 2005).

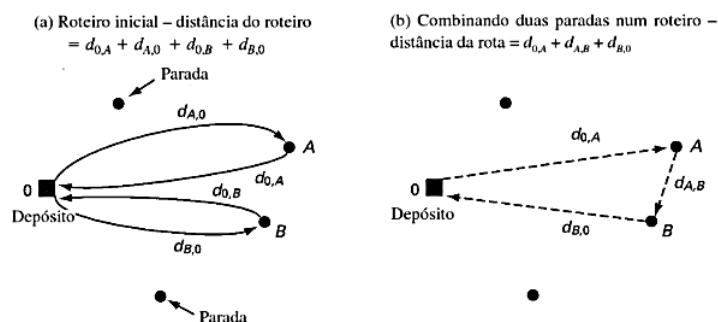
Segundo os próprios autores, Clarke e Wright, o método de economias é um desenvolvimento do primeiro método criado, o Dantzig e Ramser em 1959. A formulação é similar, porém, o método iniciou com uma restrição única de um caso particular, que ao gerar uma solução ótima foi aplicado para outros diferentes modelos. Os autores apontam que o método na sua situação inicial se preocupa mais com a capacidade dos caminhões do que a distância percorrida, o que levaria em alguns casos de gastos desnecessários de tempo. Para isto, é feita a combinação dos pontos, para criar a economia de distância.

De acordo com Miura (2008) as restrições básicas do Método são:

- Cada rota inicia e termina no depósito;
- Cada cliente é atendido em uma única rota;
- A demanda total do cliente em uma rota não pode exceder a capacidade do veículo;
- O tempo total de um roteiro não pode exceder a jornada de trabalho do motorista.

Em primeiro plano, o método consiste em um depósito e um ponto de destino, e a cada etapa surge um novo ponto a ser agrupado nesta primeira rota, mesclando as rotas de acordo com o maior ganho que pode ser gerado (**Figura 1**). Este método é um dos mais utilizados no campo do gerenciamento de transporte por sua simplicidade na abordagem e pela flexibilidade garantida ao gestor. Sua maior vantagem é justamente sua flexibilidade e simplicidade na aplicação, sendo adaptação para diversas situações. Sua desvantagem é por ser uma heurística o método Clarke e Wright não alcança uma solução ótima, porém, sua estimativa de erro é de 10% (BALLOU, 2006). O presente trabalho utiliza-se deste método em um problema real de uma empresa distribuidora de alimentos, mostrando a variedade de aplicações que o método possui em diferentes tipos de empresa.

**Figura 1** - Método de economias de Clarke e Wright



Fonte: Ballou (2006)

O objetivo deste método de economias é minimizar a distância total percorrida por todos os veículos, para assim minimizar a quantidade de veículos necessários. De acordo com Ballou (2006) a lógica deste método é calcular a distância máxima percorrida, através do primeiro e pior cenário, onde cada veículo só serve um cliente único, criando um excesso de custos desnecessários. Já no segundo cenário, elimina-se um veículo, pois agrupa duas

paradas em um só caminhão. Para determinar quais paradas vão ser combinadas em um roteiro à distância economizada é calculada antes e depois da combinação. O par escolhido é aquele que possui o maior valor economizado.

A formulação inicia com um número de caminhões  $x_i$  com capacidade  $C_i$  ( $i = 1 \dots n$ ) disponíveis para entrega nos pontos  $P_j$  ( $j = 1 \dots M$ ) a partir do depósito  $P_0$ .

O percurso da frota no primeiro cenário (**Figura 2**) é dado pela formulação abaixo:

$$L = 2x d_{D,i} + 2x d_{D,j} \quad (1)$$

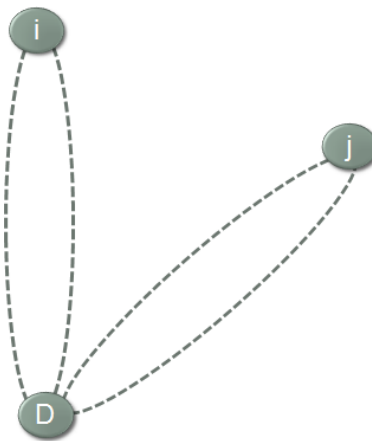
Onde:

$L$  - distância percorrida total;

$d_{D,i}$  - distância entre o depósito e o cliente  $i$ ;

$d_{D,j}$  - distância entre o depósito e o cliente  $j$ .

**Figura 2** - Solução inicial: cada veículo atende um único nó



**Fonte:** Adaptado de Ballou (2006).

No segundo cenário é feita a combinação de dois pontos em um único veículo. Supõe-se que o veículo ao atender o cliente  $i$  visita também o ponto  $j$  (**Figura 3**). Esta nova hipótese é dada pela formulação:

$$L' = d_{D,i} + d_{i,j} + d_{D,j} \quad (2)$$

Sendo:

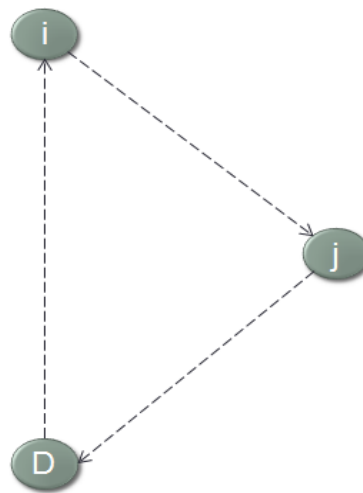
$L'$  - distância total do percurso na combinação dos nós;

$d_{D,i}$  - distância entre o depósito e o cliente  $i$ ;

$d_{i,j}$  - distância entre o cliente  $i$  e o cliente  $j$ ;

$d_{D,j}$  - distância entre o cliente  $j$  e o depósito.

**Figura 3 - Combinação de duas rotas em um único roteiro**



**Fonte:** Adaptado de Ballou (2006)

Ao unir os dois clientes em uma única rota, ocorrerá uma economia de percurso (Ganho), que será a diferença entre  $L$  e  $L'$ :

$$G_{i,j} = d_{D,i} + d_{D,j} - d_{i,j} \quad (3)$$

Onde:

$G_{i,j}$  - ganho obtido na junção dos pontos;

$d_{D,i}$  - distância entre o depósito e o cliente  $i$ ;

$d_{i,j}$  - distância entre o cliente  $i$  e o cliente  $j$ ;

$d_{D,j}$  - distância entre o cliente  $j$  e o depósito.

Gama (2011) aponta seis etapas para a aplicação do método:

Etapa 1: Combinam-se todos os pontos (clientes) dois a dois, calculando o ganho para cada combinação através da fórmula (3).

- a) Para o cálculo de ganho deve se ter a condição:  $i \neq j$ ,  $i \neq D$  e  $j \neq D$ .

Etapa 2: Ordena-se que todas as combinações  $i,j$  de forma decrescente, segundo os valores dos ganhos  $i,j$ .

- a) Quanto maior for a distância entre os pontos  $i,j$  e o depósito, maior será o ganho, pois, quanto maior for a distância até o centro de distribuição (CD), maior será a economia gerada pela combinação destes pontos.
- b) O ganho tende a crescer quando os pontos  $i$  e  $j$  estão mais próximos, ou seja, quanto menor a distância entre os dois nós do roteiro maior será o ganho obtido.

Etapa 3: Inicia-se a análise de combinação dos pontos que possuem os maiores valores de ganho  $g_{i,j}$ . Após isto, segue a ordenação decrescente para todos os pontos.

Etapa 4: Para um par de pontos  $(i,j)$  retirado da sequência de combinações, verificar se os dois pontos já fazem parte de um roteiro iniciado.

- a) Se  $i,j$  não estiverem inclusos em nenhum dos roteiros já iniciados deve-se criar uma nova rota com estes dois pontos;
- b) Se o ponto  $i$  já pertencer a um roteiro iniciado, verifica-se se este ponto é o primeiro ou último do roteiro. Se já estiver incluso, acrescenta-se o par de pontos  $(i,j)$  na extremidade apropriada;
- c) Se nenhum dos dois pontos satisfizer essa condição separadamente volta-se a etapa 3;
- d) Se ambos os pontos  $i,j$  já estiverem alocados para diferentes roteiros verificar se ambos são extremos dos respectivos roteiros. Se sim, fundir os dois roteiros em um só, juntando-os de forma a unir  $i,j$ ;
- e) Se ambos os pontos  $i,j$  já fizerem parte de um mesmo roteiro, passa-se para a etapa 5.

Etapa 5: a cada nova junção de nós, ou de roteiros, verificar se a nova condição satisfaz as restrições de tempo e de capacidade. Se satisfizer, a nova condição é aceita.

Etapa 6: o processo encerra quando todos os pontos de demanda estiverem inclusos em um roteiro.

## 2.7 Aplicações do método Clarke e Wright

A flexibilidade do modelo faz com que ele possa ser aplicado em diferentes tipos de empresas e diferentes problemas. A popularização deste método se deu pela sua facilidade, não necessitando de um grande esforço computacional. Este tópico irá mostrar a aplicação do método em diferentes artigos publicados no Brasil entre os anos de 2007 e 2016, a fim de provar a flexibilidade e resultados do modelo para diferentes situações, assim como combinações possíveis com outros métodos, *softwares* e melhorias proposta por alguns autores a partir de limitações encontradas no método original.

- **Wu (2007):** “*O problema de roteirização periódica de veículos*”. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. A autora da dissertação utilizou o método Clarke e Wright em paralelo a outras duas estratégias. O foco do seu estudo está no abastecimento de uma indústria automobilística que necessita de um processo para a coleta das peças. Das três estratégias heurísticas, uma se baseou no equilíbrio de esforços para designação de combinações permitidas de dias e frequência de visita a partir da demanda, utilizando tanto o critério de equilíbrio da frota como da demanda. Os algoritmos Clarke e Wright (1964) e Christofides e Beasley (1984) foram utilizados como estratégia de solução para realizar a alocação e a avaliação da aptidão dos indivíduos. Estas estratégias tinham como objetivo obter resultados que minimizassem o custo total do processo. Como resultado foi observado que os métodos utilizados não só eram viáveis como traziam redução de custos e melhorias no atendimento da demanda da indústria.
- **Bressan, Haramita e Costa (2010):** “*Sistema de otimização e alocação de usuários a veículos fretados*”. Universidade Anhembi Morumbi. Os autores utilizaram das duas heurísticas mais conhecidas para a solução de problemas de roteirização de veículos: Clarke e Wright (1964) e Gillet e Miller (1974) para o desenvolvimento da solução de geração de rotas e alocação de pessoal em veículos fretados. Para o agrupamento de pontos foi desenvolvido um sistema baseado no modelo de Gillet e Miller de varredura dos pontos, e para a criação de rotas foi utilizado o método de economias de Clarke e Wright através do sistema API do Google para a criação dos mapas e dos roteiros com as soluções encontradas. Dentre as limitações do trabalho só é apontado problemas com o *software* utilizado, pelo número excessivo de pontos. Como

conclusão é visto um resultado positivo dos modelos utilizados, onde a combinação em conjunto oferecem maiores possibilidades para implementação de soluções ótimas.

- **Santos (2013):** *“Análise das atividades de distribuição física de uma empresa distribuidora de alimentos da cidade de Campina Grande/PB à luz da metodologia de Clarke e Wright”*. Universidade Federal de Campina Grande. O trabalho é uma aplicação do método de economias de Clarke e Wright em uma distribuidora de alimentos situada no estado da Paraíba, sendo considerada uma pequena empresa. É escolhida dentro de uma cidade em que a empresa atua uma zona para se trabalhar, para verificar a viabilidade da aplicação. Como dificuldade é visto a que a empresa não possui estrutura no campo da logística, como a falta de tecnologias da informação, sendo a distribuição física totalmente empírica. Após a aplicação, é visível uma melhoria no planejamento de rotas, pois é dado um zoneamento que facilita o agrupamento de pontos, e o auxílio com roteiros já estabelecidos no estudo.

## 2.8 Caracterização do setor de distribuição de alimentos

Atualmente existem vários modelos de atacado no País, e estes são classificados pela forma de atendimento ao cliente, de acordo com a Associação Brasileira de Atacadistas e Distribuidores – ABAD (2016), entidade nacional responsável pela regulamentação das organizações deste segmento. Estes modelos são definidos por três atividades:

**Atacadista Generalista:** compra e vende produtos de fornecedores da indústria sem vínculo ou exclusividade. Este tipo de empresa faz vendas e entregas em todos os municípios do país, sem vínculo ou exclusividade com marcas, ou território. Atende aos varejos tradicionais de pequeno porte.

**Distribuidor (especializado ou exclusivo):** compra e vendem produtos de fornecedores da indústria que possuem vínculo de exclusividade, e fazem as vendas ao varejo por meio de visitas. Esta exclusividade pode ser por diversos motivos como categoria de produto, marca, empresa, região ou canal de distribuição. Atende aos médios varejos independentes.

**Agente de serviços:** grupo que é remunerado pelos serviços prestados a outras empresas, e podem ser diversas áreas como comercial (brokers) onde fazem a operação comercial e financeira, com responsabilidade de cobrança e venda. O operador logístico que



realiza as funções de distribuição física dos produtos e a movimentação e armazenagem de cargas para a indústria, e, por último, o Merchandising (promotores) que realizam atividades nos pontos de venda, promovendo as marcas e produtos incentivando as vendas e consumo.

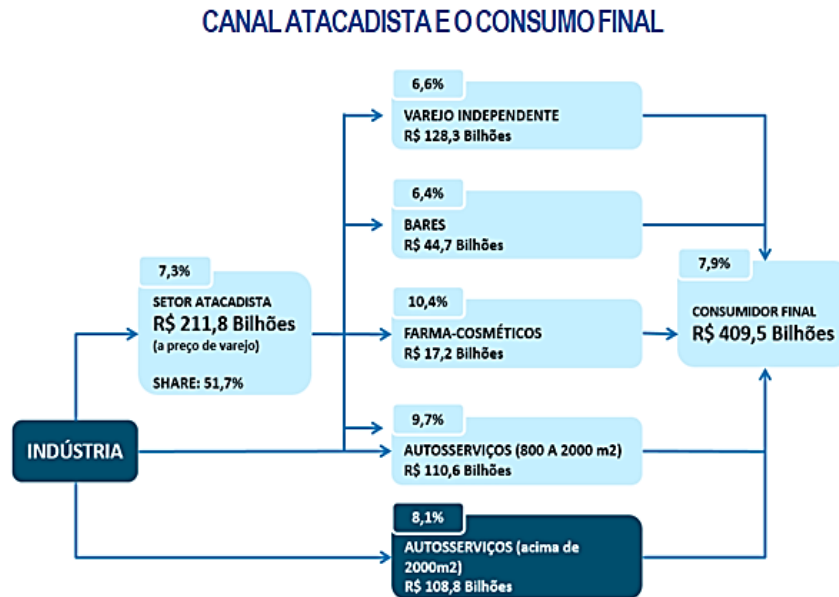
As empresas atacadistas distribuidoras são responsáveis por abastecer mais de 1 milhão de pontos de vendas dentro de todo território brasileiro em suas cinco regiões, sendo responsáveis por 52% de tudo que é comercializado dentro do país e 5% do PIB (Produto Interno Bruto) total. Estes dados, de acordo a ABAD (2016), incluem todas as empresas que comercializam produtos industrializados do ramo alimentício, ex: doces, bebidas, produtos de higiene pessoal, limpeza doméstica, produtos farmacêuticos, papelaria, material de construções, e outros; E, tiveram um faturamento de 211,8 bilhões de reais em 2014, dado mais recente da ABAD, empregando mais de 353 mil funcionários pelo Brasil, além dos vendedores diretos e representantes de vendas ou autônomos que somam mais de 120 mil pessoas.

De acordo com a ABAD (2014) a região Nordeste está em segundo lugar em % de faturamento com 28%, apenas atrás da região sudeste com 44%, seguida pela região Sul com 14%, Centro-oeste com 8% e norte com 7%. Sendo o estado da Paraíba o décimo colocado, com 3,5% do faturamento em todo o país. E, entre as linhas de produtos mais consumidas apontados pela ABAD (2014), os produtos alimentícios estão em primeiro lugar com 36,7% dos comercializados no setor distribuidor, seguido pela limpeza doméstica (11,1%), materiais de construção (7,4%), bazar/eletro (7,3%), bebidas (7,2%).

São cerca de 4 mil empresas filiadas à esta associação, sendo destas, 3 mil atacadistas e distribuidores, e mil indústrias e prestadores de serviço, sendo as empresas distribuidoras as mais representativas, com 44,8% da totalidade. Estas empresas atendem a diversos clientes como bares, farmácias, restaurantes, varejos independentes e autosserviços, até chegar ao consumidor final que gera um faturamento de 409,5 bilhões de reais, como podemos ver na **Figura 4.**

O segmento atacadista e distribuidor compõe o Canal Indireto da Indústria, ou seja, é o canal pelo qual são comercializados os produtos que abastecem estabelecimentos de pequeno e médio porte, que não possuem um volume de compra significativo para comprar diretamente da indústria fornecedora. De acordo com o *site* Varejista (2015), o canal indireto atende 95% do varejo alimentar independente e dos pequenos mercados, além de atender à 40% dos mercados médios, 85% dos bares e 45% do mercado de farma-cosméticos do País.

**Figura 4** – Canal Atacadista e o consumo final no Brasil



**Fonte:** Associação Brasileira de Atacadistas e Distribuidores (2014).

Dentro deste capítulo foram apresentados os conceitos relacionados ao tema proposto pelo trabalho, a caracterização do setor o qual será trabalhado, como também os modelos de soluções para os problemas de roteirização, com o foco do método de economias de Clarke e Wright (1963).

Dentro dos métodos indicados, o método de Clarke e Wright foi escolhido por sua rapidez no processamento e pela sua capacidade de resolver os problemas de planejamento de rotas de maneira satisfatória, sem interferir no nível da qualidade. Sendo o mais recomendado para a empresa, de acordo com a pesquisa teórica.

O método, como já mostrado, possui aplicação atual, e por isto, ainda hoje é utilizado não só para estudos, como em *softwares* vendidos para empresas especializadas na gestão de transportes, como operadores logísticos e distribuidoras. Novas restrições, além da distância, foram inclusos ao método em diferentes estudos, em busca de melhorias, porém, nenhum foi comprovado resultados significativos em diferentes cenários, e por isto, o método original ainda traz as melhores soluções em relação ao tempo de processamento.

Entre os benefícios do método, além da rapidez do seu processamento, também é vista a sua simples aplicação e flexibilidade de uso, pois integra a intuição do responsável pelas rotas com o conhecimento do método. Além do melhor atendimento ao cliente, pois, as

entregas planejadas diminuem os riscos de atraso, assim como facilita o trabalho do motorista, que terá uma programação certa a seguir, evitando possíveis problemas e erros nas rotas. E, por fim, o método também auxilia na minimização dos custos, pois, quanto menor for a distância percorrida menores são os custos relacionados ao transporte, gerando assim melhores resultados para a empresa como um todo.

### **3. METODOLOGIA**

Este capítulo visa caracterizar a presente pesquisa quanto a sua finalidade e os procedimentos técnicos utilizados. Por fim, também se apresentam as etapas de execução necessárias à aplicação do Método de Clarke e Wright (1963) no caso estudado.

#### **3.1 Caracterização da Pesquisa**

Para a classificação desta pesquisa foi usado a classificação de Gil (2010). Assim, quanto ao seu objetivo essa pesquisa é do tipo descritiva, considerando que tem como objetivo geral: Identificar oportunidade de melhorias no planejamento de rotas da empresa Paraíba Distribuidora através da aplicação do método de Clarke e Wright (1963); o qual para ser atendido necessita da descrição do trabalho da empresa, dos critérios de roteamento utilizados e da identificação de seus principais problemas relacionados ao roteamento das entregas.

Quanto à técnica utilizada, a presente pesquisa é do tipo estudo de caso. De acordo com Gil (2010), este tipo de modalidade de pesquisa consiste em um estudo de um ou poucos objetos, a fim de permitir um aprofundamento e detalhamento do objeto de estudo. Assim, a empresa Paraíba Distribuidora (nome fictício) corresponde ao objeto de estudo ou a unidade de análise dessa pesquisa.

A identidade da empresa estudada foi preservada e por isso, utilizou-se o nome fictício Paraíba Distribuidora, porém, todas as demais informações são verídicas e correspondem à realidade do caso analisado. Também foram utilizados códigos alfanuméricos (A1, A2, por exemplo) para evitar a identificação dos clientes da empresa.

#### **3.2 Ambiente e Amostra da Pesquisa**

A Paraíba Distribuidora é uma empresa distribuidora de alimentos da cidade de Esperança - PB, que atua em várias cidades do estado da Paraíba. Em função de sua ampla atuação e para viabilizar a execução das etapas necessárias ao alcance dos objetivos propostos, foi escolhido como ambiente da pesquisa a cidade de Campina Grande, que é um importante mercado atendido pela empresa. Nessa cidade há 256 clientes da empresa, distribuídos em seus vários bairros.

Para a aplicação do método de Clarke e Wright (1963) foi necessário organizar os clientes por zonas geográficas na cidade. Por isso, foi adotada a divisão de zonas já utilizada pela empresa. Assim, os clientes de Campina Grande foram agrupados em cinco zonas, numeradas de 1 a 5. Cada zona contém aproximadamente 60 clientes, menos a zona do centro, que possui 15 clientes, e está definido desta forma pela restrição do trânsito onde caminhões maiores não podem circular por este bairro.

Considerando o limite de horas de trabalho por dia dos motoristas e a capacidade de carga dos caminhões da empresa, foi considerado que cada rota de entrega deve contemplar uma média de 20 clientes de cada vez. Assim, foi definido que seriam obtidas cinco rotas de entrega, uma para cada zona coberta pela empresa. Cada rota proposta foi composta por 20 clientes, uma amostra não probabilística de cada zona, escolhida em função da proximidade geográfica.

### **3.3 Coleta de Dados**

Quanto a coleta de dados, foi elaborado e aplicado um roteiro semi-estruturado de entrevista (**APÊNDICE**) em março de 2016, contendo 16 questões, organizadas em duas partes: caracterização da empresa e atividades logísticas; as perguntas da primeira parte (caracterização da empresa) tinham como objetivo obter informações básicas da empresa como o número de funcionários, número de setores, tempo de atuação e capacidade de armazenagem. Já a segunda parte (atividades logísticas) tinha como objetivo compreender como é feita o planejamento de rotas atualmente, o tipo de caminhão utilizado, critério de atendimento, número total de clientes e dificuldades enfrentadas no planejamento de rotas atual. A primeira parte do roteiro e o ponto “Tipo de cliente” foi respondido pelo Sócio-diretor, pois o mesmo tem maior conhecimento sobre os dados gerais da empresa. Já a segunda parte do roteiro foi respondida pelo Gerente de logística, pois o mesmo é o responsável direto pelo planejamento de rotas da empresa. Ambos foram selecionados para a entrevista, pois estão diretamente ligados ao departamento da logística, e são responsáveis pelo setor.

Como complemento a coleta de dados na empresa, foi consultado o arquivo com o cadastro de clientes, a partir do qual foi possível criar as tabelas (apresentadas nas tabelas do Capítulo 4 – Apresentação e análise dos resultados), que viabilizam a aplicação do método e a obtenção dos roteiros para cada zona.

### 3.4 Tratamento dos Dados

Quanto ao tratamento dos dados, foram utilizadas duas abordagens: quantitativa e qualitativa. A abordagem quantitativa ocorreu nas etapas iniciais de aplicação do método, notadamente no desenvolvimento da fórmula de economia de ganhos, apresentada no capítulo 2 – Fundamentação Teórica, que busca o melhor ganho entre as combinações disponíveis de cada zona estudada. Para auxiliar na obtenção dessas distâncias, foi utilizada a ferramenta *Google Maps*, disponível no *site Google (google.com.br)*. O *Google Maps* é um serviço de pesquisa e visualização de mapas e imagens de satélite da terra gratuito fornecido pela empresa *Google*. Este serviço disponibiliza mapas e rotas para qualquer ponto de países como: Brasil, Estados Unidos, e outros.

O método de Clarke e Wright (1963) foi escolhido por sua flexibilidade e rapidez no processamento dos dados. A metodologia desenvolvida pelos autores é indicada para solucionar os problemas de gestão de rotas de entrega de pequenas e médias empresas, dando liberdade para o gestor ajustar os resultados propostos, de forma a incorporar particularidades de cada empresa no planejamento de suas rotas. O método foi aplicado seguindo as orientações de Gama (2011), que apresenta o método de forma simplificada, através das seguintes etapas:

Etapa 1: Combinar todos os pontos (clientes) dois a dois, calculando o ganho para cada combinação através da fórmula:

$$G_{i,j} = d_{D,i} + d_{D,j} - d_{i,j} \quad (3)$$

Para o cálculo de ganho deve se ter a condição:  $i \neq j, i \neq D \text{ e } j \neq D$ .

Etapa 2: Ordena-se que todas as combinações  $i,j$  de forma decrescente, segundo os valores dos ganhos  $i,j$ .

- a) Quanto maior for a distância entre os pontos  $i,j$  e o depósito, maior será o ganho, pois, quanto maior for a distância até o centro de distribuição (CD), maior será a economia gerada pela combinação destes pontos.
- b) O ganho tende a crescer quando os pontos  $i$  e  $j$  estão mais próximos, ou seja, quanto menor a distância entre os dois nós do roteiro maior será o ganho obtido.

Etapa 3: Analisar a combinação dos pontos que possuem os maiores valores de ganho  $g_{i,j}$ . Após isto, segue a ordenação decrescente para todos os pontos.

Etapa 4: Para um par de pontos (i,j) retirado da sequência de combinações, verificar se os dois pontos já fazem parte de um roteiro iniciado.

- a) Se i,j não estiverem inclusos em nenhum dos roteiros já iniciados deve-se criar uma nova rota com estes dois pontos;
- b) Se o ponto i já pertencer a um roteiro iniciado, verifica-se se este ponto é o primeiro ou último do roteiro. Se já estiver incluso, acrescenta-se o par de pontos (i,j) na extremidade apropriada;
- c) Se nenhum dos dois pontos satisfizer essa condição separadamente volta-se a etapa 3;
- d) Se ambos os pontos i,j já estiverem alocados para diferentes roteiros verificar se ambos são extremos dos respectivos roteiros. Se sim, fundir os dois roteiros em um só, juntando-os de forma a unir i,j;
- e) Se ambos os pontos i,j já fizerem parte de um mesmo roteiro, passa-se para a etapa 5.

Etapa 5: a cada nova junção de nós, ou de roteiros, verificar se a nova condição satisfaz as restrições de tempo e de capacidade. Se satisfizer, a nova condição é aceita.

Etapa 6: finalizar o processo quando todos os pontos de demanda estiverem inclusos em um roteiro.

É possível verificar a flexibilidade que o método apresenta para a composição das rotas, onde o gestor pode elaborar o roteiro das rotas utilizando restrições à empresa, como: junção de pontos vizinhos, sequenciar clientes de acordo com o horário de entrega, entre outros; O método propõe elaborar um roteiro de ganhos de distância, onde o gestor irá avaliar o melhor ganho para cada combinação após a elaboração das tabelas de cálculos de ganhos (**TABELAS 2 a 6**).

Após a elaboração da proposta de roteamento, foi feita uma nova visita à empresa, em Abril de 2016, para a apresentação das rotas obtidas com a aplicação do Método para apreciação do sócio-diretor e análise de viabilidade. Cumprindo a abordagem qualitativa dos resultados obtidos. A seguir são apresentados e analisados os resultados obtidos com a execução dessa pesquisa.

## **4. RESULTADOS**

Neste capítulo serão apresentados os principais resultados obtidos com a aplicação do método Clarke e Wright (1963) para o planejamento de rotas da empresa Paraíba Distribuidora (nome fictício). Inicialmente apresenta-se uma breve caracterização da empresa e dos itens comercializados, além da descrição da região geográfica atendida. Em seguida, apresenta-se a forma como essa empresa realiza seu planejamento de rotas e os principais problemas existentes. Por fim, são realizadas e descritas as rotas obtidas com a aplicação do referido método, seguidas pela avaliação de viabilidade do gestor de logística da Empresa Paraíba Distribuidora.

### **4.1 Caracterização da Empresa**

A Empresa Paraíba Distribuidora foi criada no ano de 1996, na cidade de Esperança-Paraíba. A escolha da abertura da empresa se deu em função do empresário já possuir uma rede de supermercado varejista localizada na cidade de Esperança-PB. Na época surgiu a necessidade de facilitar as condições de fornecimento para os comerciantes locais.

Durante esses 20 anos de existência a empresa registrou diversos marcos em direção a sua expansão, sendo o maior deles a mudança para a atual sede da distribuidora. Com o crescimento da demanda veio à necessidade de maiores espaços para armazenagem em galpões e número de caminhões. O local atual foi escolhido por estar perto da BR-104, o que facilita o acesso às cidades de: Campina Grande, Lagoa Seca, Patos, Alagoa Nova, dentre outras; onde está localizado grande parte dos seus clientes.

A expansão da empresa implicou na criação de dois galpões para a estocagem de produtos. Atualmente, apenas um é utilizado diariamente para as atividades de distribuição dos produtos, e o outro funciona como um “almoxarifado” de produtos para o galpão principal. Os dois galpões são organizados da mesma forma, por ruas, prédios e apartamentos, o que facilita na busca dos produtos. As ruas são separadas por tipo de produto (ex: alimento, higiene, etc), cada prédio é separado pelo tipo de produto (ex: sabonete), e cada apartamento é dedicado a uma marca comercializada, para facilitar o acesso aos itens e a separação do pedido.

Em cada galpão existem 17 ruas, e cada rua contém de 20 a 30 prédios (ocupação vertical), que por sua vez possuem de 4 a 6 apartamentos. No início de cada rua existe uma listagem de todas as marcas e tipos de produtos ali estocados.



A Paraíba Distribuidora se consolidou no mercado e hoje atende a empresas de varejo de pequeno, médio e grande porte da Paraíba. Atualmente ela atende apenas o estado da Paraíba, possuindo cerca de 3 mil clientes ativos no seu sistema, com uma entrega média para 2,6 mil clientes por mês em sua maioria, micro e pequenas empresas varejistas do setor alimentício como padarias, mini mercados e restaurantes, localizadas em todo o estado. Essas empresas, em geral, são atendidas por vendedores externos. Porém, alguns clientes podem ser atendidos no balcão comercial na própria sede da empresa, notadamente, aqueles clientes que compram em menor quantidade, e/ou que ainda não se formalizaram (sem registro de CNPJ).

A empresa trabalha com uma larga variedade de produtos, principalmente com as linhas de alimentos, produtos de limpeza, perfumaria e cosméticos, e, higiene pessoal. A empresa reúne uma variedade de mais de 4 mil itens em seus dois galpões, fornecidos por diversas marcas (ex: Monange, Piracanjuba, Unilever, Itambé e entre outros). Algumas das conquistas da empresa foram os contratos de exclusividade para algumas marcas como: Pilar, Selmir (Renata e Galo), Friboi, Predilecta, Capricho, Sinhá, Beira-Mar e Sandella; sendo o único a distribuir destas marcas pela região.

Como trabalha com marcas nacionais, a maioria dos seus fornecedores são das outras regiões do país. O planejamento de compras visa evitar a falta de produtos. Os pedidos são realizados por e-mail ou telefone, para os fornecedores de outras regiões, e de forma presencial ou por e-mail, com os fornecedores mais próximos. Dependendo da distância do fornecedor, alguns produtos só estão disponíveis na empresa aproximadamente um mês após o pedido. A empresa registra uma média de vinte e dois descarregamentos (recebimentos de mercadorias) por semana, de um total de 115 fornecedores cadastrados.

#### **4.2 Critérios para planejamento de rotas atual**

Em uma empresa de distribuição comercial, as atividades logísticas são muito significativas, pois suportam sua estratégia de comercialização. Na empresa alvo deste estudo, o setor de logística possui 130 funcionários, entre motoristas, auxiliares, encarregados de transporte, coordenador, conferentes, fiscal de material e gerente geral.

A Paraíba Distribuidora possui frota própria, realizando suas entregas com modal rodoviário. São 36 caminhões, todos movidos a diesel e abastecidos dentro da própria empresa, por um fornecedor exclusivo. Os caminhões da empresa são do tipo: Truck (capacidade 14 toneladas), Caminhão  $\frac{3}{4}$  (capacidade de 7 toneladas), Toco (capacidade de 4

toneladas) e o Leve (capacidade de 1,8). Ao total a empresa possui uma capacidade de carga de expedição de 249,8 ton. Cada caminhão faz, em média, duas viagens por semana.

A venda ocorre diretamente com o departamento comercial, tendo como valor mínimo 150,00 reais. Após o fechamento do pedido, entrega-se o pedido para a logística fazer a separação. Os dois departamentos utilizam o *software Winthor*, que separa todos os clientes pela sua localidade e divide o estado em 31 zonas, entre elas: João Pessoa I, II, III e IV, Campina Grande I, II, III, IV e V, Sertãozinho, Cariri, e outros.

Normalmente o tempo de entrega dos pedidos recebidos é de até 24 horas, para regiões próximas; e, de 48 horas, para regiões mais distantes. Há clientes antigos que podem receber atendimento especial, principalmente em função do volume comprado. Nesses casos, é possível as entregas ocorrerem no mesmo dia do recebimento do pedido.

Para o caminhão sair para entrega há uma carga mínima estabelecida. O critério para autorização de saída de um caminhão é que a carga despachada nele tenha o valor de 25 mil reais ou, corresponda ao peso mínimo de 6 toneladas (no caso do caminhão Truck). Este valor foi estabelecido de acordo com o *software*, como o valor mínimo para que a empresa obtenha lucro. Porém, para chegar a este valor, muitas vezes o caminhão é sobrecarregado, então, além deste valor, é necessária a ponderação do gestor para chegar ao valor estabelecido sem sobrecarregar o caminhão. De acordo com o Gerente de Logística há um relatório mensal para controlar o uso dos caminhões, verificando quanto cada caminhão foi utilizado no mês anterior. Isto faz com que eles saibam se está sendo usada toda a frota de caminhões, ou há motoristas e caminhões ociosos. Um bom rendimento, para a empresa, é que cada caminhão faça acima de 200 mil reais por mês, sendo acima disto, excelente.

Para planejamento das rotas na empresa, não há um sequenciamento definido por cliente, apenas há divisão dos bairros nas cinco áreas da cidade. É de responsabilidade do gerente de logística e do encarregado a definição das rotas de cada caminhão, algumas horas antes do horário que o caminhão deverá sair. Os motoristas recebem a lista de clientes que deverão entregar em uma ordem por bairro, seguindo o critério de ir primeiro no cliente mais distante e depois atendendo os demais clientes do bairro, no sentido de retorno à empresa. Porém, não há um controle da rota dos motoristas, e também não há como saber qual sequência de clientes que foi atendida.

O que a empresa considera necessário hoje é adquirir um *software* com mais recursos de planejamento e controle de armazenagem de materiais para facilitar a busca por produtos

nos estoques, visando diminuir o tempo de carregamento do caminhão, que hoje é uma média de duas horas para o caminhão maior, o truck, e quarenta minutos para o menor, o leve, E, como investimento previsto, a empresa planeja adquirir uma empilhadeira de pallets. Com isto, será menor a quantidade de homens que atualmente realizam estas tarefas de carregamento de caminhão.

#### **4.3 Problemas do planejamento de rotas na empresa em estudo**

As principais dificuldades na execução das atividades do setor da logística da empresa foram identificadas como: variações significativas no tempo de entregas realizadas por diferentes motoristas para uma mesma área; diminuição da demanda; restrições dos clientes para recebimento de cargas em determinados horários ou utilizando determinados tipos de veículos (centros urbanos); exigências de embalagens especiais por parte de alguns clientes; rejeição de produtos por avarias causadas no transporte; restrições legais para o tráfego de caminhões em rodovias; elevado tempo de carregamento de caminhões e grande número de funcionários exigidos para essa atividade. Esses problemas identificados serão detalhados a seguir.

##### **Variações significativas no tempo de entregas**

Em relação à variação no tempo de entrega das cargas, a empresa passa por um problema com seus motoristas. A falta de controle nos horários destes funcionários faz com que ocorram falhas no atendimento e entrega dos pedidos. É acordado entre a empresa e seus motoristas, assim como os auxiliares dos motoristas, que as viagens devem durar até dois dias, com entregas durante o horário comercial, de segunda a sábado. Porém, os motoristas demoram mais do que determinado pela distribuidora, para que não fazer outra viagem na mesma semana. Com isto, a empresa se torna menos eficiente. Aumenta-se o tempo de envio, já que alguns pedidos ficam sem envio pela demora de alguns motoristas, e os funcionários, assim como os caminhões, ficam ociosos.

##### **Diminuição da demanda do mercado**

Em relação à demanda de mercado, a empresa verifica, além da grande concorrência, os efeitos da crise econômica nacional nos volumes demandados, o que fez com que fosse

necessário diminuir a margem de lucro para garantir preços competitivos. A demanda dos clientes diminuiu, fazendo com que alguns produtos fiquem estocados por muito tempo, e não ocorra a mesma quantidade de entregas como ocorriam até ano passado.

### **Restrições de alguns clientes para recebimento de cargas**

A empresa também possui restrições com alguns dos seus clientes, estas restrições são: o recebimento de cargas em determinados horários, restrição de dia da semana ou até restrição em relação ao número de auxiliares.

Alguns clientes possuem horários específicos para a entrega, não aceitando em outros turnos. Como a empresa já trabalha com rotas, há um sequenciamento de bairros já estabelecido para a visita de cada cliente, se houver uma recusa do pedido ao chegar o caminhão com a entrega, o motorista terá que voltar novamente ao cliente no horário estabelecido para completar as entregas.

Ainda há alguns clientes que, muitas vezes, não aceitam o pedido no dia da entrega, no caso de supermercados que estão perto de feiras municipais e determinam outro dia para o recebimento das mercadorias, logo, o motorista volta à empresa com o caminhão ainda carregado com o pedido. Isto causa a empresa custos maiores de entrega e atrapalha o planejamento de rotas.

Já em relação ao número de auxiliares, normalmente a entrega é feita pelo motorista e um auxiliar, onde eles são responsáveis pelo descarregamento dos produtos. Porém, os clientes que possuem empresas de grande porte só aceitam a entrega de pedidos se houver um segundo auxiliar para a entrega para auxiliar no descarregamento dos pedidos, o que resulta em um aumento dos custos de entrega.

### **Exigências de embalagens especiais por parte de alguns clientes**

Existem clientes, em sua maioria de empresas de grande porte, que possuem exigência da embalagem dos produtos. Estes clientes solicitam embalagens especiais, como produtos em pallets, filmados, ou em caixas. Causando maior tempo para embalar o pedido, e descarregá-lo, no caso de pallets.

### **Rejeição de produtos por avarias causadas no transporte**

É percebida uma rejeição natural de produtos por avarias causadas pelo transporte. Durante a entrega é esperado e comum que ocorra a avaria de alguns produtos, devido o carregamento e descarregamento do caminhão, o tipo de embalagem e o próprio trajeto do caminhão. Quando a entrega é feita, e ocorre este problema, o cliente recusa o produto. Apesar de já ocorrer uma política de melhoria, e clientes que compram estes produtos em avaria por um menor preço, a empresa perde por não entregar o pedido completo e terá que voltar para completá-lo, perdendo ao vender o produto por um valor abaixo de mercado.

### **Restrições legais para o tráfego de caminhões em rodovias**

Em relação à elaboração das suas rotas, de acordo com o Gerente de Logística, as normas atuais para o tráfego de caminhões como limite de velocidade, carga horária dos motoristas com paradas obrigatórias a cada 4 horas e limite de horas diárias, além da proibição de circular em pontos da cidade como centro e algumas avenidas, são restrições no planejamento de rotas e aumentam o tempo de entrega.

Outra restrição em relação ao trânsito está na cidade de Campina Grande, um dos principais pontos da empresa, onde não pode circular caminhões de grande porte no centro. Logo, é necessário criar uma zona só para o bairro do centro, pois tem um caminhão específico para ele, não podendo agrupar com outros pedidos de outras zonas.

### **Elevado tempo de carregamento de caminhões e grande número de funcionários exigidos para essa atividade**

O elevado tempo de carregamento de caminhões ocorre, pois, atualmente a separação e carregamento dos pedidos feitos do depósito até a baía e posteriormente o caminhão é feito por funcionários. Alguns funcionários ficam responsáveis pelas “ruas”, onde os produtos estão e ao receber o pedido já separam os produtos que pertencem a sua rua e entregam para outro funcionário que circula com um carrinho de mão em todas as ruas necessárias para completar o pedido, e após isto agrupa todos em um local, embalando de acordo com o critério estabelecido pelo cliente, quando o caminhão chega para carregar e seguir para a entrega, outros funcionários colocam os pedidos já separados na baía para dentro do caminhão. Porém, utilizam-se hoje muitos funcionários para esta tarefa, e perde-se muito

tempo, deixando o caminhão parado para o carregamento por mais de duas horas. Um investimento necessário seria uma empilhadeira para facilitar a separação, diminuindo o custo com o quadro de funcionários e aumentando a eficiência.

#### **4.4 Aplicação do método de Clarke e Wright (1963)**

A Paraíba Distribuidora possui clientes em mais de 200 cidades do Estado da Paraíba. Para a aplicação do método Clarke e Wright, foi escolhida a Cidade de Campina Grande por ser uma grande cidade em que a empresa atende, com um grande número de clientes ativos, por estar localizada perto do centro de distribuição e ter um prazo de entrega de 24 horas, o que torna o planejamento de rotas mais complexo.

A Cidade de Campina Grande possui 256 pontos de entrega atendidos (**QUADRO 1**) pela empresa Paraíba Distribuidora, conforme distribuição indicada no Quadro 1. Esses pontos de entregas são agrupados em 5 zonas (Norte, Sul, Leste, Oeste e Centro). Os bairros citados no Quadro 1, foram definidos pela empresa durante o cadastro dos clientes no *software* utilizado.

As zonas Norte, Sul, Leste e Oeste são compostas por uma média de 60 clientes, e são representadas pelas zonas 1, 4, 5 e 3, respectivamente. Já a zona do centro, por sua restrição em relação ao caminhão especial ela só é composta pelos 15 clientes do bairro do centro, sendo representada pela zona 3.

Os bairros selecionados para as zonas de aplicação do método foram escolhidos por uma amostra não probabilística de forma intencional, aleatória. Foi escolhida uma média de 20 pontos em cada zona, o que corresponde ao número médio de pedidos entregues na empresa por cada caminhão. Os bairros foram agrupados pela localização geográfica, unindo os bairros próximos entre si para compor a zona de aplicação do método.

O Quadro 1 representa todos os clientes da empresa Paraíba Distribuidora na Cidade de Campina Grande separados por bairros.

**Quadro 1** - Quantidade de Pontos de Entrega por bairro (CAMPINA GRANDE - PB)

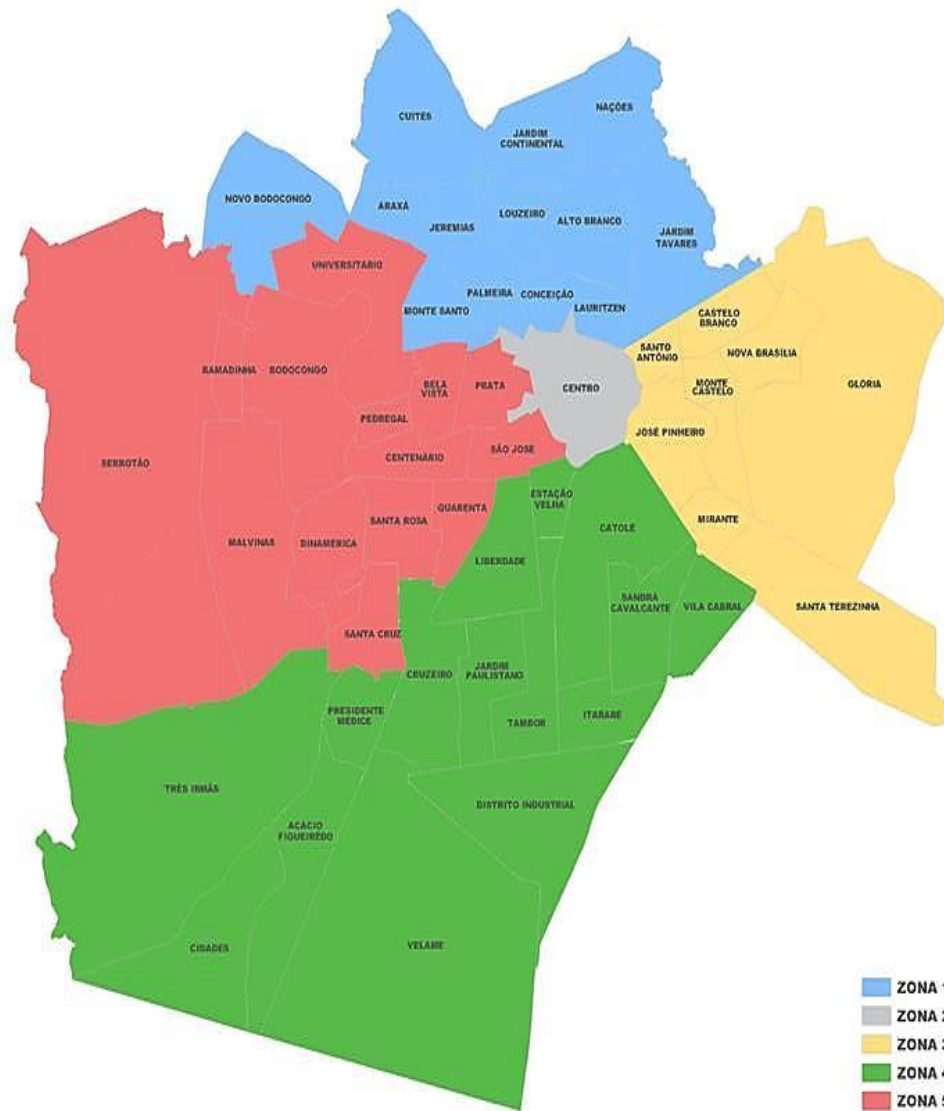
<b>BAIRROS</b>	<b>QNT.</b>	<b>BAIRROS</b>	<b>QNT.</b>
Alto Branco	2	Liberdade	14
Ana Amélia	1	Malvinas	6
Araxá	1	Monte Castelo	12
Bela Vista	3	Monte Santo	11
Bodocongó	17	Mutirão do Serrotão	7
Catingueira	9	Nova Brasília	8
Catolé	18	Palmeira	1
Catolé de José Ferreira	3	Pedregal	3
Centenário	4	Prata	5
Centro	15	Presidente Médici	3
Cidades	9	Quarenta	1
Chá do Marinho	2	Ramadinha	1
Conceição	4	Ressureição	1
Conjunto do Cinza	1	Rocha Cavalcante	4
Cruzeiro	24	Ronaldo Cunha Lima	1
Dinamérica	1	Santa Cruz	3
Glória	2	Santa Rosa	18
Itararé	1	Sandra Cavalcante	3
Jardim Continental	2	Santo Antônio	5
Jardim Paulistano	4	São José	1
Jardim Verdejante	1	São José da Mata	3
Jeremias	1	Tambor	6
José Pinheiro	8	Três Irmãs	6

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2016)

Cada bairro descrito no Quadro 1 reúne todos os clientes, presentes na localidade, da empresa em estudo dentro da cidade de Campina Grande. Esta separação é feita para que ocorra a divisão por zonas. A classificação por zonas (**FIGURA 5**) facilita o planejamento de rotas, pois une bairros próximos entre si que possuem pontos de entrega, com isto, torna mais fácil a aplicação do método de Clarke e Wright. A Paraíba Distribuidora, por utilizar o *software Whintor*, já possui sua própria separação por zonas pré-definida, onde cada novo cliente cadastrado já é alocado de acordo com sua localização na zona mais próxima.

Esta separação por zonas respeita a divisão geral conhecida da cidade de Campina Grande, com Norte, Sul, Oeste e Leste, porém, pela restrição do bairro do Centro, onde caminhões de grande porte não são autorizados a trafegar, foi adicionada uma nova zona para que diferenciar das demais e não ocorrer problemas na entrega, sendo destinado um caminhão menor para estes clientes. Contudo, apesar de possuir poucos pontos e haver a limitação do caminhão, o volume de pedidos e a frequência com que ocorrem torna a zona do Centro lucrativa para a empresa.

**Figura 5** – Zonas de Aplicação do Método na Cidade de Campina Grande - PB



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2016)

Após conhecimento dos pontos atendidos pela empresa, e de agregar todos eles nos bairros (**QUADRO 1**) e nas respectivas zonas (**FIGURA 5**), a primeira etapa da aplicação do método representa a coleta das distâncias entre cada ponto de entrega e a empresa, para isto, foi utilizado as informações do *Google Maps* e os dados obtidos foram armazenados em uma planilha Microsoft Excel.



A aplicação do método visa identificar primeiro o pior cenário das entregas, onde cada caminhão atende apenas um único ponto de entrega por vez e volta para o centro de distribuição. Esta situação gera maiores custos para a empresa, pois, o caminhão não irá preencher sua carga completa, possuindo grande espaço ocioso. Isto resulta em um lucro menor, ou nenhum, para a empresa, e pouco aproveitamento do veículo.

Para selecionar os pontos de aplicação do método, foram escolhidos 18 bairros, das 5 zonas definidas e apresentadas na **Figura 5**. Foi definida uma média de 20 clientes para cada zona, pois representa o valor médio de pedidos atendidos por caminhão na cidade de Campina Grande – PB, de acordo com a capacidade do caminhão, a autonomia de combustível do veículo e a carga horária de trabalho normal do motorista e auxiliar. Logo, este valor é uma amostra do planejamento de rotas de cada zona para exemplificar uma entrega para os bairros definidos na **Tabela 1**.

Após a identificação das zonas de entrega, foi feita a coleta das distâncias de cada cliente em relação à empresa Paraíba Distribuidora, em cada uma das zonas. A **Tabela 1** abaixo apresenta essas informações. Todos os pontos foram coletados a partir dos endereços dos clientes fornecidos pela empresa, para evitar a identificação dos clientes, foi atribuído a cada um deles um código alfanumérico. Por exemplo, para os dois clientes do bairro Alto Branco, foram atribuídos os códigos A1 e A2 e na frente de cada um deles, são apresentados os respectivos valores de distância deles até a sede da empresa.

Todos os dados de distâncias foram coletados pelo *Google Maps*, que apresentam uma maior proximidade da distância real entre os pontos. O ponto inicial é o endereço da empresa Paraíba Distribuidora e o ponto seguinte corresponde a cada cliente das zonas anteriormente ilustradas.

Tabela 1- Divisão de Zonas e Distâncias entre a Empresa

Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4		Zona 5						
Local	Distância (km)	Local	Distância (km)	Local	Distância (km)	Local	Distância (km)	Local	Distância (km)					
A1	Alto Branco	24,4	A2	Centro	25,7	A3	José Pinheiro	27,1	A4	Catolé	29,7	A5	Bodocongó	32,2
B1	Alto Branco	25,29	B2	Centro	26,8	B3	José Pinheiro	27,12	B4	Catolé	29,4	B5	Bodocongó	31,8
C1	Jd. Continental	28	C2	Centro	26,7	C3	José Pinheiro	27,1	C4	Catolé	28	C5	Bodocongó	31,7
D1	Jd. Continental	28,1	D2	Centro	26,7	D3	José Pinheiro	27,2	D4	Catolé	29,3	D5	Bodocongó	32,9
E1	Conceição	25,3	E2	Centro	25,7	E3	José Pinheiro	27,3	E4	Catolé	29,3	E5	Bodocongó	31,9
F1	Conceição	25,3	F2	Centro	28	F3	José Pinheiro	27,35	F4	Catolé	28	F5	Bodocongó	31,3
G1	Conceição	25,4	G2	Centro	26,7	G3	José Pinheiro	28	G4	Catolé	28	G5	Bodocongó	32
H1	Conceição	25	H2	Centro	26,9	H3	José Pinheiro	27,04	H4	Catolé	28,6	H5	Bodocongó	31,7
I1	Palmeira	26,53	I2	Centro	26,3	I3	Nova Brasília	30,8	I4	Catolé	31	I5	Bodocongó	32
J1	Araxá	27,29	J2	Centro	26,3	J3	Nova Brasília	28,2	J4	Catolé	31	J5	Bodocongó	33,8
K1	Monte Santo	26,6	K2	Centro	26,3	K3	Nova Brasília	28,7	K4	Catolé	29,3	K5	Bodocongó	32,4
L1	Monte Santo	27	L2	Centro	26,7	L3	Nova Brasília	28,3	L4	Catolé	30,2	L5	Bodocongó	32,7
M1	Monte Santo	27,6	M2	Centro	26,7	M3	Nova Brasília	27,64	M4	Catolé	29,1	M5	Bodocongó	28,5
N1	Monte Santo	27	N2	Centro	27	N3	Nova Brasília	28,3	N4	Catolé	29,1	N5	Bodocongó	31,5
O1	Monte Santo	28	O2	Centro	27,2	O3	Nova Brasília	28,4	O4	Catolé	28,6	O5	Bodocongó	33,24
P1	Monte Santo	26,6	P2			P3	Nova Brasília	28,5	P4	Catolé	28,52	P5	Bodocongó	31,8
Q1	Monte Santo	28,1	Q2			Q3	Santo Antonio	29,1	Q4	Catolé	27,65	Q5	Bairro Universitário	28,6
R1	Monte Santo	26,59	R2			R3	Santo Antonio	27	R4	Catolé	28,52	R5	Malvinas	32,6
S1	Monte Santo	28,1	S2			S3	Santo Antonio	27,1	S4	Itararé	30,5	S5	Malvinas	32,9
T1	Monte Santo	27,1	T2			T3	Santo Antonio	26,8	T4	Sandra Cavalcante	28,8	T5	Malvinas	32,3
U1	Monte Santo	26,6	U2			U3	Santo Antonio	27	U4	Sandra Cavalcante	29,7	U5	Malvinas	33,2
V1	Monte Santo	26,67	V2			V3			V4	Sandra Cavalcante	29,8	V5	Malvinas	32,9
X1	Jeremias	27,1	X2			X3			X4	São José	28,5	X5	Malvinas	32,3

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

Após a coleta das distâncias, para aplicação do método de Clarke e Wright é necessário combinar todos os pontos que representam os clientes, dois a dois, calculando-se os ganhos para cada combinação (**TABELA 2**). As etapas de aplicação do método de Clarke e Wright (1963) seguiram as orientações de Gama (2011), que apresenta o método original de forma simplificada.

Para a aplicação do método de ganhos foi aplicada a fórmula já citada no Capítulo 2 – Fundamentação Teórica, sendo ela:

$$S_{i,j} = g_{i,j} = d_{D,i} + d_{D,j} - d_{i,j} \quad (3)$$

O método se baseia no ganho entre os nós – pontos alocados dentro de um roteiro, desde a empresa até o último cliente da combinação. Logo, quanto maior for a distância entre o ponto e a empresa maior será o ganho. E também, quanto menor for a distância entre o ponto e a empresa o ganho será menor. Isto é feito para que a empresa possa obter o maior ganho ao atender um conjunto de pontos com uma única longa viagem, economizando assim, outras viagens que seriam realizadas para a entrega os pedidos com através de uma rota sub ótima.

As Tabelas 2 a 6 foram elaboradas a partir das informações contidas na **Tabela 1**, e de dados coletadas a partir do *site Google*, na ferramenta *Google Maps*, o que permitiu calcular o valor (ganho) a partir da fórmula (3). A fórmula é aplicada para todas as interações dos pontos, como por exemplo, na **Tabela 2**, o par (A;B) representa um ganho de 48,8. Este valor é encontrado após aplicar a fórmula (3), com os valores de distância de cada ponto até o centro de distribuição e a distância entre os dois pontos, e está representado na unidade quilômetros. Esta fórmula é aplicada na interação de todos os pontos. As colunas representam um cliente, e a cada linha é representada o valor do ganho após a interação do cliente de cada coluna, com o cliente da linha respectiva. Abaixo é representada o cálculo aplicado para cada combinação, através do exemplo do par (A;B) da Zona 1 (**Tabela 2**), visto na coluna A, linha B:

$$S_{i,j} = g_{i,j} = 24,4 + 25,29 - 0,89 \quad (3)$$

$$S_{i,j} = 48,8$$

De acordo com o método não há distinção entre os pontos (A;B) e (B;A), sendo desnecessário calcular ambos, e por este motivo, as tabelas de cálculo de ganhos (**Tabela 2 a 6**) são preenchida até a metade. O método também afirma que os pontos (A;A), (B;B), (C;C)...(Z;Z) possuem um ganho igual a 0, pois não há deslocamento, e por isto, possuem valor zero na tabela.

Na primeira etapa da criação dos roteiros, combinam-se todos os pontos (clientes), dois a dois, calculando os ganhos para cada combinação. Nesta etapa, foram escolhidos os melhores ganhos para cada combinação de pontos. Então, é possível ver que alguns pares vão repetir clientes, por exemplo, na tabela 2 da Zona 1, os maiores ganhos para os clientes B, D, F, G, H, O e P são as interações com o cliente Q, porém, este cliente Q só poderá está alocado com um desses clientes. Para isto, escolhe-se o maior ganho entre os apresentados, que será o par (O;Q), com um ganho de 55,88. Isto pode ocorrer por dois motivos: valor da distância do cliente Q até a empresa ser significativo em relação aos outros, ou pela distância destes pontos em relação a Q seja menor que aos demais pontos; logo, quando é aplicada a fórmula o valor do ganho entre a interação destes clientes com o cliente Q, por exemplo, se torna o maior.

Ao elencar o roteiro, todas as combinações devem ser organizadas de forma decrescente, ou seja, o maior ganho será o primeiro a ser elencado, sendo o primeiro ponto que o motorista irá entregar após a saída do caminhão da empresa. A cada nova combinação criada, é necessária a análise, se é a que apresenta o maior ganho, e onde ela irá entrar na lista do roteiro. Se ocorrer de, após a criação de todas as combinações de pontos, algum cliente não estiver elencado, é necessário que faça uma nova combinação para este, procurando alguma combinação já existente para inserir o novo ponto. E, após a combinação dos três pontos, é feita uma nova análise. É necessário que todos os pontos estejam alocados, onde cada cliente só seja visitado uma única vez.

Tabela 2 - Cálculo de Ganhos – Zona 1

A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
B	48,8	0																				
C	49,4	50,19	0																			
D	49,5	50,29	56,1	0																		
E	47,9	49,79	50,5	50,5	0																	
F	47,7	49,79	50,5	50,5	50,6	0																
G	47,8	49,79	49,4	49,3	50,54	50,54	0															
H	47,9	49,34	49	49,1	49,45	49,45	50,4	0														
I	46,93	48,82	53,13	53,03	50,13	50,13	50,73	50,33	0													
J	48,99	49,88	52,89	52,89	50,49	50,49	50,49	50,09	52,72	0												
K	47,1	49,39	52,3	52,2	50	50	50	50	51,93	52,29	0											
L	47,9	49,79	51,7	52	50,7	50,7	50,7	50,3	52,43	52,89	53,38	0										
M	48,3	50,39	52,8	52,8	51,2	51,2	51,2	50,8	52,63	52,49	53	53,5	0									
N	48	49,59	52,3	52,4	50,9	50,9	50,9	50,5	52,43	52,89	52,75	54	53,9	0								
O	48,7	50,79	52,7	52,7	51,4	51,4	50,9	50,5	53,33	53,89	54,7	54,05	54,7	54,05	0							
P	47,7	49,29	51,4	51,2	49,5	49,5	50,4	50	51,13	52,29	52,1	52,2	52,9	52,2	53,5	0						
Q	48,6	51,19	53,8	53,7	51,9	51,9	51,8	51,4	53,23	53,19	54,48	53,2	55,1	53,2	55,88	53,85	0					
R	47,39	49,28	49,88	52,59	50,09	50,09	50,09	49,69	52,37	51,58	52,92	53,59	51,69	53,59	54,32	52,09	53,79	0				
S	49,3	51,19	53,1	53,2	51,6	51,6	52	51,6	53,88	53,99	53,8	54,25	53,9	54,25	55,2	53,6	54,9	54,41	0			
T	48,3	49,79	53,1	53,2	51,1	51,1	51	50,6	52,43	53,39	52,8	52,3	54	52,3	54,2	52,4	54,75	52,89	54,5	0		
U	47,7	49,89	51,4	51,6	50,1	50,1	50,1	49,7	52,38	51,79	54,43	52,75	52,4	52,75	54,33	52,1	53,4	52,91	54,7	53	0	
V	47,77	49,46	51,47	51,47	50,67	50,67	50,57	50,57	52	52,96	52,37	51,87	53,57	51,87	53,77	51,97	54,32	52,46	54,07	53,77	52,07	0
X	47,9	49,69	53,6	53,4	50,6	50,6	50,6	50,2	52,93	52,29	52,5	53,1	52,9	53,1	53,9	52	53	52,69	53,7	53,5	53,15	53,07

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

- **Roteiro 1 – Zona 1: Alto Branco, Jardim Continental, Conceição, Palmeira, Araxá e Monte Santo:**

(C;D = 56,1), (O;Q= 55,88, K;O = 54,7), (S;U = 54,7),(M;N = 54,7), (T;V = 53,77), (L;R = 53,59), (I;X = 52,93, I;J = 52,72), (E;F = 50,5), (G;H = 50,4; G;P = 50,4), (A;B = 48,8).

Para iniciar as combinações de cada cliente, é necessário fazer a análise de cada ponto combinado. Para isto, pegaremos o exemplo da Zona 1 (**TABELA 2**). Para iniciar as combinações, usaremos as colunas (A,B...X) como guia, e combinaremos com as respectivas linhas (A,B,...X) para obter o maior ganho para cada coluna, como vemos abaixo:

Coluna A: (A;D = 49,5), (A;C = 49,4);

Coluna B: (B;Q = 51,19), (B;S = 51,19);

Coluna C: (C;D = 56,1);

Coluna D: (D;Q = 53,7);

Coluna E: (E;S = 51,6) ,(E;O = 51,4);

Coluna F: (F;Q = 51,9);

Coluna G: (G;Q = 51,8);

Coluna H: (H;S = 51,6), (H;Q = 51,4);

Coluna I: (I;S = 53,88);

Coluna J: (J;S = 53,99);

Coluna K: (K;O = 54,7);

Coluna L: (L;S = 54,25);

Coluna M: (M;N = 54,7);

Coluna N: (N;S = 54,25);

Coluna O: (O;Q = 55,88);

Coluna P: (P;Q = 53,85);

Coluna Q: (Q;S = 54,9);

Coluna R: (R;S = 54,41);

Coluna S: (S;U = 54,7);

Coluna T: (T;V= 53,77); (T;X = 53,5);

Coluna U: (U;X = 53,15);

Coluna V: (V;U = 53,07).

Após isto, antes de iniciar o roteiro, é visto que, alguns clientes estão nas mesmas ruas, ou seja, são vizinhos. Então, se ao atender o cliente Y, a empresa deverá atender logo o cliente Z, para que não precise voltar à rua depois, ocorrendo uma falha no atendimento ao cliente. Na Zona 1 (**Tabela 2**), os clientes que estão na mesma rua são: (C;D), (E;F), (G; H),( L; N; R), (T;V), (S;U).

Na alocação dos clientes em roteiros, é respeitada a localização dos clientes, a fim de obter maior economia para a empresa. O método, pela flexibilidade, permite ao gestor criar rotas que possam alocar da melhor forma cada combinação de clientes. O roteiro da Zona 1 inicia-se, após a saída do caminhão da empresa, com a combinação (C;D) pois obteve o maior valor de ganho entre todos os pares apresentados acima, e termina com a combinação (A;B), e retorna a empresa. É feita a combinação de todos os outros pares, até chegar ao roteiro final obtido através da junção dos melhores ganhos para a Zona 1:

- **Roteiro 1 – Zona 1: Alto Branco, Jardim Continental, Conceição, Palmeira, Araxá e Monte Santo:**

(C;D = 56,1), (O;Q = 55,88,O;K = 54,7), (S;U = 54,7),(M;N = 54,7), (T;V = 53,77), (L;R = 53,59), (I;X = 52,93, I;J = 52,72), (E;F = 50,5), (G;H = 50,4; G;P = 50,4), (A;B = 48,8).

Este cálculo será feito para todas as zonas posteriores, nas Tabelas 3, 4, 5 e 6, utilizando da mesma lógica de aplicação, respeitando os clientes que sejam vizinhos, a fim de alocá-los em sequência, e o ponto de início e fim (a empresa) que deverá ser seguido por todas as zonas.

**Tabela 3 - Cálculo de Ganhos – Zona 2**

A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
B	51,3	0													
C	51,3	53,4	0												
D	51,2	53,3	53,2	0											
E	50,2	52,3	52,1	52,4	0										
F	53,7	53,6	54,4	53,5	52,5	0									
G	51,3	53,5	52,1	52,81	52,21	53,6	0								
H	51,4	53,45	53,6	53,43	52,43	53,1	53,35	0							
I	50,2	52,83	52,7	52,8	51,8	52,5	52,73	53,02	0						
J	50,9	53	52,7	52,7	51,81	53,2	52,9	52,95	52,33	0					
K	50,7	53	52,8	52,7	51,5	53	52,9	52,9	52,3	52,4	0				
L	51,2	53,3	53,2	53,4	52,4	53,5	53,2	53,23	52,77	52,8	52,7	0			
M	51,2	53,3	53,1	53,4	52,4	53,5	53,2	53,43	52,77	52,7	52,7	53,4	0		
N	51,6	53,1	53,4	52,85	51,85	53,8	53	53,1	52,35	53	52,5	52,85	52,85	0	
O	51,9	53,1	53,4	52,9	51,9	53,9	53	53,1	52,4	52,9	52,5	52,9	52,85	54	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

- **Roteiro 2 – Zona 2: Centro:**

(C;F = 54,4, B;F = 53,6), (H;M = 53,43), (J;N = 53), (L;O = 52,9), (G;K = 52,90, D;G = 52,81), (E;I = 51,8, A;E = 50,2).



Tabela 4 - Cálculo de Ganhos – Zona 3

A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
B	53,52	0																		
C	53,5	54,22	0																	
D	53,6	54,32	54,3	0																
E	53,7	54,42	54,4	54,5	0															
F	53,75	54,47	54,45	54,55	54,65	0														
G	54,5	54,72	54,7	54,8	54,9	54,95	0													
H	53,54	53,76	53,74	53,84	53,94	53,99	55,04	0												
I	57,2	56,82	56,8	56,9	57	57,05	57,85	56,89	0											
J	54,6	54,22	54,2	54,3	54,4	54,45	55,25	54,29	59	0										
K	55,1	54,22	54,2	54,3	55	54,45	55,3	54,34	59	56,4	0									
L	54,2	53,72	53,7	53,9	53,9	53,95	54,9	53,94	58,6	56	56,6	0								
M	52,54	52,26	52,24	52,34	52,44	52,59	53,24	52,28	57,04	54,44	55,04	54,84	0							
N	53,6	53,22	53,2	53,3	53,4	53,45	54,4	53,44	58	55,4	56,05	55,9	55,34	0						
O	54,1	53,82	53,8	53,9	54	54,05	54,8	53,84	58,5	55,9	56,55	56,4	55,24	56,15	0					
P	54,2	53,92	53,9	54	54,1	54,15	54,9	53,94	58,6	56	56,65	56,5	55,34	56,25	56,9	0				
Q	53,9	55,12	55,1	55,2	55,3	55,35	56,25	55,29	58,4	55,8	56,4	55,8	54,54	55,6	55,7	55,8	0			
R	53	53,02	53	53,1	53,2	53,25	54,25	53,29	56,6	54	54,7	54,1	53,6	54	54,1	54,2	55,6	0		
S	53,1	53,12	53,1	53,2	53,3	53,35	54,35	53,39	56,7	54,1	54,8	54,2	53,04	54,1	54,2	54,3	55,7	53,25	0	
T	52,5	52,12	52,1	52,2	52,3	52,35	53,3	52,34	56,75	54,15	54,8	54,45	53,54	54,69	54,7	54,8	55,1	53,8	53,05	0
U	53	53,02	53	53,1	53,2	53,25	54,25	53,29	56,6	54	54,7	54,1	52,94	54	54,1	54,2	55,6	54	54,1	52,95

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

- **Roteiro 3 – Zona 3: José Pinheiro, Nova Brasília e Santo Antônio:**

(I;J = 59, I;K = 59), (O;P = 56,9), (L;N = 55,9), (Q;T = 55,1, Q;M = 54,54), (G;H = 55,04, G;A = 54,5), (E;F = 54,65, D;E = 54,5), (B;C = 54,22), (S;U = 54,1, R;U = 54).

Tabela 5 - Cálculo de Ganhos – Zona 4

A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	X
B	57,1	0																					
C	55,1	56,45	0																				
D	57	58,7	56,75	0																			
E	56,9	56,4	55,3	56,3	0																		
F	55,1	56,45	56	56,35	55,3	0																	
G	55,1	56,45	56	56,35	55,3	56	0																
H	56,6	57,15	55,2	57,05	55,4	55,2	55,2	0															
I	59,3	57,8	55,5	57,7	58,9	55,5	55,5	57,4	0														
J	59,3	57,8	55,5	57,7	58,9	55,5	55,5	57,4	62	0													
K	57,1	58,05	56,1	57,95	56,6	54,6	56,1	57,68	58,5	58,5	0												
L	59,5	57,2	55,5	57,1	57,9	55,5	55,5	56,8	60,3	60,3	57,7	0											
M	56,7	56,2	55,1	56,1	58,4	55,1	55,1	56,85	58	58	57,7	57,1	0										
N	57,1	57,65	55,7	57,55	55,9	55,7	54,7	57,7	57,9	57,9	57,95	57,7	55,7	0									
O	56,2	55,7	54,6	55,6	57,9	54,6	54,6	56,35	57,5	57,5	57,2	56,6	57,7	56,85	0								
P	56,02	55,62	54,52	55,52	57,82	54,52	54,52	56,27	57,42	57,42	57,12	56,52	57,62	56,77	57,12	0							
Q	54,75	56,1	55,65	56	54,95	55,65	55,65	55,65	56,25	56,25	56,35	55,35	54,75	56,15	54,25	54,17	0						
R	56,12	55,62	54,52	55,52	57,82	54,52	54,52	56,27	57,42	57,42	57,12	56,52	57,62	56,77	57,12	57,04	54,17	0					
S	58,2	57,4	55,5	57,3	58,5	55,5	55,5	57,1	61,1	61,1	58	59,7	58,3	57,6	57,8	57,72	55,15	56,82	0				
T	55,5	56	55,1	55,9	56,3	55,1	55,1	55,6	57	57	56,3	56,1	56,1	56,1	55,6	55,52	54,75	55,72	55,8	0			
U	58	57,2	55,8	57,1	58,35	55,8	55,8	56,8	59,6	59,6	57,7	58,8	58,15	57,3	57,65	57,57	55,45	56,82	59	57	0		
V	58,1	57,3	55,9	57,2	58,45	55,9	55,9	56,9	59,7	59,7	57,8	58,9	58,25	57,4	57,75	57,67	55,55	56,92	59,1	57,1	59,5	0	
X	55,2	56	54,6	55,9	53,8	54,6	54,6	54,8	53,9	53,9	53,9	54,1	53,6	55,3	53,1	53,02	54,25	54,22	53,3	52,5	53,1	53,2	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

- **Roteiro 4 – Zona 4: Catolé, Sandra Cavalcante e São José:**

(I;J =62), (L;S = 59,7, A;L = 59,5), (U;V = 59,5), (B;D = 58,7), (E;M = 58,4, E;R = 57,82), (H;N = 57,7), (O;P = 57,12), (C;F = 56, C;G = 56), (Q;T = 54,75), (K;X = 53,9).

Tabela 6 - Cálculo de Ganhos – Zona 5

A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
B	62,3	0																				
C	62,3	63,32	0																			
D	61,2	61,5	62	0																		
E	63,45	62	61,6	60,7	0																	
F	61,8	63,1	62,82	61,7	61,1	0																
G	63,3	63	62,8	61,8	62,9	62,5	0															
H	63	62,3	62	61,1	63,05	61,8	62,7	0														
I	62,6	63,62	63,7	62,5	61,9	63,12	63,1	62,3	0													
J	65,1	64,4	64,1	63,2	65,15	63,9	64,8	65,75	64,4	0												
K	61,2	62,1	61,9	61,7	61,5	61,6	62,2	62	62,2	64,1	0											
L	64,3	63,2	63	62,1	64,05	62,7	63,9	64,1	63,3	66,2	62,9	0										
M	59,1	60,12	60,2	59	58,4	59,62	59,6	58,8	60,5	60,9	58,9	59,8	0									
N	62,1	63,12	63,2	62	61,4	62,62	62,6	61,8	63,5	63,9	61,9	62,8	60	0								
O	64,54	63,84	63,54	62,64	64,59	63,34	64,24	64,94	63,84	67,04	63,54	65,64	60,34	63,34	0							
P	60,6	61,5	61,3	61,1	60,9	61	61,6	61,4	61,6	63,5	64,2	62,3	58,1	61,1	62,94	0						
Q	58,7	56,6	56,2	55,7	59,3	56,1	58	57,9	56,5	60	56,2	58,9	53	56	59,44	55,6	0					
R	61,6	63,1	63,2	63,1	61,1	62,6	62,6	61,7	63,5	63,8	63,6	62,7	60	63	63,24	63	55,3	0				
S	61,8	62,6	62,6	65,05	61	62,1	62,4	61,4	62,9	63,5	61,9	62,3	59,4	62,4	62,94	61,3	54,7	63,4	0			
T	61,8	62,5	62,5	64,4	61	62	62,8	61,4	62,8	63,6	62,1	62,3	59,3	62,3	62,94	61,5	54,8	63,3	64,65	0		
U	62	61,9	62,7	65,75	61,5	61,4	62,6	61,6	63	63,7	61,9	62,2	59,5	62,5	63,14	61,3	54,6	63,2	65,65	64,8	0	
V	61,5	62,6	62,5	65,55	60,8	62,1	62,4	61,2	62,8	63,3	61,8	62,2	59,3	62,3	62,74	61,2	54,6	63,2	65,05	64,45	65,65	0
X	61,8	62,5	62,5	64,4	61	62	62,4	61,4	62,8	63,5	62,1	62,3	59,3	62,3	62,94	61,5	54,8	63,3	64,65	64,6	64,8	64,45

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

• **Roteiro 5 – Zona 5: Bodocongó, Bairro Universitário e Malvinas:**

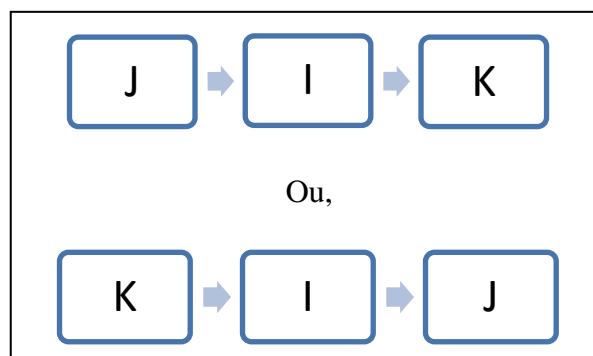
(J;O = 67,4, J;H = 65,75), (D;U = 65,75, U;V = 65,65), (T;X = 65,65), (K;P = 64,2), (E;L = 64,05), (C;I = 63,7), (A;G = 63,3), (B;F = 63,1), (N;R = 63, M;N = 60), (Q;S = 54,7).

Após obtenção dos ganhos gerados pelas combinações das interações possíveis entre clientes de uma mesma zona, ilustrados nas tabelas 2, 3, 4, 5 e 6, o método busca obter a melhor rota através dos maiores ganhos, ou seja, as interações que representam maior ganho serão elencadas nos roteiros.

Na criação dos roteiros busca-se encontrar os pares das combinações da sequência das visitas. Nesse momento os pontos são elencados de forma decrescente dentre as combinações escolhidas (os pares de maior ganho). Para isto, é respeitada não só os valores de ganhos, como também o fato de que cada ponto deverá ser visitado uma única vez, e a junção dos pontos que pertencem ao mesmo endereço, para maximizar este ganho.

Nos roteiros apresentados para as Zonas 1, 2, 3, 4 e 5, nota-se que algumas combinações não apresentam a junção de pares, e sim de trios. Isto ocorre para que aconteça o maior ganho para aquela rota. No caso da zona 3, isto ocorre com alguns pontos, no primeiro caso, os ganhos dos pares (I;J) e (I;K) são os mesmos, logo, torna-se viável a junção destes três pontos, isto também ocorre no segundo caso, os pontos (S;U) e (R;U) os ganhos são os mesmos para as duas combinações. Já no caso dos pares (E;F) e (D;E) da zona 3, ocorre pois o ponto D havia sobrado na criação do roteiro, logo, procura-se um par para ele. Como todos os outros pontos estavam alocados, procura-se uma combinação nova para que ocorra a junção dos três pontos. Nestes casos, o método não apresenta uma ordenação em relação ao atendimento, qual deverá ser visitado primeiro, pois a distância total será a mesma, não afetando o objetivo de ganhos. Então, levando em consideração os exemplos citados acima, a **Figura 6**, demonstra como poderá ocorrer o atendimento para estes casos em específico.

**Figura 6-** Exemplo de Sequenciamento do Atendimento de Clientes para Combinações Triplas



Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

O método aplicado dá a liberdade para o gerente de logística, ao montar o roteiro, decidir em quais ruas deve passar, e definir o caminho de acordo com o trânsito até chegar ao cliente. O que o método propõe é o sequenciamento dos clientes, buscando um maior ganho, como podemos ver na **Figura 7**, que demonstra como ocorreria uma entrega a partir com o roteiro desenvolvido para a Zona 3. O mapa demonstra apenas uma proposta de roteiro de entregas da zona, e focou no sequenciamento apenas para os bairros visitados, para facilitar o entendimento, porém, o roteiro tem seu início e término na empresa. A criação deste mapa auxilia tanto ao gestor quanto o motorista a visualizar o roteiro completo.

**Figura 7** - Representação do Roteamento proposto para a Zona 3



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2016)

Percebe-se que nem sempre a melhor combinação de uma coluna será a escolhida para o roteiro, isto ocorre, pois, é percebida uma melhor combinação para algum outro par de pontos em outra combinação. Como cada cliente só poderá ser visitado uma única vez, então, este par não estará no roteiro, pois o ponto alocado não estará mais disponível para outras combinações. A ponderação do gestor, neste caso, facilitará na criação da rota.

#### **4.5 Avaliação da Proposta de Roteamento do Método Clarke e Wright (1963)**

Após a obtenção das rotas de entrega para os bairros selecionados em cada zona geográfica de Campina Grande, atendida pela empresa, esses resultados foram apresentados ao sócio-diretor da empresa Paraíba Distribuidora para avaliação sobre a percepção da viabilidade da aplicação dessas rotas nas entregas da empresa.

Para ele, como a empresa já adota o zoneamento da área geográfica atendida, o roteamento em função da sequência de clientes a ser atendido não diverge do que já é feito na empresa. Podendo ser adotado sem maiores dificuldades. Para ele, as propostas analisadas significam uma forma mais aperfeiçoada e formalizada daquilo que já é praticado pela empresa. A organização do caminhão também já segue a sequência dos clientes, o que facilitaria a implementação do método. Uma vantagem do sequenciamento por cliente é que o último cliente a ser atendido terá seu pedido alocado no início do caminhão, e o primeiro cliente a visitar estará perto da porta, deixando a entrega mais eficiente. E, no decorrer das entregas o caminhão se torna mais leve, pois a carga é diminuída, melhorando a autonomia e economia do combustível.

Outro fator importante é que a implementação do roteamento na sequência de clientes não implicaria em custos adicionais em sistemas de TI's, pois o sistema utilizado para a coleta dos dados das distâncias entre a empresa e os clientes é gratuito e não necessita de adesões. Logo, o planejamento das outras rotas para contemplar os demais pontos de cada zona poderia ser feito com a competência dos funcionários e os recursos de TI's da própria empresa.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em uma empresa de distribuição de alimentos, como a Paraíba Distribuidora, grande parte do seu investimento financeiro e pessoal está concentrada na logística, isto ocorre, pois, sua atividade principal é a distribuição comercial, e a logística de transporte suporta sua função principal. A análise das decisões relacionadas ao transporte como o planejamento de rotas pode ser considerado um importante passo para um aperfeiçoamento das atividades logísticas para empresas deste setor.

A Paraíba Distribuidora é uma empresa de médio porte da cidade de Esperança – Paraíba, especializada na distribuição de alimentos e artigos de higiene, que passou por um processo de crescimento nos últimos anos, que implicou em uma nova localização com maior espaço, novos veículos de carga, aumento no seu quadro de pessoal e investimento no *software* voltado para a área da logística. Em função disso, considerou-se ser oportuno estudar a gestão de rotas de entrega nessa empresa. Assim, o objetivo geral do presente trabalho foi identificar oportunidade de melhorias no planejamento de rotas da empresa Paraíba Distribuidora através da aplicação do método de Clarke e Wright (1963).

Após as visitas para observação das atividades logísticas da empresa e da análise dos dados, foi possível obter algumas conclusões sobre os objetivos propostos nesse estudo.

Assim, em relação à forma como a empresa Paraíba Distribuidora realiza as entregas dos produtos comercializados para os clientes foram observadas as práticas atuais do planejamento de rotas, demonstrando que a empresa já possui zoneamento e um *software* voltado para a área da logística, que não desenvolve o roteamento em si, porém, auxilia no agrupamento de pedidos, com a definição e controle da carga mínima de entrega.

Dentre as dificuldades identificadas pela empresa que influenciam no planejamento de rotas, consideram-se as principais: restrições legais para o tráfego de caminhões em rodovias, variações significativas no tempo de entregas e restrições dos clientes para recebimento de cargas; estas dificuldades são restrições que a empresa possui, e que influenciam diretamente no planejamento de rotas, impactando nos custos da empresa.

A aplicação do método Clarke e Wright (1963) para o roteamento de entregas da empresa pode auxiliar o gestor de logística da empresa no planejamento das rotas, de forma mais eficiente e organizada, buscando o melhor roteiro que garanta a maior economia das distâncias, e conseqüentemente, diminuir os custos. E, assim, garantir melhores resultados para a empresa, sem alterar de maneira significativa a maneira como a gestão das atividades

logísticas da empresa vem sendo realizadas, porém, melhorando o controle das rotas, e o atendimento de clientes.

A proposta de aplicação do Método foi considerada viável por parte do diretor, pois, de acordo com a visão dele, o método se mostra flexível, de simples aplicação, e sem custos adicionais, sendo percebido como uma oportunidade de aprimoramento das atividades já praticadas. A maior mudança proposta pelo método é a criação de roteiros a ser seguido, com a sequência de clientes a passar em uma sequência, o que auxilia na solução de um dos problemas identificados, que é a variação significativa no tempo de entrega. Com um roteiro definido, o tempo de atendimento tenderá a ser menor e padronizado, e a empresa poderá ter maior controle sobre as atividades dos motoristas.

Como contribuições deste trabalho para a empresa, podemos perceber as oportunidades de melhorias que o método oferece nas atividades já praticadas pelo setor. Além disto, uma melhor visualização das zonas de acordo com o mapa apresentado da cidade de Campina Grande, o que auxilia no entendimento de junção de clientes próximos, e na classificação de clientes nas zonas corretas, o que poderá ser aplicado para outras cidades e regiões.

Como limitação do trabalho é possível perceber que o estudo só atendeu ao planejamento de rotas com a aplicação do método proposto na cidade de Campina Grande, e com alguns bairros selecionados. Porém, os critérios de elaboração dos roteiros criados a partir da aplicação da metodologia de Clarke e Wright (1963) na cidade de Campina Grande podem ser aplicados para os demais bairros não atendidos pelo estudo, assim como as demais áreas geográficas que a empresa atende, melhorando o planejamento de rotas em toda a região.

E, como sugestão para próximos estudos fica a ideia de aplicação do Método para os demais bairros da cidade de Campina Grande e outras regiões, e também a busca por outros métodos que possam solucionar os problemas apontados pela empresa, como: elevado tempo de carregamento de caminhões e grande número de funcionários exigidos para essa atividade, rejeição de produtos por avarias causadas pelo transporte, entre outros; que não foram contemplados pelo método Clarke e Wright (1963).



## REFERÊNCIAS

ARNOLD, J. R. T. Administração de materiais: uma introdução; tradução: RIMOLI, C., ESTEVES, L. R. 1 ed. 7 reimpr. São Paulo: Atlas, 2008.

Associação Brasileira de Atacadistas e Distribuidores. ABAD. Disponível em: <http://www.abad.com.br/index.php>. Acesso em: 10 de março de 2016.

BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BALLOU, R. H. Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física. 1 ed. São Paulo: Atlas, 1993.

BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BATISTUS, D. R. O Problema de Roteirização de Veículos com Restrições de Janelas De Tempo: Uma Proposta de Solução por meio da Metaheurística Scatter Search. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2009. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp138237.pdf>. Acesso em: 17 de maio de 2016.

BOWERSOX, D.J. CLOSS, D.J. Logística Empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos. J. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

BRESSAN, I. A. F. HARAMITA, R. N. COSTA, S. T. Sistema de Otimização e Alocação de Usuários de veículos fretados. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Ciências da Computação). Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2010. Disponível em: <http://engenharia.anhembi.br/tcc-10/cco-05.pdf>. Acesso em: 20 de março de 2016.

CLARKE, G. WRIGHT, J. W. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points, 14 f, 1962. Disponível em: <http://read.pudn.com/downloads160/doc/fileformat/721736/Scheduling%20of%20vehicles%20from%20a%20central%20depot%20to%20a%20number%20of%20delivery%20points.pdf>. Acesso em: 01 de março de 2016.

Confederação Nacional do Transporte – CNT. Plano CNT de Transporte e Logística, 2014. Disponível em: <http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Plano%20CNT%20de%20Log%20C3%20ADstica/Plano%20CNT%20de%20Transporte%20e%20Logistica%202014.pdf>. Acesso em: 16 de março, 2016.

CUNHA, C.B. Aspectos Práticos da Aplicação de Modelos de Roteirização de Veículos a Problemas Reais. Departamento de Engenharia de Transporte - Escola Politécnica da

Universidade de São Paulo, 2000. Disponível em: [http://www.gestori.com.br/website2/diversos/artigos/aspectos\\_praticos\\_de\\_aplicacao\\_da\\_rotirizacao.pdf](http://www.gestori.com.br/website2/diversos/artigos/aspectos_praticos_de_aplicacao_da_rotirizacao.pdf). Acesso em: 10 de março de 2016.

DIAS, M. A. P. Administração de materiais: uma abordagem logística. 4ed. São Paulo: Atlas, 1993.

DIAS, Marcos A. Logística, Transporte e Infraestrutura: Armazenagem, operador logístico, gestão via TI, multimodal. J. ed. São Paulo: Altas, 2012.

FLEURY, P. F. WANKE, P. FIGUEIREDO, K. F. Logística Empresarial: A Perspectiva Brasileira. J. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GAMA, M. B. Roteirização de Veículos: Implementação e Melhoria do Método de Clarke e Wright. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Vale São do Francisco, 2011. Disponível em: <http://www.poslogistica.com/web/images/monografias/2011-01.pdf>. Acesso em: 12 de março de 2016.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOOGLE MAPS. Como Chegar. Disponível em: <https://maps.google.com.br/>. Acesso em: Abril de 2016.

LAPORTE, The Vehicle Routing Problem: An overview of exact and approximate algorithms, 1992. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.89.3073&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 20 de março de 2016.

LOGISTICA DESCOMPLICADA. Dicionário da Logística. Disponível em: <http://www.logisticadescomplicada.com/glossario-descomplicado/>. Acesso em: 15 de março de 2016.

IBGE. Pesquisa Anual do Comércio. 2013. Disponível em: <http://migre.me/tHhtB>. Acesso em: 10 de março de 2016.

MAURI, G. R. Uma Nova Abordagem para o Problema de Roteirização e Programação de Veículos. Tese (Doutorado em Computação Aplicada). Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.lac.inpe.br/~lorena/mauri/qualificacao-mauri.pdf>. Acesso em: 20 de março de 2016.

MIURA, M. Modelagem Heurística no Problema de Distribuição de Cargas Fracionadas de Cimento. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

- MOREIRA, D. A. Pesquisa Operacional: curso introdutório. São Paulo: Thomson Learning, 2007.
- NARUO, M. K. O Estudo do Consórcio entre Municípios de Pequeno Porte para Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos Utilizando Sistemas de Informações Geográficas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil com ênfase em Transporte). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2003.
- NETO, A. F. LIMA, R. S. Roteirização de Veículos de uma Rede Atacadista com Auxílio de Sistemas de Informação Geográficas (SIG). Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção, n. 5, p 18-39, 2006.
- PELIZARO, C. Avaliação do Desempenho do Algoritmo de um Programa Comercial para Roteirização de Veículos. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.
- POZO, H. Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais, uma abordagem logística. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Carga (RNTRC). Tipos de Veículos, 2016. Disponível em: <http://migre.me/tHhuL>. Acesso em: 16 de março de 2016.
- SILVA, Hermes; SILVA, Elio; GONÇALVES, V. MUROLO, A. Pesquisa Operacional. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- SANTOS, N. A. Análise das atividades de Distribuição Física de uma Empresa Distribuidora de Alimentos da Cidade de Campina Grande/PB à Luz da Metodologia de Clarke e Wright. Relatório de Estágio Supervisionado (Bacharelado em Administração). Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba, 2013.
- VALENTE, A. M, PASSAGLIA, E. NOVAES, A. G. Gerenciamento de transporte e frotas. São Paulo: Editora Pioneira, 1997.
- Varejista. Ranking da ABAD mostra crescimento do Atacado e Distribuição fora dos grandes centros. Disponível em: <http://www.varejista.com.br/noticias/10384/ranking-da-abad-mostra-crescimento-do-atacado-e-distribuicao-fora-dos-grandes-centros>. Acesso em: 17 de maio de 2016.
- WU, L. O problema de roteirização periódica de veículos. Dissertação de Mestrado (Engenharia de transporte). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

## APÊNDICE – Roteiro de Entrevista



Universidade Federal de Campina Grande  
 Unidade Acadêmica de Administração e Contabilidade  
 Estágio Supervisionado  
 Roteiro de entrevista

O presente roteiro de entrevista faz parte de uma pesquisa para fins acadêmicos, onde um dos objetivos conhecer como é realizado atualmente o planejamento de rotas na empresa.

### 1. Dados Gerais

Razão Social	
Nome Fantasia	
Endereço	
Principal atividade	
Nº de funcionários	
Tempo de atuação no mercado	
Capacidade de Armazenagem:	
Composição da empresa (setores)	
Cobertura geográfica que atua	

## 2. Atividades Logísticas

### Tipo de Cliente

1. Quem são os principais clientes (pequenas médias ou grandes empresas)? Qual o número médio de clientes ativos?

---

---

---

2. Qual é o tempo médio de entrega do pedido do cliente?

---

3. Existe algum critério para venda (lote mínimo)?

---

### Distribuição Física

4. Qual é o modal utilizado pela empresa?

---

4. Qual o tipo de frota (própria ou terceirizada)?

---

5. Qual é o tipo de combustível utilizado?

---

6. Qual a capacidade da frota da empresa (peso ou cubagem)?

---

7. Como é feito o planejamento de rotas atualmente?

---

---

8. A empresa utilizada algum software no setor da logística? Qual?

---

9. Quem é o responsável pelo planejamento de rotas? Possui formação na área?

---

---

10. Qual é o custo fixo atual do transporte?

---

14. Existe algum critério para entrega dos pedidos (por ordem de pedidos, volume, distância)?

---

15. Existe algum critério para agrupamento de pedidos (localização, volume)?

---

### **Problema do Planejamento de rotas da empresa**

16. Quais são as principais dificuldades encontradas atualmente no setor da logística e no planejamento de rotas?

---

---

---

---

---

