



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

TAMIRES BEZERRA DA SILVA

**ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS: ESTUDO DE CASO EM UMA
INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

**SUMÉ - PB
2019**

TAMIRES BEZERRA DA SILVA

**ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS: ESTUDO DE CASO EM UMA
INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia de Produção.

Orientadora: Professora Dra. Maria Creuza Borges de Araújo

**SUMÉ - PB
2019**

S586r Silva, Tamires Bezerra da.
Roteirização de veículos: estudo de caso em uma indústria alimentícia. / Tamires Bezerra da Silva. - Sumé - PB: [s.n], 2019.

31 f.

Orientadora: Professora Dra. Maria Creuza Borges de Araújo.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Produção.

1. Roteirização de veículos. 2. Logística. 3. Heurística do vizinho mais próximo. 4. Alimentos não perecíveis – distribuição. I. Araújo, Maria Creuza Borges de. II. Título.

CDU: 658.78(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

TAMIRES BEZERRA DA SILVA

**ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS: ESTUDO DE CASO EM UMA
INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia de Produção.

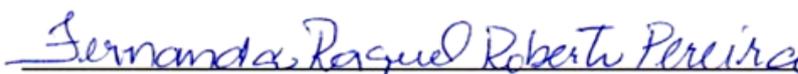
BANCA EXAMINADORA:



Professora Dra. Maria Creuza Borges de Araújo
Orientador – UAEP/CDSA/UFCG



Professora Dra. Vanessa Batista Schramm
Examinador 01 – UAEP/CCT/UFCG



Professora Me. Fernanda Raquel Roberto Pereira
Examinador 02 – UAEP/CDSA/UFCG

Trabalho aprovado em: 10 de dezembro de 2019.

SUMÉ - PB

Dedico este trabalho as três pessoas mais especiais da minha vida. A minha mãe Maria de Fátima (in memoriam), a minha tia e madrinha Maria Dalva, e a minha avó Dona Noca (in memoriam), vocês nunca mediram esforços para a realização dos meus sonhos, essa conquista é nossa!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, expresso toda a minha gratidão a Deus, pois tudo vem dEle, tudo é dado a Ele! Agradeço a ti Senhor, por ter me permitido viver e concretizar o sonho de me formar, pelas vitórias e conquistas alcançadas ao longo do caminho, e sempre ter me dado forças para enfrentar todas as dificuldades durante a graduação.

A minha mãe Maria de Fátima (*in memorian*), por ter sido o meu maior apoio e a principal razão dessa conquista, pois seu maior sonho era formar suas filhas. Esse sonho é tão meu, quanto seu! Obrigado, por nunca ter medido esforços e até sacrifícios para a concretização do nosso sonho, em ter sido tão presente, por todas as palavras de incentivo e ensinamentos, pelo seu amor e cuidado durante toda a minha vida, e por ter sido a melhor mãe do mundo para mim!

Ao meu pai, Adesisto, que sempre me mostrou que a educação é essencial para o nosso futuro.

A minha tia e madrinha Maria Dalva, que sempre incentivou na realização de todos os meus sonhos e é como uma mãe para mim, além de ser o meu maior exemplo de vida. Muito obrigado, por acreditar que sou capaz, por todo o seu amor, dedicação, e contribuição para a realização desse sonho. És um anjo na minha vida!

A minha irmã gêmea Thayse Bezerra, que seguiu junto comigo nessa jornada, sempre incentivando, aconselhando, dando assistência e ajudando sempre que precisei. Obrigado por ser tão presente e ser meu apoio incondicional em todos os momentos, especialmente nos dias mais difíceis dessa fase final.

A minha irmã mais velha, Haysa Bezerra, por viver comigo esse sonho, me incentivando, motivando, acreditando no meu potencial e torcendo pelas minhas conquistas.

A minha tia, Daguia Bezerra, minha eterna gratidão por ter ajudado a cuidar da minha mãe para que eu pudesse sair de casa e ir em busca dos meus estudos.

A todos aqueles da minha família materna, que de alguma forma contribuíram para minha formação e torceram por mim.

Aos grandes amigos que ganhei nessa fase acadêmica e, como anjos enviados por Deus, alegraram os meus dias e foram para mim como uma família em Sumé, em especial Ariana, Luana e Gilvando. Levarei a amizade de todos vocês por toda a vida.

As meninas (Luana e Ariana), obrigado por tanto companheirismo, brincadeiras, conversas, noites em claro estudando e todos os momentos de alegria que tivemos. E ao meu

grande e melhor amigo que a universidade me presenteou, Gilvando Vilarim, você foi o meu amparo e anjo amigo da minha jornada acadêmica. Obrigado, por dividir comigo tantos momentos e ter feito a diferença nessa fase mais importante da minha vida, por toda a sua lealdade, suporte e parceria durante os 5 anos de curso.

A todos os amigos que fiz durante a jornada acadêmica e que vivi tantos momentos bons, meu muito obrigado por cada torcida e apoio.

A Ravelane e a Felipe, que apareceram na minha vida no finalzinho dessa fase da graduação, e que tive o prazer de morar junto durante o período de estágio. Agradeço, por dividirem comigo todos os momentos de desespero, apoio, esperança e também de alegrias. Vocês se tornaram grandes amigos em tão pouco tempo!

A todos os professores da UFCG – Campus Sumé, que tive durante o curso de graduação, que contribuíram grandemente e enriqueceram-me com seus conhecimentos. Em especial, a minha orientadora Prof. Dra. Maria Creuza Borges pela contribuição neste trabalho, pela amizade, disponibilidade, paciência, orientações e apoio na hora do desespero.

A empresa, em especial a Allysson Nunes e Juciara Calo, que concederam todos os dados necessários para a construção deste trabalho, e por toda disponibilidade, atenção e paciência em responder todas as minhas dúvidas e perguntas.

“E por mais que o fim acabe com todas as coisas, o começo vem para iniciar tudo outra vez.”

Eric Jó Lopes

RESUMO

Apresenta o problema de roteirização de veículos em uma indústria de alimentos não-perecíveis, executado de forma empírica, sem nenhum método estruturado para a realização das rotas estudadas. Para isso aplicou-se o método da heurística do vizinho mais próximo, que definiu a sequência dos pontos de atendimento de cada trajeto. Em seguida, como resolução para o problema, pode-se elaborar o plano de roteirização programado quanto à quilometragem, tempo de percurso, veículo e dias necessários para a realização de entregas de produtos para as rotas analisadas. O plano proposto se mostrou eficaz no que tange a redução de custos com transportes, visto que o número de caminhões foi reduzido de cinco para três, e então, pode-se diminuir os custos com combustíveis e demais gastos referentes aos veículos, além da redução do número e custos com motoristas, influenciando na redução de 40% dos custos logísticos relacionado aos motoristas.

Palavras-chave: Logística. Distribuição física. Roteirização de veículos. Heurística do vizinho mais próximo.

ABSTRACT

The industrial food sector is a market that has been growing a lot, so it is necessary to distribute large quantities of products over long distances. In this context, logistics has become indispensable for the execution of business activities, especially regarding the physical distribution of products, as it is the same to deliver goods at the exact time and place, so that the expectations of its consumers are met and that the cost of the carrier vehicle is as low as possible. Given this scenario, the present paper presents the problem of vehicle routing in a non-perishable food industry, performed empirically, without any structured method to perform the studied routes. For this, the closest neighbor's heuristic method was applied, which defined the sequence of points of care of each route. Then, as a solution to the problem, the programmed routing plan can be elaborated regarding the mileage, travel time, vehicle and days required to deliver products for the analyzed routes. The proposed plan proved to be effective in reducing transportation costs, as the number of trucks was reduced from five to three, so fuel and other vehicle costs can be reduced, as well as reducing the number and costs of drivers, leading to a 40% reduction in driver-related logistics costs.

Keywords: Logistics. Physical distribution. Vehicle routing. Nearest neighbor heuristic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Classificação da Pesquisa Científica.....	19
Figura 2	Fases da Pesquisa.....	21
Figura 3	Escopo da Distribuição Física e Canal de Distribuição.....	28
Figura 4	Exemplo da Heurística do Vizinho Mais Próximo.....	31
Figura 5	Processamento Logístico de venda em Atacado.....	36
Figura 6	Itinerário da Rota A.....	40
Figura 7	Itinerário da Rota B.....	41
Figura 8	Itinerário da Rota C.....	42
Figura 9	Itinerário da Rota D.....	44
Figura 10	Itinerário da Rota E.....	45
Figura 11	Itinerário da Rota F.....	46
Figura 12	Itinerário da Rota G.....	48
Figura 13	Itinerário da Rota H.....	50
Figura 14	Itinerário da Rota I.....	51
Figura 15	Itinerário da Rota J.....	52
Figura 16	Itinerário da Rota K.....	54
Figura 17	Aproximação dos pontos de entregas da Rota K.....	54
Figura 18	Itinerário da Rota L.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Período de Realização da Distribuição de Produtos por Rotas.....	37
Tabela 2	Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota A.....	40
Tabela 3	Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota B.....	42
Tabela 4	Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota C.....	43
Tabela 5	Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota D.....	44
Tabela 6	Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota E.....	45
Tabela 7	Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota F.....	47
Tabela 8	Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota G.....	49
Tabela 9	Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota H.....	50
Tabela 10	Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota I.....	52
Tabela 11	Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota J.....	53
Tabela 12	Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota K.....	55
Tabela 13	Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota L.....	57
Tabela 14	Planejamento de Rotas.....	58
Tabela 15	Roteiro dos Veículos.....	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Portfólio de produtos comercializados da Empresa X.....	33
Quadro 2	Rotas e Cidades atendidas pela Empresa A.....	36
Quadro 3	Características do Processo de Roteirização.....	39
Quadro 4	Avaliação dos custos de combustível das rotas propostas.....	60
Quadro 5	Demonstrativo de Quilometragem e Capacidade Mensal.....	61
Quadro 6	Demonstrativo dos custos com diárias do motorista.....	61
Quadro 7	Demonstrativo dos custos com combustível.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FIFO First in, First out/ Primeiro que entra, primeiro que sai

PB PARAÍBA

PRV Problema de Roteirização de Veículos

VMP Vizinho Mais Próximo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	OBJETIVO GERAL.....	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3	JUSTIFICATIVA.....	17
3.1	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
4	METODOLOGIA.....	19
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	19
4.2	FASES DA PESQUISA.....	21
5	REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
5.1	LOGÍSTICA.....	22
5.2	IMPORTÂNCIA DA LOGÍSTICA.....	24
5.3	DISTRIBUIÇÃO FÍSICA.....	25
5.4	ROTEIRIZAÇÃO DOS VEÍCULOS.....	28
5.5	HEURÍSTICA DO VIZINHO MAIS PRÓXIMO.....	30
6	ESTUDO DE CASO.....	32
6.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	32
6.2	DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO.....	34
6.3	CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO LOGÍSTICO DA EMPRESA.....	35
6.4	PLANO ATUAL DE ROTAS.....	37
6.5	ELABORAÇÃO DE UM MÉTODO ESTRUTURADO DE ROTEIRIZAÇÃO.....	38
6.5.1	Aplicação da heurística do vizinho mais próximo.....	38
6.6	PLANO DE ROTEIRIZAÇÃO PROPOSTO.....	57
6.6.1	Avaliação do plano.....	60
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
7.1	TRABALHOS FUTUROS.....	64
	REFERÊNCIAS.....	65
	APÊNDICES.....	69

1 INTRODUÇÃO

Em um ambiente altamente competitivo, como o mercado consumidor de alimentos, Gomes (2009) relata que a globalização vem exigindo maiores esforços das indústrias, de modo que as mesmas precisam aumentar o seu nível de serviço devido à necessidade de agilidade e performance, mas necessitam também minimizar os seus custos. Com o aumento das exigências em termos de produtividade e qualidade dos serviços oferecidos, a logística torna-se imprescindível para o desempenho dessas atividades e também para que a empresa atinja seus objetivos perante o mercado consumidor.

Em sintonia com essa ideia, a logística vem assumindo um papel de elemento diferenciador, através da integração com as funções empresariais como marketing, produção, finanças para manter um relacionamento mais estrito com os clientes e fornecedores; a resposta aos clientes passou a ser rápida e de pronto atendimento, com isso, a necessidade de otimização dos processos passou a ser essencial (BALLOU, 2006; BERTAGLIA, 2009; CHRISTOPHER, 2007).

Portanto, a atividade logística pode ser considerada uma chave de sucesso para as organizações, pois seu estudo busca melhorar as operações desempenhadas na empresa quanto ao atendimento das necessidades dos consumidores, contribuindo de forma significativa para o bom funcionamento da cadeia produtiva, agindo desde o fornecimento de matéria-prima até o desenvolvimento e chegada do produto acabado ao público alvo.

Carvalho (2009) relata que a distribuição física de produtos depende da eficiência e rapidez de entrega da empresa. Para as organizações, o processo de entregas de mercadorias representa um elevado custo, pois esta é uma atividade que geralmente aponta mudanças de melhoria em seu processo de atendimento e de sua capacidade de entrega, visto que as distâncias entre o ponto de distribuição e clientes influenciam diretamente os custos com transporte.

O planejamento de sistemas de distribuição de produtos é um dos grandes desafios ao que se refere às decisões com transporte, pois este é um dos componentes que têm grande influência nos custos logísticos. Dentre todos os processos envolvidos na cadeia logística, o transporte é aquele que absorve a maior parcela do custo, atingindo de um a dois terços do valor total (VIEIRA, 2013).

Para Nauro (2003) as decisões relacionadas aos problemas de distribuição e transporte são expressas de diversas formas, as principais são roteirização e programação de veículos. Segundo Rodrigues (2005), a roteirização é um processo que busca determinar percursos

ótimo para a distribuição prévia de entregas, através do ordenamento de um roteiro lógico determinado pela capacidade do veículo transportador, considerando distâncias dos percursos e o tempo necessário de cada entrega de forma a atender os clientes geograficamente dispersos. A redução e a melhoria do serviço a fim de satisfazer da melhor forma possível a necessidade do cliente são problemas que as empresas têm que se preocupar dia-a-dia escolhendo um modal e trajeto para diminuir o tempo e a distância percorrida (SILVA, 2003).

Neste cenário, nota-se a importância de um estudo científico e lógico no processo de roteirização de veículos transportadores, visto que, segundo Matos *et.al* (2013) através deste processo pode-se otimizar e planejar as rotas de distribuição e vendas, promover o aumento da eficiência operacional, minimizar quilometragens, além de reduzir consumo de combustível, gastos com manutenção e pneus, melhorando assim a qualidade de seus serviços, e possibilitando a redução dos custos logísticos.

Para Leal *et.al* (2012) um modelo adequado de roteirização voltado as necessidades da empresa agrega valor à gestão da cadeia produtiva, promove melhoria na sua eficiência e a máxima utilização dos equipamentos. Já para Pozo (2010) a roteirização não causa só impacto no tempo em que o produto está em trânsito, este influencia também no total de estoque, além de proporcionar um marketing logístico como diferencial para as organizações no mercado.

Desta forma, será abordado neste trabalho o processo logístico de distribuição física de produtos e o problema da definição de um plano de roteirização programado em uma indústria produtora de alimentos não-perecíveis situada na cidade Patos/PB. Diante da importância dos temas comentados anteriormente, foi realizado um estudo de caso com base na solução de roteirização e programação de veículos. Dentro deste panorama, os objetivos do trabalho proposto são descritos abaixo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar um plano de roteirização estruturado para uma indústria do setor alimentício na cidade de Patos, Paraíba.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever o processo logístico de distribuição da empresa;
- Levantar as informações sobre o atual processo de roteirização da organização;
- Aplicar um método de definição de rotas;
- Definir o sequenciamento de cada rota;
- Construir o plano de programação e roteirização dos veículos, considerando as rotas propostas na empresa;
- Avaliar os custos logísticos com combustível e motoristas para o plano proposto;

3 JUSTIFICATIVA

O problema de roteirização de veículos vem se tornando cada vez mais frequente nos processos logísticos das organizações. Geralmente, isso ocorre porque as empresas, principalmente de médio e pequeno porte, não costumam ter o hábito de documentar dados empíricos e de avaliar a eficiência de suas rotas, ocasionando assim a inexistência de parâmetros de comparação.

Com isso, estudos referentes aos problemas de roteirização de veículos (PRV) têm sido cada vez mais considerados por autores de diversas áreas, principalmente pelos profissionais das áreas de Logística e Pesquisa Operacional (SALAS, 2010). De acordo com Pozo (2015) a roteirização adequada resulta na redução de custos com os veículos transportador e facilita o seu uso, cooperando para o aumento da competitividade e a formação de preço dos produtos e serviços, além de melhorar o nível de serviço para os consumidores.

Nesse contexto, segundo Ballou (2006), a aplicação de modelos e métodos que reduzam custos, sem que haja perda de qualidade, tem se mostrado como solução logística para as organizações que buscam atingir seus objetivos de forma eficaz.

Assim, métodos heurísticos e meta-heurísticos, apesar de trazerem soluções aproximadas, têm se mostrado boas alternativas para resolução de tais problemas, pois são de fácil aplicação, flexíveis à adaptação de restrições e em geral necessitam de baixo tempo de processamento (OSMAN e LAPORTE, 1996).

Diante disto, o desenvolvimento desse trabalho buscou analisar os determinados processos utilizados na empresa, a fim de avaliar e solucionar os possíveis problemas encontrados, em busca de melhorias, tendo como propósito demonstrar fatores benéficos ao âmbito de locomoção dos transportes.

Este trabalho também traz a sua contribuição acadêmica por meio de uma proposta com base científica, que utiliza um método heurístico ao problema real de roteirização de veículos, possibilitando o desenvolvimento de técnicas acadêmicas às empresas.

3.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo, que contém uma breve introdução do assunto a ser tratado neste estudo, assim como os objetivos da pesquisa e a justificativa do estudo.

No segundo capítulo é apresentada a metodologia utilizada para a pesquisa, descrevendo a caracterização da mesma quanto à sua abordagem, natureza, objetivos e procedimentos e, em seguida, são apresentadas as fases que a compõem.

O terceiro capítulo exhibe o embasamento teórico do trabalho, apresentando as grandes áreas consideradas para este estudo, com ênfase na logística, a sua importância para o processo de distribuição, o problema de roteirização de veículos e a aplicação de métodos heurísticos como solução.

Na sequência, o quarto capítulo apresenta-se o estudo de caso realizado, incluindo a caracterização da empresa, a descrição de todo o processo logístico, o problema em análise, bem como a proposta de melhoria solucionada. Seguido do quinto capítulo, que aborda as considerações finais e propostas para futuros trabalhos.

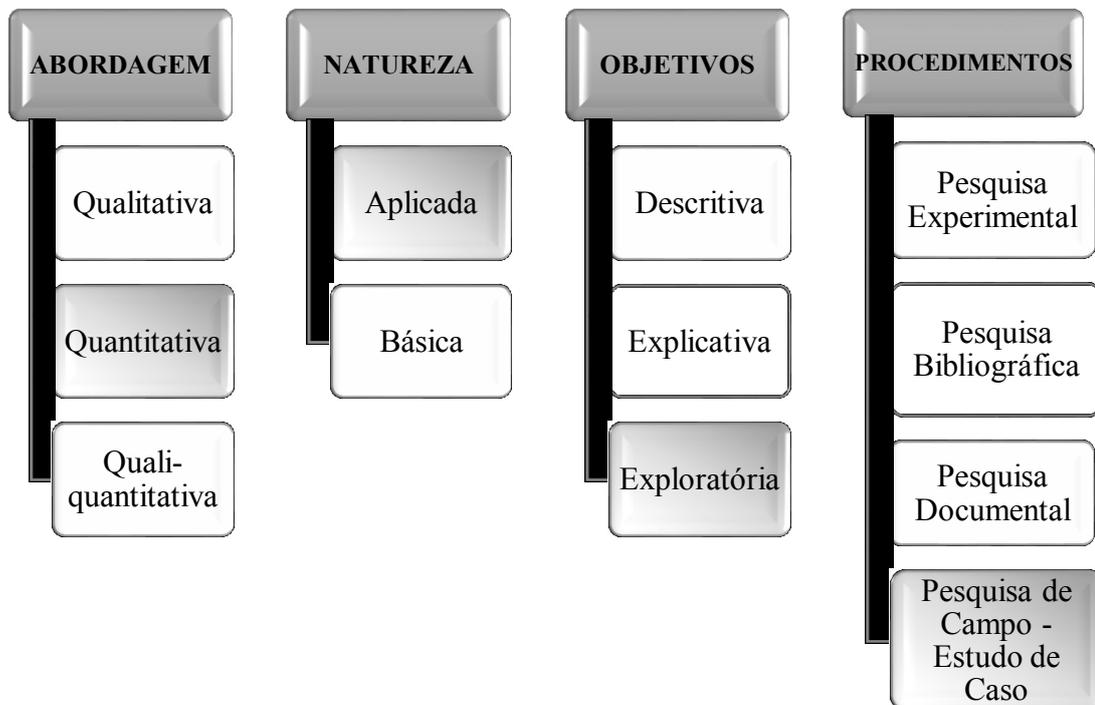
4 METODOLOGIA

Este capítulo tem como objetivo descrever os procedimentos metodológicos da pesquisa. Nesta perspectiva, será apresentada inicialmente a caracterização da pesquisa, e, na sequência, são descritas as fases de desenvolvimento do estudo.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A classificação da pesquisa pode ser identificada quanto à sua abordagem, sua natureza, seus objetivos e seus procedimentos. O presente estudo classificou-se, conforme exibido na Figura 1.

Figura 1 - Classificação da Pesquisa Científica.



Fonte: Autoria Própria (2019)

A classificação quanto à abordagem pode ser identificada como qualitativa, quantitativa ou quali-quantitativa. Para Fonseca (2002), “a pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros”.

Logo, o estudo caracteriza-se como uma pesquisa de caráter quantitativo, visto que os dados analisados podem ser quantificáveis. Este teve como objetivo aplicar métodos para

análise dos mesmos, e então reduzir a quilometragem entre os principais pontos de distribuição da empresa, de modo a diminuir os custos logísticos.

Quanto à sua natureza, a pesquisa pode ser caracterizada em: aplicada ou básica. A pesquisa aplicada, segundo Thiollent (2009), consiste na elaboração de diagnóstico, na identificação e soluções dos problemas, com o intuito de torná-lo explícito e formular hipóteses. Seu objetivo é gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos (PRODANOV, 2013). Desse modo, a atual pesquisa caracteriza-se como de natureza aplicada, pois se concentra em torno dos problemas da organização, visto que se propôs a elaboração de um plano estruturado de rotas programado voltado a solução do problema quanto à distribuição de produtos da empresa objeto de estudo.

Com base nos objetivos, a mesma pode ser classificada como descritiva, explicativa e exploratória. De acordo com Gil (2007) a pesquisa exploratória proporciona maior proximidade com o problema, pois este tipo de pesquisa envolve o levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiência com o referido problema, assim como estudos já realizados que contribuem para a compreensão do tema abordado. Logo, o presente estudo foi definido como uma pesquisa de objetivo exploratório, pois foram realizadas entrevistas com pessoas envolvidas no caso, pesquisas bibliográficas para se ter mais informações sobre o assunto investigado e análises de estudos similares ao problema em questão.

Em relação aos procedimentos, a pesquisa pode ser classificada como pesquisa experimental, pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e pesquisa de campo. A pesquisa de campo caracteriza-se pelas investigações em que, além da pesquisa bibliográfica e/ou documental, se realiza coleta de dados junto a pessoas, com o recurso de diferentes tipos de pesquisa - pesquisa ex-post-facto, pesquisa-ação, pesquisa participante, estudo de caso (FONSECA, 2002).

Portanto, este trabalho foi definido como um estudo de caso, pesquisa bibliográfica e documental. Foi identificado como um estudo de caso, pois o trabalho se concentrou no processo de uma empresa específica, o mesmo foi realizado durante a análise do funcionamento dos processos logísticos de distribuição e plano de roteirização do objeto em estudo. A pesquisa bibliográfica foi realizada ao consultar livros, artigos, dissertações e outros, de diversos autores como base para o aprofundamento do conhecimento dos principais temas abordados no estudo. E por fim, a pesquisa documental que foi utilizada ao acessar documentos internos da empresa e seus respectivos procedimentos.

4.2 FASES DA PESQUISA

As etapas da pesquisa estão expostas na Figura 2.

Figura 2 - Fases da Pesquisa.



Fonte: Autoria Própria (2019)

Inicialmente, foi realizada a fase de coleta de dados para a análise do problema observado, através de documentos da empresa, que registram as rotas existentes e as cidades de atendimento, além dos tipos de produtos fracionados. A coleta de dados também foi realizada por meio de visitas *in loco* e entrevistas não estruturadas aos colaboradores encarregados pelo setor logístico, vendas e controle de produção da organização, no período de setembro a outubro de 2019. Logo, foi possível identificar como era realizado o roteiro de entrega da empresa, frota, pontos de atendimento, demanda e, capacidade do veículo e demais restrições do problema.

Após a obtenção e tratamento dos dados, pode-se ter maior compreensão do funcionamento logístico de distribuição da empresa, portanto, a próxima fase consiste na definição de um método para a elaboração de um plano proposto como solução para a estruturação do atual plano de rotas da empresa. Sendo assim, escolheu-se a heurística do vizinho mais próximo como método adequado para resolução do problema.

Em seguida, foi feita a aplicação do mesmo que contou o auxílio do software rota fácil para a construção da matriz de relação de distância entre as cidades de cada rota existente. Posteriormente, foi definido o devido sequenciamento de ordem dos pontos de atendimento de todas as rotas, e então foi possível programá-las de forma eficaz. Por fim, foram avaliadas as melhorias que podem decorrer da implantação do plano de rotas proposto.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção irá apresentar o levantamento teórico para o embasamento conceitual da pesquisa. Serão abordados os seguintes temas:

5.1 LOGÍSTICA

De acordo com Christopher (2011) a logística é um processo voltado para o gerenciamento estratégico de compras, fluxo e armazenamento de insumos, peças e estoques finais (e os fluxos de informações pertencentes) através da organização e seus canais de distribuição ao comércio, de modo que o seu capital atual e futuro aumentem por meio da realização de pedidos, tendo em vista o custo-benefício.

Já Ballou (2013) define a logística empresarial com um estudo administrativo para beneficiar e melhorar a rentabilidade da organização em seus serviços de distribuição aos consumidores e clientes, por meio de planejamento, sistematização e controle de atividades-chaves, como movimentação de materiais e armazenamento, com o objetivo de facilitar o fluxo de produtos. Neste sentido, Christopher (2011) declara que a missão da gestão de logística é planejar e coordenar todas as atividades necessárias para se atingir os níveis desejados de serviços prestados e qualidade ao menor custo possível. O autor ainda afirma que “a logística deve, portanto, ser vista como o elo entre o mercado e base de fornecimento”.

Para Novaes (2001) a logística empresarial busca eliminar, durante o processo, atividades que não agregam valor aos bens e/ou serviços e elementos que elevam custos e diminuição da produtividade, por outro lado acresce relevância ligada a questões de tempo, local, qualidade e comunicação a toda cadeia produtiva.

De certa maneira a logística é um processo fundamental para as organizações empresariais que visam obter um grau de êxito econômico, nas atividades específicas para as suas operações, em relação ao capital nela aplicado, e com o propósito de satisfazer as exigências de seu cliente final.

De acordo com Severo Filho (2006), o sistema logístico é composto de atividades de transferência, estocagem, manuseamento e informação. Isso acontece devido à movimentação de matéria-prima e todos os recursos produtivos em toda a cadeia de suprimento, desde o estoque de insumos, processo de transformação, armazenamento do produto acabado até o seu local de consumo/venda, assim o processo possui duas ações inter-relacionadas: fluxo de materiais e de informação.

Carvalho (2009) considera que um dos problemas enfrentados na logística é o fato de seus clientes e consumidores estarem distribuídos em um grande espaço geográfico, de forma que um de seus objetivos é reduzir a interrupção no tempo entre a produção e a demanda, de maneira que compradores possam ter ao seu dispor os bens e serviços no prazo certo, lugar exato e condição física desejada.

O autor ainda afirma que, a distância colocada entre fornecedor e cliente, sejam eles fornecedor de matéria-prima e empresa ou empresa e cliente final, apresenta grandes possibilidades de redução de custos quando desenvolvidos estudos de viabilidade e minimização de distâncias, reduzindo diretamente os custos de transportes, o que é um fator de estímulo ao comércio.

Desta maneira, a existência de sistemas logísticos eficazes permite condições de maior aproveitamento, por parte do comércio mundial, de aproximação entre terras produtivas e clientes geograficamente distantes. Assim, a logística contribui no melhoramento do padrão econômico geral, já que se tornou essencial à prosperidade do comércio (BALLOU, 2001). Neste sentido, para Alvarenga e Novaes (1994) a logística empenha-se ao gerenciamento do fluxo físico, desde o ponto de origem/fornecimento até o seu local de aquisição/consumo. Ainda segundo o autor, a logística não está atrelada só a distribuição física de produtos, mas também se preocupa com a indústria, assim como transporte e armazenamento.

O transporte é uma área chave de decisão dentro do composto logístico. À exceção do custo de bens adquiridos, o transporte absorve, em média, a porcentagem mais elevada de custos do que qualquer outra atividade logística, pois as decisões de transporte se expressam em uma variedade de formas, as principais são a seleção do modal, a roteirização e a programação de veículos, e a consolidação do embarque (BOWERSOX & CLOSS, 1997).

Segundo Fleury et al. (2000), dentre os cinco modais de transportes existentes (aéreo, ferroviário, rodoviário, aquaviário e dutoviário), o modal rodoviário apresenta baixos custos fixos e nível médio de custos variáveis. Destaca-se qualidades como: velocidade em relação ao tempo do trajeto de cargas; disponibilidade em ser flexível para o atendimento “porta a porta”; confiabilidade, segundo a capacidade do veículo para cumprir com a programação de entrega desejada; capacidade, o que permite atender a diferentes tipos e tamanhos de carga; e frequência, referente a quantidade de movimentação planejada do veículo.

Assim, o estudo logístico e a aplicação de um plano de roteirização eficaz para o acompanhamento de frotas e rotas de veículos em uma organização empresarial, principalmente para aquelas que possuem frota própria, são imprescindíveis para a redução de custos dos serviços e transporte, e para o monitoramento e controle de atividades logísticas

que englobam o bom desempenho da empresa perante o mercado competitivo. No tópico a seguir será abordada a importância da atividade logística nas organizações.

5.2 IMPORTÂNCIA DA LOGÍSTICA

Como relatado na seção anterior, é importante compreender a importância da logística no âmbito empresarial/fábrica. Nos dias atuais o crescente aumento da competitividade entre os mercados requer da organização maiores esforços direcionados ao serviço prestado ou a entrega de bens que satisfaçam as necessidades do cliente e, ao mesmo tempo, atendam aos objetivos da empresa.

A logística refere-se à criação de valor, conforme Ballou (2006), relacionado primeiramente aos custos e local, pois bens e serviços não têm valor se não estiverem a disposição do cliente no tempo e lugar que eles pretendem consumi-los. Dornier *et al.* (2007) salientam que o estudo da função logística destaca o real valor que tem a colaboração entre os departamentos da organização e a colaboração entre as organizações, visto que sua principal atividade é prestar serviço a um dado produto. Em relação à satisfação dos clientes, o autor relata que a velocidade da entrega, isto é, a capacidade de se produzir e entregar o produto rapidamente, relevante na competição em relação ao tempo, e a confiabilidade da entrega perante intervalos de tempo especificados, podem ser uma forma de conquistar diferencial para o produto.

No que se refere a importância da logística quanto ao transporte, este possui grande relevância na formação de preço do produto. Segundo Araújo (2010) “o ato de movimentar produtos é uma necessidade básica para a subsistência humana que tem acompanhado permanentemente a sociedade. Uma vez que, na maioria dos casos, os locais de produção se encontram afastados dos locais de consumo, foi preciso desenvolver meios para vencer tais barreiras de ordem espacial”.

Santos (2014), afirma que o transporte detém boa parte da responsabilidade pela eficiência de uma cadeia de suprimentos. Visualizando a cadeia antes da empresa, este é responsável pela oferta de matéria prima em conformidade com prazos, qualidade e volume necessário. A partir disso, está nas mãos do transporte a disponibilização de produtos aos consumidores onde quer que estes estejam. Ao se aperfeiçoar o transporte toda a cadeia de suprimentos é otimizada, gerando lucros e tornando viável a participação da organização em novos mercados.

Diante disso, a logística tem como funcionalidade a integração de todos os setores que compõem a organização, visando atender as necessidades de cada operação em toda a cadeia produtiva, além de possibilitar que tais atividades desempenhadas sejam otimizadas e assim orientar a empresa para a competitividade. Padula (2008), relata que “logística é o conjunto integrado das operações de planejamento, transporte, armazenagem, controle de estoques, distribuição e tecnologia da informação, que unem os centros produtores aos centros distribuidores”.

Assim, desenvolver a integração de todas as atividades que formam uma cadeia produtiva aumenta a eficiência e produtividade da empresa/indústria, agregando valor ao produto e contribuindo, através da redução de custos e desperdícios, para o crescimento da organização perante a concorrência e para os novos mercados.

5.3 DISTRIBUIÇÃO FÍSICA

Ballou (2013) define a distribuição física como o ramo da logística empresarial que trata da movimentação, estocagem e processamento de pedidos dos produtos finais da firma, portanto, “costuma ser a atividade mais importante em termos de custos para a maioria das empresas, pois absorve cerca de dois terços dos custos logísticos”.

Ainda segundo o autor, a distribuição física de produtos é encarregada basicamente por bens acabados e semi-acabados, ou seja, produtos disponíveis para venda e que necessitam de um processo de transformação. Nessa fase de entrega de mercadoria ao seu destino final, a logística é responsável desde a finalização do processo produtivo até a chegada da mercadoria no consumidor final, passando pelo estoque da organização e transporte até o depósito local ou diretamente ao comprador.

Para Silva Junior et al. (2016) a logística de distribuição é responsável por transferir o produto do seu local de origem, onde o mesmo foi fabricado, até um determinado local desejado, para que se possa alcançar seu público alvo, envolvendo assim todos os processos operacionais e de controle. Portanto, ainda segundo o autor, o objetivo é transportar no tempo certo, atendendo as especificações exigidas, à medida que oferece um serviço de nível adequado ao menor custo possível.

Segundo Arnold (2006) o transporte de materiais pode estar relacionado ao suprimento físico que se trata do percurso fornecedor até o local de produção, se refere a movimentação e armazenamento de insumos. E também estar relacionada a distribuição física, esta encarrega-

se de encaminhar o produto ao seu local de consumo. É a distribuição física que efetua o vínculo entre a empresa e seus clientes (BOWERSOX e CLOSS, 2001).

Novaes (2007) resume as diversas situações na distribuição física em duas configurações básicas: “Um para um” e “Um para muitos”. De acordo com o autor, o termo “um para um” é usado para a situação em que o veículo é totalmente carregado, lotação completa da capacidade do transporte, no depósito do centro produtor e transporta a carga até um único ponto de destino, que geralmente são centros de distribuição, lojas ou qualquer outra instalação; já o termo “um para muitos” é usado quando o veículo é carregado no ponto de origem com mercadorias destinadas a diferentes pontos de destino, normalmente possui um roteiro de entregas predeterminado.

Segundo Ballou (1993) a distribuição física está atrelada a alguns custos, bem como: custos com depósito, deslocamento de materiais e processamento de pedidos. Para Farias (2003) os custos com armazenamento são necessários para apoiar as atividades relacionadas ao acondicionamento do estoque. Já o gasto com o processamento de pedidos faz parte do uso de tecnologia de operação e sistemas de informação que servem de apoio para processar os pedidos e, os custos com transporte englobam toda movimentação e transporte de mercadorias até o usuário final.

Para redução e otimização desses custos é necessário que exista um gerenciamento. Ballou (2013) destaca que nas empresas a administração da distribuição física deve ser uma tarefa desenvolvida em três níveis: estratégico, tático e operacional. Onde definiu que, no nível estratégico é estabelecido o sistema de distribuição, nele são considerados aspectos como localização do depósito, processamento de pedido e a seleção do modal de transporte. O nível tático se refere à utilização de seus recursos de maneira eficiente. Já o nível operacional, está relacionado às atividades diárias que os colaboradores desempenham para que os produtos sejam entregues, por meio dos canais de distribuição, até o último cliente. Isto inclui atividades, como embalar produto para entrega, carregamento e descarregamento do veículo, preparação de pedidos para ressuprimento de estoque, programação e roteirização e entre outros.

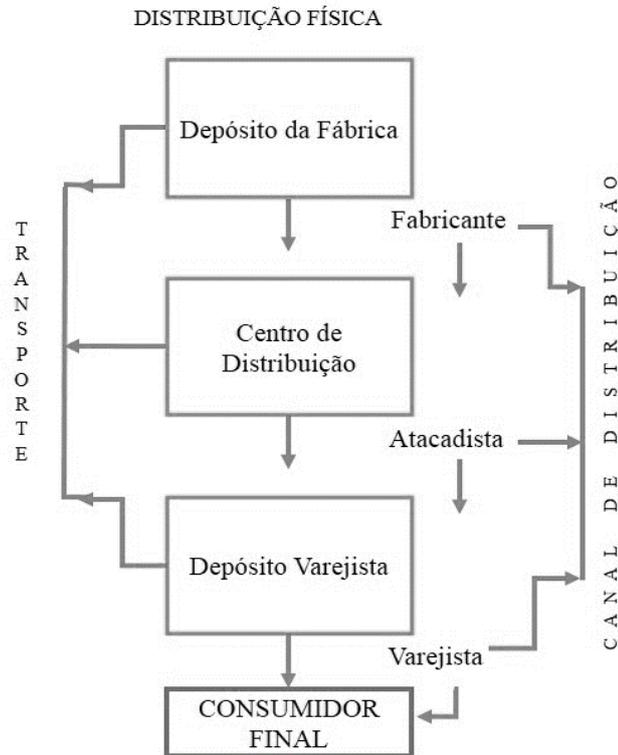
O autor ainda afirma que, se os equipamentos de transporte podem movimentar-se sempre completamente carregados, se a área dos armazéns pode ficar sempre totalmente ocupada e se o equipamento de transmissão de pedidos nunca está ocioso, o custo de possuí-los seria mínimo.

Para que a otimização dos roteiros dê resultados satisfatórios é preciso que o sistema tenha sido bem planejado e bem dimensionado nos níveis estratégicos e táticos (GALVÃO, 2003). De acordo com Ballou (1993), o desafio para a otimização desses custos é buscar o balanceamento dos mesmos, de modo a obter um custo total ideal.

O autor ainda relata que há geralmente dois tipos de mercados para os quais se devem planejar. Um deles é o de usuário final, que são tanto aqueles que usam o produto tanto para satisfazer suas necessidades quanto aqueles que criam novos produtos, que é o caso dos consumidores industriais. Os consumidores finais também podem ser companhias que, por sua vez, vendem os seus produtos aos seus clientes. O segundo mercado é composto por intermediários que não consomem o produto, mas que oferecem para revenda, em geral para outros intermediários ou consumidores finais. São, por exemplo, distribuidores, varejistas e usuários finais (BALLOU, 2013).

Bose (1990) declara que distribuição física é a interligação do produto e transporte, durante o processo de fabricação até o local de entrega, através do transporte podendo ocorrer de forma direta ou intermediária. Para Novaes (2007) o planejamento de distribuição envolve operações como a seleção e o tipo de modal, tipos de redes, além de programação e roteirização correspondentes aos determinados pontos de entregas de mercadorias. Conforme mostrado na Figura 3, há um certo paralelismo e uma correlação entre as atividades que constituem a distribuição física de produtos e os canais de distribuição (NOVAES, 2004).

Figura 3 - Escopo da Distribuição Física e Canal de Distribuição.



Fonte: Adaptado de Novaes (2004)

De acordo com Arnold (2006) a distribuição de mercadorias depende do canal de distribuição que é utilizado na organização, os diferentes tipos de mercados a serem atendidos, além das características do produto a ser carregado e o tipo de transporte. Para Fleury (1999) o canal de distribuição é utilizado como uma ferramenta essencial para atingir a eficiência dos processos de comercialização e distribuição dos serviços.

Diante deste cenário, faz-se necessário um estudo do processo de roteirização, cujo qual é imprescindível para o processo logístico dentro do composto de distribuição física de produtos. A seção a seguir descreve uma explanação geral sobre o processo e problemas de roteirização de transportes.

5.4 ROTERIZAÇÃO DOS VEÍCULOS

Segundo Ballou (2006) as decisões sobre transportes envolvem seleção dos modais, o volume de cada embarque, as rotas e a programação. São decisões sobre as quais pesam fatores como a proximidade, ou distância, entre os armazéns, os clientes e as fábricas, fatores esses que, adicionalmente, têm influência sobre a localização do armazém.

Segundo o mesmo autor, o tempo que as mercadorias passam em trânsito tem reflexos no número de fretes que podem ser feitos por veículo num determinado período de tempo e nos custos integrais do transporte para todos os embarques. Assim, “reduzir os custos do transporte e melhorar os serviços ao cliente, descobrir os melhores roteiros para os veículos ao longo de uma rede de rodovias, ferrovias, hidrovias ou rotas de navegação aérea a fim de minimizar os tempos e as distâncias constituem problemas muito frequentes de tomada de decisão”.

Nesse sentido, o emprego de um plano de roteirização eficiente pode resultar na otimização dos resultados logísticos, tais como o encurtamento de distâncias, redução de tempo e, conseqüentemente, dos custos de serviço e transporte (LEAL JUNIOR et al., 2012). Assim, a aplicação de um modelo de roteirização apropriado e alinhado às necessidades estratégicas da organização agrega valor a todo o gerenciamento da cadeia, de modo que a exploração dos recursos possa ser eficientemente utilizada (FIGUEIREDO, et al., 2007).

Segundo Cunha (2000) e Vieira (1999) a roteirização é o processo utilizado para determinar um plano de rotas pré-estabelecido ou sucessão de paradas pertencente a uma mesma frota de veículos, visando atender diferentes pontos de entregas em locais pré-determinados e distanciados. A roteirização pode ser caracterizada por N clientes (representados numa rede de transportes por nós ou arcos) que deverão ser servidos por uma frota de veículos, sem apresentarem restrições ou ordem que deverão ser atendidos. Deste modo, representa uma configuração espacial do movimento do veículo em uma rede (BOSE, 1990).

Entende-se por roteamento de veículos, um conjunto de problemas que tem como objetivo determinar as melhores rotas para uma frota de veículos atenderem um conjunto de consumidores. (JÚNIOR; OLIVEIRA, 2012)

A preocupação com roteirização de veículos é algo que vem ganhando relevância no cenário logístico, haja vista que esta ciência - a logística - tem adquirido cada vez mais um foco mais estratégico nas empresas pois, através de investimentos e estudos nesta área, podem ser conquistados diferenciais de atendimento, com ganhos em tempo, custo e qualidade para todos os interessados no transporte de cargas - fornecedores, transportadora e clientes. (BASSI, 2009).

Segundo Santos (2014) uma quantidade significativa de empresas atua ou depende de atividades ligadas à distribuição, despacho, entregas, transporte, envios e similares. E essas atividades estruturam o cerne de funcionamento dessas empresas, pois as tornam capazes de agregar valor ao cliente, tornando-as competitivas. “Nas últimas décadas, a pesquisa por

métodos de soluções de rotas e de programação de veículos vem crescendo, já que são técnicas fundamentais para empresas que necessitam consolidar cargas para entrega e/ou coletas, minimizando os custos” (BASTOS, 2003).

A resolução dos problemas de roteirização requer um grande esforço computacional, devido à sua complexidade:

A maioria dos problemas de roteirização de veículos é tratada como *NP-difícil*. Em outras palavras, o esforço computacional para a sua resolução cresce exponencialmente com o tamanho do problema, dado pelo número de pontos a serem atendidos. Por isso, trabalhos neste campo foram desenvolvidos na busca por métodos heurísticos que apresentassem bom desempenho computacional e ao mesmo tempo soluções iguais ou muito próximas aos métodos exatos (MIURA, CUNHA; 2008).

Embora sejam muitas as variações dos problemas de roteirização, é possível reduzi-los a alguns modelos básicos (BALLOU, 2006). Os problemas de roteirização de veículos, segundo Laporte (1992), são solucionados a partir de algoritmos exatos que resultam em solução ótima para o problema, e métodos heurísticos, que consistem em possíveis resultados, identificando soluções viáveis. Em outras palavras, Semedo (2015) define as heurísticas como uma técnica que não garantem a solução ótima, mas resultam em soluções bem próxima da solução exata em um tempo adequado.

Cunha (1997) afirma que a aplicação de métodos heurísticos consiste em uma abordagem de tratamento intuitivo dos dados, com base nas restrições dos problemas. Para Belfiore et. al (2006) estes métodos visam reduzir ou minimizar os custos com transporte, atendendo a demanda e respeitando as restrições de capacidade dos veículos.

De acordo com Amaral et al. (2016) existem vários métodos na literatura que são utilizados na solução de problemas de roteirização. Dentre os principais métodos encontrados na literatura, o presente estudo tem foco na aplicação de um método heurístico apresentando na próxima seção.

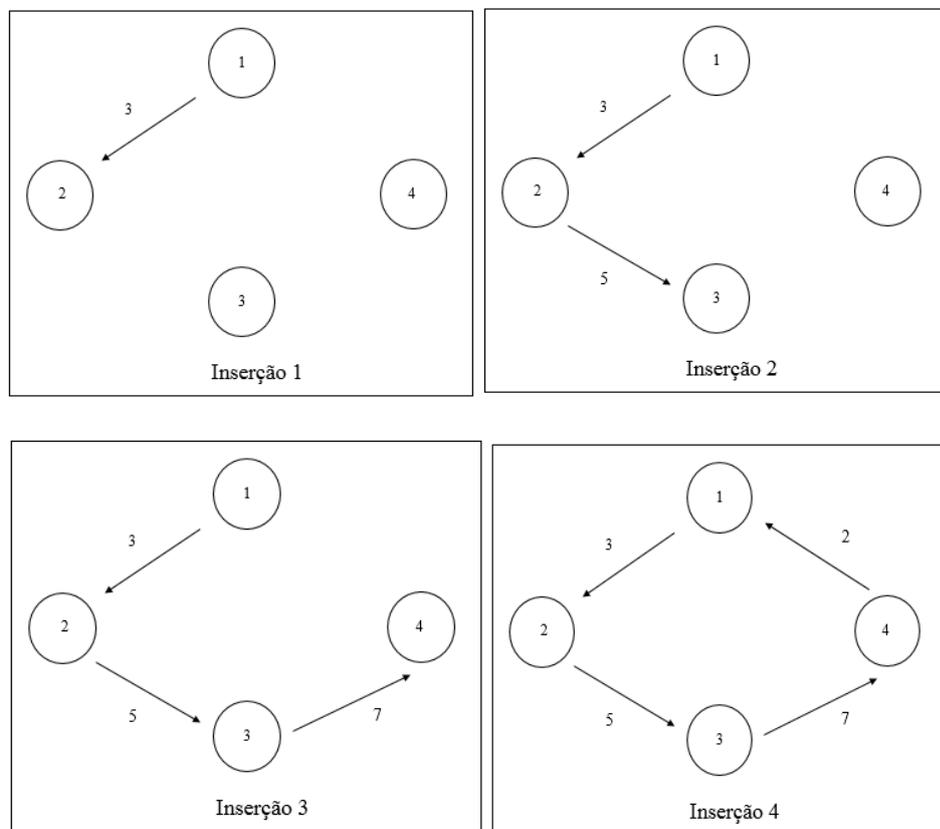
5.5 HEURÍSTICA DO VIZINHO MAIS PRÓXIMO

Bellmore & Nemhauser (1968) apontam a heurística do vizinho mais próximo como um método construtivo. Essa classificação ocorre porque, de acordo com Arenales et. al (2015), a cada passo um ponto do roteiro é acrescentado. O autor ainda afirma que o método é

construído a partir de uma sequência de decisões, visando atingir a solução ótima local para cada decisão escolhida.

Para Silva (2013) na heurística do vizinho mais próximo, o primeiro ponto a ser visitado, é identificado como a cidade mais próxima, ou seja, a que apresenta menor distância da origem, e que ainda não foi visitada, representando assim o seu ponto de destino, e assim o processo do vizinho mais próximo é aplicado sucessivamente para os demais pontos de atendimento de toda a rota, e, por fim, o mesmo deve retornar ao seu ponto de origem. Conforme apresenta na Figura 4, a aplicação do método é realizada da seguinte maneira:

Figura 4 - Exemplo da Heurística do Vizinho Mais Próximo.



Fonte: Adaptado de Pinheiro (2017)

Segundo Teixeira (2004) a aplicação da heurística do Vizinho Mais Próximo é definida pela a escolha do ponto de atendimento mais próximo, até completar todo o percurso de visitas em todos os pontos e retornar ao ponto de partida.

6 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo será abordado o estudo de caso conduzido em uma indústria do setor alimentício, localizado na cidade de Patos/PB. Assim, nesta seção será apresentada a caracterização do problema, e, em seguida, o plano de rotas utilizado atualmente no seu processo de distribuição e entrega de produtos, bem como a aplicação da heurística do vizinho mais próximo, e então o plano de rotas proposto para a solução do problema.

6.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa selecionada para a realização do estudo de caso será denominada neste trabalho como a empresa X. A mesma é uma organização brasileira do setor de indústria e comércio de alimentos, localizada na cidade de Patos, no Estado da Paraíba, e possui dois estabelecimentos de alta produção de alimentos não-perecíveis, denominados como sede Matriz e Filial, que contam com a colaboração de 41 operadores em sua sede Matriz e 65 operadores em sua filial, dispondo assim de um quadro com o total de 106 colaboradores, classificando-se como uma empresa de médio porte.

Fundada no ano de 1987, a empresa iniciou suas atividades no estado da Paraíba atendendo a grande parte do território paraibano e também ao Estado pernambucano. Atualmente a empresa realiza a distribuição de mercadorias e atendimento a clientes localizados apenas em cidades do Estado da Paraíba. O público alvo da empresa são pequenos e médios clientes varejistas e atacadistas, que estão distribuídos geograficamente em 113 cidades no estado da PB. No momento atual, a empresa X possui 15.602 clientes cadastrados em sua base de dados, dos quais 60% a 65 % correspondem ao número de clientes ativos, ou seja, que realizaram algum pedido de compra no ano presente.

Atuando há 32 anos no setor alimentício, a indústria tem como atividade principal o beneficiamento de grãos e fabricação de produtos derivados, além da produção de arroz e bolachas. A mesma conta com a colaboração de fornecedores para locomoção e aquisição da matéria-prima (grãos *in natura*) necessários para a sua linha de produção do café, milho e arroz. A área produtiva da empresa X é composta por 4 linhas de produção de alta capacidade, apresentadas a seguir:

1. Beneficiamento do grão de café – Produção de café do tipo torrado e moído.
2. Beneficiamento do grão de milho – Fabricação de produtos derivados do milho, tais como as farinhas de milho para alimentação humana e animal.
3. Fabricação de bolachas – Produção de biscoitos.
4. Fabricação de Arroz – Produção do arroz e seus diversos tipos.

As áreas produzidas são divididas em linhas de produção da sede Matriz, tais como a produção do café e bolachas, e as linhas de produção da filial, no qual são produzidos os derivados do milho e o arroz. A empresa, além de produzir alimentos para consumo humano, também trabalha com a produção de alimentos de consumo animal, que são produzidos a partir do aproveitamento de farelo e resíduos e de produtos com data de validade vencida. No caso de produtos que ultrapassam a data de validade, os clientes têm a opção de trocar as mercadorias vencidas em seu estabelecimento por novas mercadorias em igual quantidade. O Quadro 1 expõe o portfólio dos produtos comercializados pela a empresa

Quadro 1 - Portfólio de produtos comercializados da Empresa X.

PRODUTO	PESO LÍQUIDO
Arroz da Terra	1kg
Arroz Tipo 1	1kg
Arroz Tipo 3	1kg
Biscoito Nutrimassa	400g
Biscoito (formato maior)	400g
Biscoito (formato menor)	400g
Café Manaíra Torrado e Moído	250g
Café Torrado e Moído Prata	250g
Café Torrado e Moído	250g
Canjica de Milho Tipo 2	500g
Farinha de Arroz Flocada Nutrimassa FLOCÃO DE ARROZ	500g
Farinha de Milho Flocada Nutrimassa FLOCÃO	500g
Farinha de Milho Flocada FLOCÃO	500g
Flocos de Milho Nutrimassa	500g
Flocos de Milho	500g
Flocos de Milho Pré-Cozido Nutrimassa	1kg
Fubá	1kg
Milho de Pipoca Tipo 1	500g
Milho	1kg
Mungunzá Tipo 2	500g
Xerém de Milho	500g

Fonte: Dados da Empresa (2019)

A indústria mantém um mercado consumidor formado por atacado, que atende grandes redes de supermercados, e varejo, que são as vendas as pessoas físicas, pequenos e médios distribuidores. A venda em varejo ocorre na própria unidade fabril, visto que a empresa oferta e disponibiliza a venda do produto acabado direto ao consumidor final.

A distribuição física da empresa atende apenas aos pedidos (vendas por atacado) fora da cidade em que está inserida, ou seja, não realiza entrega de produtos em varejo ou aos clientes da cidade local.

6.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

A empresa dispõe de um sistema produtivo automatizado de alta capacidade e a sua produção diária varia de acordo com o planejamento de necessidades de cada tipo de produto a ser fabricado. A produção da empresa é realizada de acordo com sua demanda e possui 2 tipos de produção, sendo eles:

- 1. Produção para Estocagem de Produtos** – Produtos fabricados para manter o estoque e atender a comercialização e distribuição dos produtos para o varejo, realizado através de vendas no próprio ambiente fabril.
- 2. Produção de acordo com o Pedido do Cliente** – Produção de produtos por venda de pedidos, são produzidos para atender um pedido de compra com a quantidade desejada do cliente, geralmente ocorre quando são solicitadas várias toneladas do produto e/ou quando não há no estoque a quantidade suficiente para completar o pedido de compra.

Nesse sentido, devido à grande rotatividade e expedição de produtos, o encarregado pelo setor de produção é responsável por verificar o volume de produtos acabados em estoque, e então emite ordem de fabricação para o item que estiver com baixo volume. Sendo assim, também é de sua responsabilidade o acompanhamento, pesagem e controle dos produtos, a conferência de carga (carregamento do produto acabado) e descarregamento (chegada da matéria-prima) dos veículos transportadores.

Este processo é realizado manualmente na sede Matriz, e posteriormente as informações são encaminhadas ao responsável para alimentação do sistema. Já na filial o processo é realizado de forma automatizada, as máquinas possuem sensores que contabilizam a produção diária e enviam diretamente para o sistema. A armazenagem de mercadorias

obedece ao método FIFO (sigla, em inglês, de “*first in, first out*”) – primeiro que entra, primeiro que sai, mantendo o controle com relação a data de validade e evitando perdas.

A produção diária da empresa depende da demanda e do tipo de produto a ser produzido de acordo com o seu volume em estoque e realização de pedidos de compra. Logo, pode haver diferença da quantidade produzida do produto em diferentes meses.

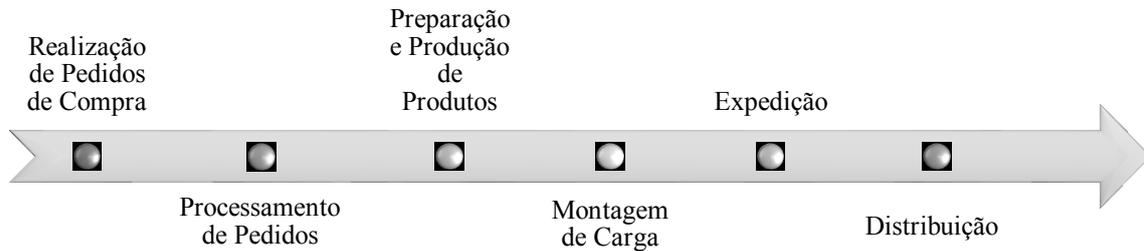
A empresa apresentou, entre o período de julho a outubro, a quantidade produzida de 178.565 e o peso de 1.883,29 total referente aos 3 meses analisados. Vale salientar que independentemente da quantidade específica produzida de cada produto, o veículo transportador sempre utiliza da sua capacidade máxima, ou seja, sempre está com o volume total de carga.

6.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO LOGÍSTICO DA EMPRESA

Embora existam outros processos logísticos na empresa em estudo, este trabalho irá tratar especificamente da venda em atacado, pois é neste processo que acontece a distribuição física de produtos fracionados, a programação e o processo de roteirização de veículos para atender aos consumidores. O mesmo é iniciado a partir do procedimento de pedido de compra dos clientes, realizado por meio de representantes (vendedores) da empresa, distribuídos estrategicamente nas regiões que compõem o roteiro de vendas da empresa X, e que visitam periodicamente os supermercados e efetuam os pedidos dos seus clientes.

Os vendedores utilizam um aplicativo, chamado Request, desenvolvido para a própria empresa, para registro e efetuação da compra dos clientes. O aplicativo serve como auxílio para quantidade e quilogramas de produtos, baseando-se na capacidade do transporte. Em seguida, os pedidos de compra são enviados para a organização, e encaminhados ao setor de produção, que recebe e prepara os pedidos de cada cliente.

Após a preparação, seleção e produção dos produtos solicitados, os mesmos são destinados ao estoque de produtos acabados. Em seguida, é iniciado o processo de montagem de carga e carregamento dos veículos transportadores, de acordo com as cidades a serem atendidas em cada rota existente e de modo que a capacidade total do veículo seja utilizada, dessa forma, finalizando com a distribuição. A Figura 5 abaixo ilustra o processo logístico de venda em atacado efetuado pela a empresa X.

Figura 5 - Processamento Logístico de venda em Atacado.

Fonte: Autoria Própria (2019)

A distribuição física da empresa atende a 113 cidades, localizadas em toda a Paraíba, distribuídas em 15 rotas com sentido diferentes. As rotas são classificadas conforme expõe o Quadro 2.

Quadro 2 - Rotas e Cidades atendidas pela Empresa A.

ROTAS	CIDADES	Nº DE CIDADES
A	Olho D'água; Piancó; Itaporanga; Aguiar; Igaracy; Conceição; Emas; Boa Ventura; Diamante; Ibiara; Santana dos Garrotes; Nova Olinda	12
B	São Mamede; Santa Luzia; Junco do Seridó; Tenório; Juazeirinho	5
C	Soledade; São Vicente do Seridó; Seridó; Olivedos; Cubati; Pedra Lavrada; Nova Palmeira; Picuí	8
D	Aparecida; São Francisco; Santa Cruz; Sousa; Marizópolis	5
E	Uiraúna; São João do Rio do Peixe; Triunfo; Santa Helena; Cajazeiras	5
F	Cabedelo; Bayeux; João Pessoa; Santa Rita	4
G	Ouro Velho; Prata; Monteiro; Sumé; Serra Branca; São José dos Cordeiros; Assunção; Livramento; Taperoá; Desterro; Teixeira; Maturéia; Água Branca; Imaculada; Juru; Tavares; Princesa Isabel	17
H	Boqueirão; Cabaceiras; Caturité	3
I	Campina Grande; Alagoa Nova; Boa Vista; Gurjão; Lagoa Seca; Matinhas; Queimadas	7
J	Cruz do Espírito Santo; Itapororoca; Mamanguape; Rio Tinto; João Pessoa	5
K	Santo André; São João do Cariri; Esperança; Ingá; São Sebastião de Lagoa de Roça; Barra de São Miguel; Camalaú; São Domingos do Cariri; Congo; Pocinhos; Riacho de Santo Antônio	11
L	João Pessoa; Lucena; Santa Rita; Sapé	4
M	Conde; Caaporã; Pitimbu; Cabedelo; João Pessoa	5
N	Borborema; Caiçara; Duas Estradas; Jacaraú; Araruna; Lagoa de Dentro; Logradouro; Pedro Régis; Sertãozinho; Solânea	10
O	Malta; Condado; São Bentinho; Cajazeirinhas; Coremas; Pombal; Paulista; Jericó; Mato Grosso; Riacho do Cavalos; Catolé do Rocha; Brejo dos Santos	12

Fonte: Autoria Própria (2019)

A distribuição é realizada, exclusivamente, por meio de frota própria, de forma a melhor atender às necessidades dos clientes e da empresa. As entregas ocorrem de segunda a sexta, respeitando as restrições de dia e janela de tempo de cada cliente.

6.4 PLANO ATUAL DE ROTAS

A empresa X não possui nenhum método estruturado para a programação de entregas e roteirização de veículos. A mesma executa a distribuição física de produtos de forma empírica, ou seja, o motorista decide de forma intuitiva qual rota deve tomar, se apoiando em experiências vividas sem nenhuma comprovação científica. Também não existe um controle da quilometragem total percorrida pelo veículo, o que dificulta uma análise econômica do problema.

As rotas realizadas pela empresa foram estabelecidas de acordo com a região e proximidade entre as cidades atendidas, e são realizadas de acordo com os pedidos de cada região em um período quinzenal e/ou mensal. A frequência com que ocorre a distribuição de produtos é apresentada na Tabela 1 para cada rota existente na empresa X.

Tabela 1 - Período de Realização da Distribuição de Produtos por Rotas

FREQUÊNCIA DE REALIZAÇÃO DE ROTAS	
ROTAS	PERÍODO
A, B, C, D, E, F, G, L, O	15 DIAS
M, N, J, K, H, I	30 DIAS

Fonte: Autoria Própria (2019)

A indústria mantém uma frota homogênea composta por cinco veículos transportadores, caminhão Truck com capacidade de 20.000 toneladas, sendo utilizado apenas um veículo para a realização de entregas por rota.

Devido a quantidade de produtos, ao número de pedidos e as distâncias percorridas entre as cidades, há um período de entrega dependendo da rota, de aproximadamente 4 dias para a realização de entrega de toda a carga. Neste contexto, nota-se a importância do processo de roteirização e, dessa forma, serão objetivo da pesquisa determinar o melhor sequenciamento das entregas da empresa X, de modo a minimizar a distância total percorrida e, conseqüentemente, os custos com transporte, respeitando as demandas de cada cliente.

6.5 ELABORAÇÃO DE UM MÉTODO ESTRUTURADO DE ROTEIRIZAÇÃO

No estudo realizado foi possível observar que não havia uma estruturação e padronização nas rotas existentes. No entanto, pensando no planejamento destas entregas e um melhor acompanhamento para os produtos fracionados, viu-se a necessidade de análise da distância percorrida entre os pontos de entrega destes e a construção de um plano de rotas programada para o problema em questão.

Para a resolução do problema exposto, deve-se considerar que o ponto de origem é o mesmo ponto de destino final da rota, ou seja, o depósito é o ponto de saída e de chegada do percurso de distribuição. Tendo em vista que será desenvolvida a estruturação de todas as rotas trabalhadas atualmente na empresa X, o método do vizinho mais próximo foi escolhido para este estudo, pois considera que o ponto de origem é o mesmo de destino e que cada cidade deve ser visitada uma única vez, tendo como objetivo minimizar as distâncias e o tempo necessário para a entrega do produto.

Por isso, para a estruturação do plano de roteirização é necessário identificar o sequenciamento de pontos que retornaria a menor distância percorrida e, a partir desta solução, agrupá-los em rotas.

6.5.1 Aplicação da heurística do vizinho mais próximo

A aplicação da heurística do vizinho mais próximo será utilizada como solução para a estruturação dos diferentes pontos de distribuição da organização. Vale ressaltar que para a elaboração do novo plano de rotas ocorreu uma redução no número de rotas apresentado no Quadro 2 da seção 4.2, de 15 rotas para 12 rotas com sentidos diferentes. Isso ocorreu porque, ao analisar o processo de entregas da empresa, notou-se que alguns pontos apareciam com frequência em repetidas rotas. Diante disto, determinou-se que as rotas F, J, L e M seriam consideradas uma única rota.

Para a aplicação do método, faz-se necessário a elaboração e análise da matriz de relação de distância entre as cidades, apresentada nos Apêndices (1 a 12). A matriz mostra as distâncias entre todas as cidades da rota, expressas em quilômetros, obtidas com o auxílio do software Rota Fácil.

A fim de determinar o tempo total da rota para a elaboração de cada processo de roteirização levou-se em consideração o tempo total para o descarregamento completo das mercadorias em todo o percurso. Logo, como a empresa utiliza toda a capacidade de 20 mil

toneladas do veículo transportador, o tempo total de descarregamento considerado foi de aproximadamente 3 horas e 12 minutos para cada rota. O Quadro 3 expõe todas as características consideradas para o processo de roteirização.

Quadro 3 - Características do Processo de Roteirização.

CARACTERÍSTICAS	
FROTA	Homogênea
CAPACIDADE DO VEÍCULO	20.000 toneladas
TEMPO DE DESCARREGAMENTO DOS PRODUTOS	3 horas e 12 minutos
JORNADA DE TRABALHO DOS MOTORISTAS	10hrs/dia
DEPÓSITO	Ponto de partida e chegada

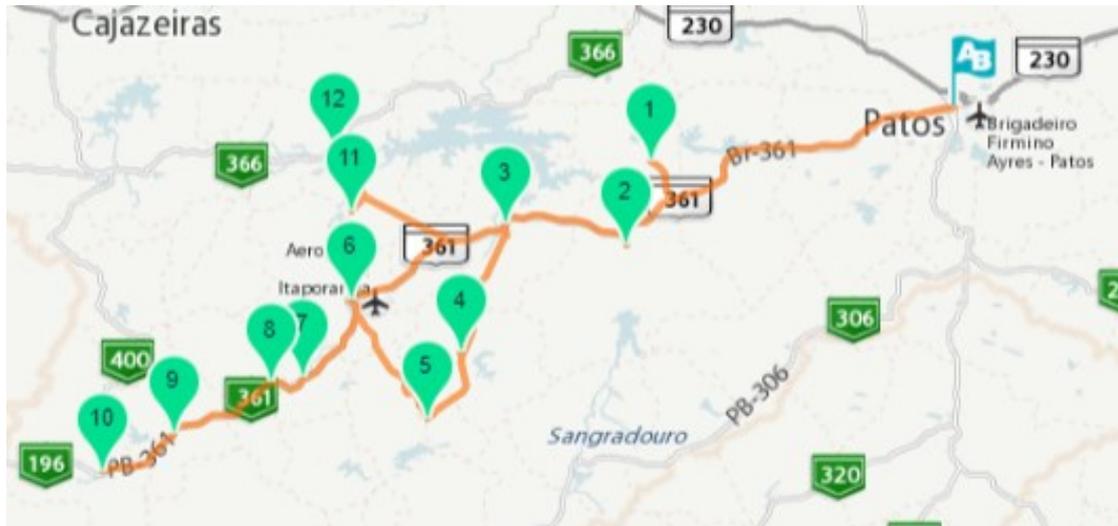
Fonte: Autoria Própria (2019)

O processo de aplicação do VMP foi iniciado a partir da definição da rota A. A mesma é composta por doze pontos de entregas. O percurso da rota A começa na cidade de Patos/PB, local do ponto de distribuição. A partir dele o primeiro ponto a ser atendido é a cidade de Emas/PB, escolhida por apresentar a menor distância, o seguinte ponto de entrega é o vizinho mais próximo da cidade de Emas/PB, desconsiderando as cidades anteriormente visitadas, ou seja, o município de Olho d'Água/PB. Esse procedimento é replicado até que todos os municípios desta rota sejam atendidos e o veículo retorne ao ponto de início do percurso.

Neste sentido, foi elaborado um roteiro que considera a proximidade entre todas as cidades da rota A, disponível no Apêndice 1. De acordo com a caracterização do problema, na ilustração das figuras que apresenta o itinerário das rotas, o ponto de origem e destino são identificados pelas as letras A (origem) e B (destino final), e a numeração indica a localização e a ordem de atendimento para os pontos de entregas. Esta lógica é replicada nas figuras de todos os processos das rotas elaboradas.

A rota foi então definida da seguinte forma: A- Patos > 1- Emas > 2- Olho d'Água > 3- Piancó > 4- Santana dos Garrotes > 5- Nova Olinda > 6- Itaporanga > 7- Boa Ventura > 8- Diamante > 9- Ibiara > 10- Conceição > 11- Igaracy > 12- Aguiar > B- Patos. A Figura 6 abaixo ilustra o itinerário correspondente a rota A.

Figura 6 - Itinerário da Rota A.



Fonte: Autoria Própria (2019)

A distribuição física de produtos nesta rota é realizada a cada 15 dias, de modo que a demanda de cada cliente seja atendida. O seu percurso total é de 456,84 quilômetros, o tempo necessário para a realização do trajeto completo, considerando o tempo gasto para o descarregamento dos produtos, é de 10 horas e 46 minutos. A Tabela 2 apresenta os respectivos dados entre os clientes:

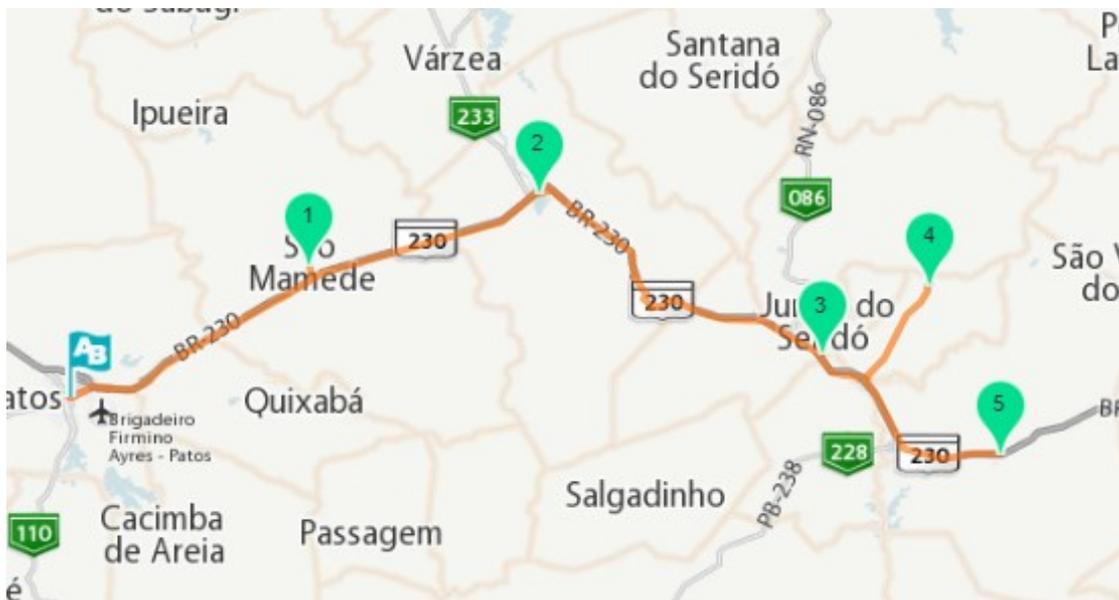
Tabela 2 - Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota A

ROTA A			
ORIGEM	DESTINO	DISTÂNCIA (KM)	TEMPO (MIN)
Patos	Emas	60,49	64
Emas	Olho d'Água	19,33	28
Olho d'Água	Piancó	22,46	21
Piancó	Santana dos Garrotes	22,95	25
Santana dos Garrotes	Nova Olinda	14,10	34
Nova Olinda	Itaporanga	31,55	32
Itaporanga	Boa Ventura	17,58	19
Boa Ventura	Diamante	6,63	8
Diamante	Ibiara	19,05	16
Ibiara	Conceição	14,22	14
Conceição	Igaracy	95,41	80
Igaracy	Aguiar	14,67	17
Aguiar	Patos	118,40	94
TOTAL		456,84	452

Fonte: Autoria Própria (2019)

A rota B é formada por cinco pontos de entregas. A Figura 7 ilustra o caminho percorrido aos pontos de atendimento. A rota B inicia-se na cidade de Patos/PB, com destino a cidade mais próxima de sua localização, no caso o município de São Mamede/PB, e partir de então foi-se identificando sempre o ponto com a menor distância para cada cidade pertencente a rota, conforme apresentado no Apêndice 2, até retornar ao município de Patos/PB.

Figura 7 - Itinerário da Rota B.



Fonte: Autoria Própria (2019)

Conforme exibido na Figura acima, a ordem de paradas em cada cidade é identificada de acordo com a numeração. Assim, o trajeto da rota B é descrito da seguinte forma: A- Patos > 1- São Mamede > 2- Santa Luzia > 3- Junco do Seridó > 4- Tenório > 5- Juazeirinho > B- Patos.

A distância total percorrida do trajeto é de 206,60 Km e o tempo necessário para o seu completo percurso é de 3 horas e 32 minutos, considerando o tempo de descarregamento da carga o tempo total gasto na rota é de 6 horas e 43 minutos. Na Tabela 3 a seguir, é possível observar os dados relativos as distâncias e o tempo entre os pontos de entregas.

descarregar todos os produtos, resulta em 10 horas e 20 minutos. Os parâmetros estabelecidos entre os pontos de atendimento da rota são expostos na Tabela 4.

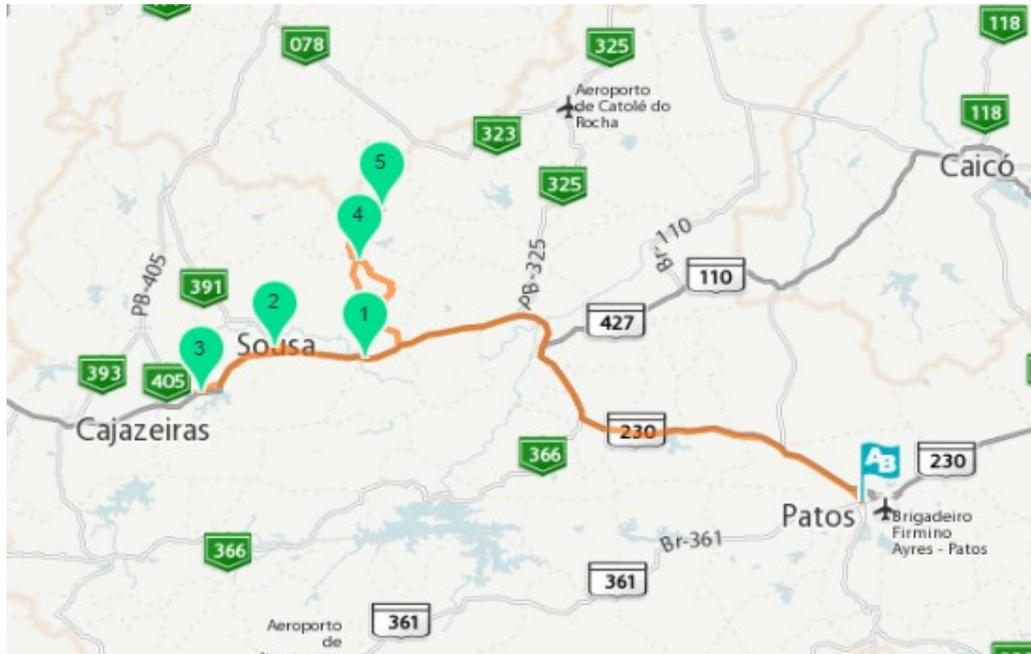
Tabela 4 - Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota C

ROTA C			
ORIGEM	DESTINO	DISTÂNCIA (KM)	TEMPO (MIN)
Patos	Soledade	119,38	84
Soledade	São Vicente do Seridó	17,25	19
São Vicente do Seridó	Seridó	9,06	8
Seridó	Cubati	11,57	16
Cubati	Olivedos	21,20	75
Olivedos	Pedra Lavrada	41,79	92
Pedra Lavrada	Nova Palmeira	11,78	11
Nova Palmeira	Picuí	22,77	20
Picuí	Patos	142,29	100
TOTAL		397,09	425

Fonte: Aatoria Própria (2019)

Já a rota D agrupa cinco pontos de destino em sua trajetória, e é realizada a cada 15 dias. Continuando o processo da heurística VMP foi possível identificar um roteiro geral que considera as proximidades entre todos os pontos que devem ser atendidos, disponível no Apêndice 4. O trajeto proposto é mostrado na Figura 9:

Figura 9 - Itinerário da Rota D.



Fonte: Autoria Própria (2019)

Observa-se que foi possível agrupar os pontos em um percurso, descrito da seguinte forma: A- Patos > 1- Aparecida > 2- Sousa > 3- Marizópolis > 4- São Francisco > 5- Santa Cruz > B- Patos. A distância percorrida na rota é de 359,27 km e o tempo necessário para as entregas de mercadorias é de 9 horas e 02 minutos. A Tabela 5 apresenta os dados considerados para o sequenciamento do processo de roteirização da rota D.

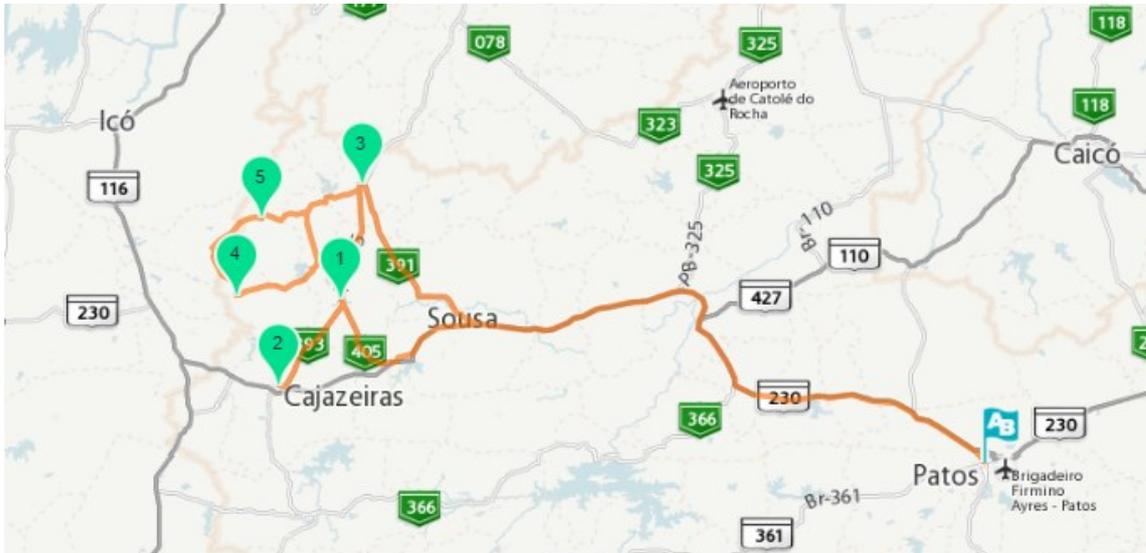
Tabela 5 - Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota D.

ROTA D			
ORIGEM	DESTINO	DISTÂNCIA (KM)	TEMPO (MIN)
Patos	Aparecida	110,10	73
Aparecida	Sousa	17,85	19
Sousa	Marizópolis	18,62	26
Marizópolis	São Francisco	53,17	50
São Francisco	Santa Cruz	13,69	13
Santa Cruz	Patos	145,84	165
TOTAL		359,27	346

Fonte: Autoria Própria (2019)

O mesmo processo foi aplicado na rota E, que é composta por 5 pontos de paradas. A Figura 10 mostra o caminho a ser seguido para atender a todos os clientes que compõem a rota E.

Figura 10 - Itinerário da Rota E.



Fonte: Autoria Própria (2019)

A rota é definida de acordo com as distâncias entre os pontos de paradas, apresentado no Apêndice 5, obedecendo a seguinte ordem de visitas: A- Patos > 1- São João do Rio do Peixe > 2- Cajazeiras > 3- Uiraúna > 4- Santa Helena > 5- Triunfo > B- Patos. A Tabela 6 apresenta o itinerário correspondente ao trajeto realizado pela rota E.

Tabela 6 - Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota E.

ROTA E			
ORIGEM	DESTINO	DISTÂNCIA (KM)	TEMPO (MIN)
Patos	São João do Rio do Peixe	163,93	130
São João do Rio do Peixe	Cajazeiras	23,09	23
Cajazeiras	Uiraúna	47,05	42
Uiraúna	Santa Helena	48,60	85
Santa Helena	Triunfo	29,99	50
Triunfo	Patos	195,13	183
TOTAL		507,79	513

Fonte: Autoria Própria (2019)

A distância gasta para realizar todo o percurso da rota E é de 507,79 quilômetros, e o tempo percorrido é de 8 horas e 55 minutos, o tempo total da rota contando com descarregamento do veículo é de 12 horas e 07 minutos.

A rota F é formada a partir da junção de 4 rotas distintas presente no plano atual de roteirização da empresa. As rotas são apresentadas na seção 4.2 deste capítulo, no Quadro 2, nele é possível observar que as rotas F, J, L e M apresentam alguns pontos de destino em comum, como exemplo a cidade de João Pessoa nas 4 rotas, e as cidades de Santa Rita (rotas F e L) e Cabedelo (rotas F e M) aparecem em mais de uma rota. Diante deste cenário, fez-se necessário tornar-se uma única rota, já que possuíam pontos de entregas em comum. Logo, a nova rota F agrupa 13 pontos de destino.

Para definir uma melhor rota e uma ordem de atendimento aos clientes, foi analisado as distâncias entre os mesmos, segundo a matriz de relação de distância que pode ser encontrada no Apêndice 6, e assim seguindo a lógica do VMP determinou-se a Rota F.

Logo, o itinerário da rota é descrito do seguinte modo: A- Patos > 1- Sapé > 2- Cruz do Espírito Santo > 3- Santa Rita > 4- Bayeux > 5- João Pessoa > 6- Conde > 7- Cabedelo > 8- Lucena > 9- Rio Tinto > 10- Mamanguape > 11- Itapororoca > 12- Caaporã > 13- Pitimbu > B- Patos, vale salientar que todas as cidades pertencem ao Estado da Paraíba, ilustrado na Figura 11 a seguir:

Figura 11 - Itinerário da Rota F.



Fonte: Autoria Própria (2019)

O percurso dessa rota, contando com o retorno ao ponto de origem e que todos os pontos de entregas foram atendidos, é de aproximadamente 967,79 km e o tempo total é de 22 horas e 38 minutos. A Tabela 7 apresenta o itinerário correspondente ao trajeto realizado pela rota.

Tabela 7 - Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota F.

ROTA F			
ORIGEM	DESTINO	DISTÂNCIA (KM)	TEMPO (MIN)
Patos	Sapé	279,49	255
Sapé	Cruz do Espírito Santo	20,11	51
Cruz do Espírito Santo	Santa Rita	13,65	14
Santa Rita	Bayeux	10,34	13
Bayeux	João Pessoa	10,04	26
João Pessoa	Conde	23,28	69
Conde	Cabedelo	42,50	73
Cabedelo	Lucena	13,04	49
Lucena	Rio Tinto	33,55	68
Rio Tinto	Mamanguape	6,78	11
Mamanguape	Itapororoca	15,89	17
Itapororoca	Caaporã	112,74	97
Caaporã	Pitimbu	16,36	22
Pitimbu	Patos	370,02	367
TOTAL		967,79	1.112

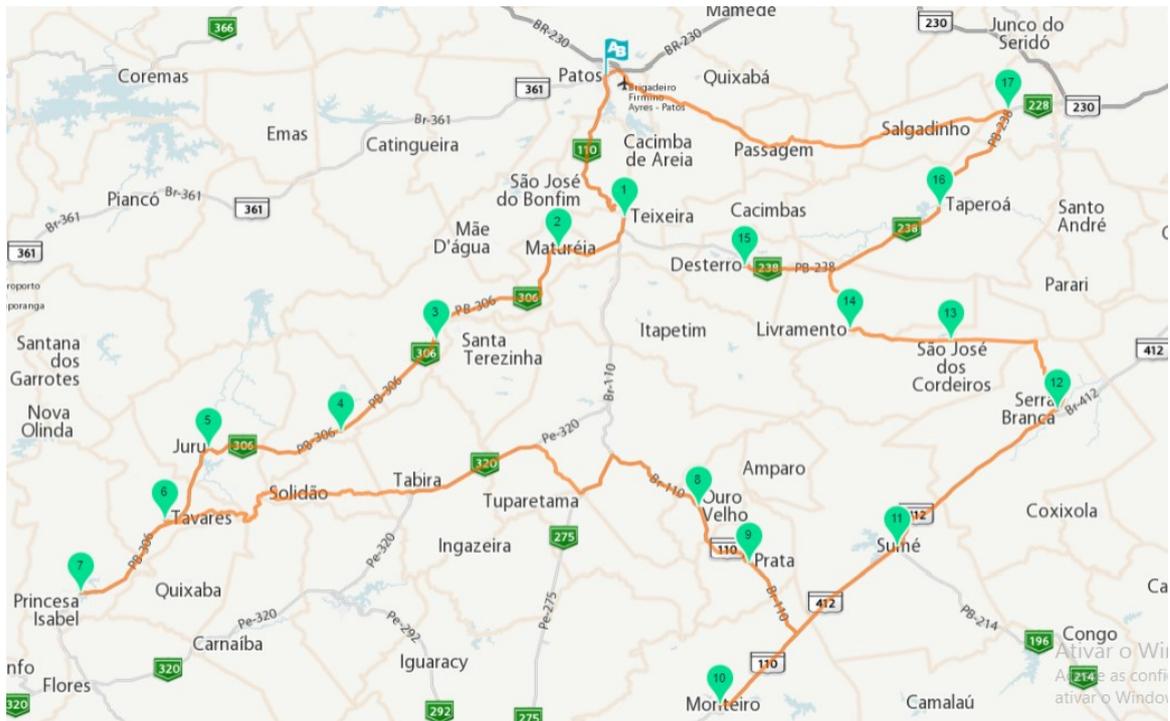
Fonte: Autoria Própria (2019)

Para a empresa, a rota F é um dos roteiros que apresenta maiores custos logísticos, devido ao grande número de pedidos e de clientes nessa região. Com isso, o volume de produtos fracionados, quanto a quantidade e peso, é bastante significativo, o que faz a carga ser dividida semanalmente.

Já a rota G é a que o maior número de cidades em seu itinerário, pois abrange 17 pontos de destino em seu trajeto. A trajetória é iniciada no ponto de distribuição, situado em Patos, e em seguida se desloca ao seu vizinho mais próximo e assim por diante. O percurso foi construído de acordo com a matriz de relação de distância entre os pontos de entregas, que se encontra no Apêndice 7.

Continuando com o processo de VMP, a rota é definida da seguinte forma: A -Patos > 1- Teixeira > 2- Maturéia > 3- Imaculada > 4- Água Branca > 5- Juru > 6- Tavares > 7- Princesa Isabel > 8- Ouro Velho > 9- Prata > 10- Monteiro > 11- Sumé > 12- Serra Branca > 13- São José dos Cordeiros > 14- Livramento > 15- Desterro > 16- Taperoá > 17- Assunção > B- Patos, conforme a Figura 12.

Figura 12 - Itinerário da Rota G.



Fonte: Autoria Própria (2019)

A Tabela 8 mostra as proximidades entre cada ponto de atendimento ao longo de todo o percurso da rota G. O total percorrido nesse trajeto é de 627,03 km e o tempo total é de 14 horas e 30 minutos.

Tabela 8 - Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota G.

ROTA G			
ORIGEM	DESTINO	DISTÂNCIA (KM)	TEMPO (MIN)
Patos	Teixeira	30,69	36
Teixeira	Maturéia	13,41	16
Maturéia	Imaculada	27,86	25
Imaculada	Água Branca	20,76	16
Água Branca	Juru	22,70	21
Juru	Tavares	15,14	17
Tavares	Princesa Isabel	19,47	18
Princesa Isabel	Ouro Velho	138,05	181
Ouro Velho	Prata	13,42	11
Prata	Monteiro	29,84	23
Monteiro	Sumé	41,71	32
Sumé	Serra Branca	38,27	26
Serra Branca	São José dos Cordeiros	26,62	31
São José dos Cordeiros	Livramento	17,57	31
Livramento	Desterro	23,87	41
Desterro	Taperoá	33,04	29
Taperoá	Assunção	20,44	17
Assunção	Patos	94,17	100
TOTAL		627,03	671

Fonte: Autoria Própria (2019)

A rota H é composta por apenas três de pontos de entrega, porém como toda rota apresentada no atual plano da empresa, utiliza a capacidade total do veículo, devido à grande demanda dos clientes. O proposto trajeto, segundo a matriz de relação de distância no Apêndice 8, a ser percorrido é descrito a seguir: A- Patos > 1- Cabaceiras > 2- Boqueirão > 3- Caturité > B- Patos, a rota proposta é ilustrada na Figura 13.

Figura 13 - Itinerário da Rota H.

Fonte: Autoria Própria (2019)

O total percorrido nesse trajeto é de 449,20 km e o tempo necessário para a realização do percurso é de 9 horas, considerando o tempo para descarregar a mercadoria do veículo. O tempo total da rota é de 12 horas e 12 minutos. A Tabela 9 apresenta as respectivas distâncias e o tempo percorrido entre cada cliente.

Tabela 9 - Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota H.

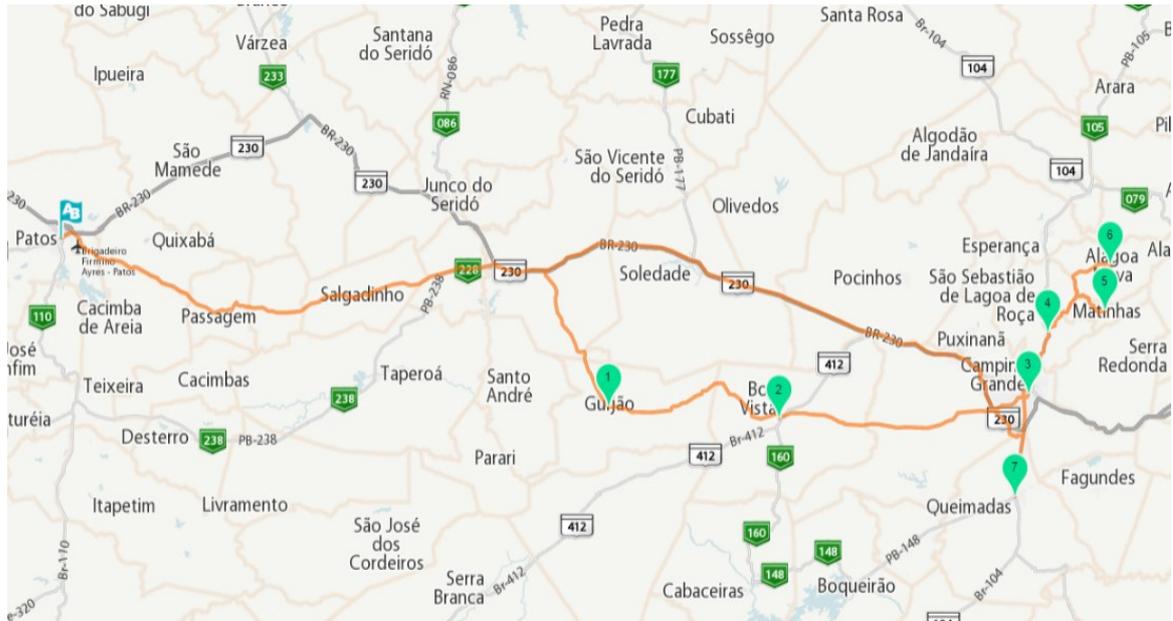
ROTA H			
ORIGEM	DESTINO	DISTÂNCIA (KM)	TEMPO (MIN)
Patos	Cabaceiras	201,17	273
Cabaceiras	Boqueirão	24,01	22
Boqueirão	Caturité	16,70	15
Caturité	Patos	207,32	230
TOTAL		449,20	540

Fonte: Autoria Própria (2019)

Na rota I, o trajeto é composto por sete pontos de entregas. A definição da rota deu-se a partir da identificação de distância entre os pontos de destino, mostrado na matriz no

Apêndice 9. O seu percurso tem início no ponto de distribuição e discorre por todos os pontos de atendimento, sendo definido da seguinte forma: A- Patos > 1- Gurjão > 2- Boa Vista > 3- Campina Grande > 4- Lagoa Seca > 5- Matinhas > 6- Alagoa Nova > 7- Queimadas > B- Patos. A Figura 14 mostra o caminho realizado pela rota I.

Figura 14 - Itinerário da Rota I.



Fonte: Autoria Própria (2019)

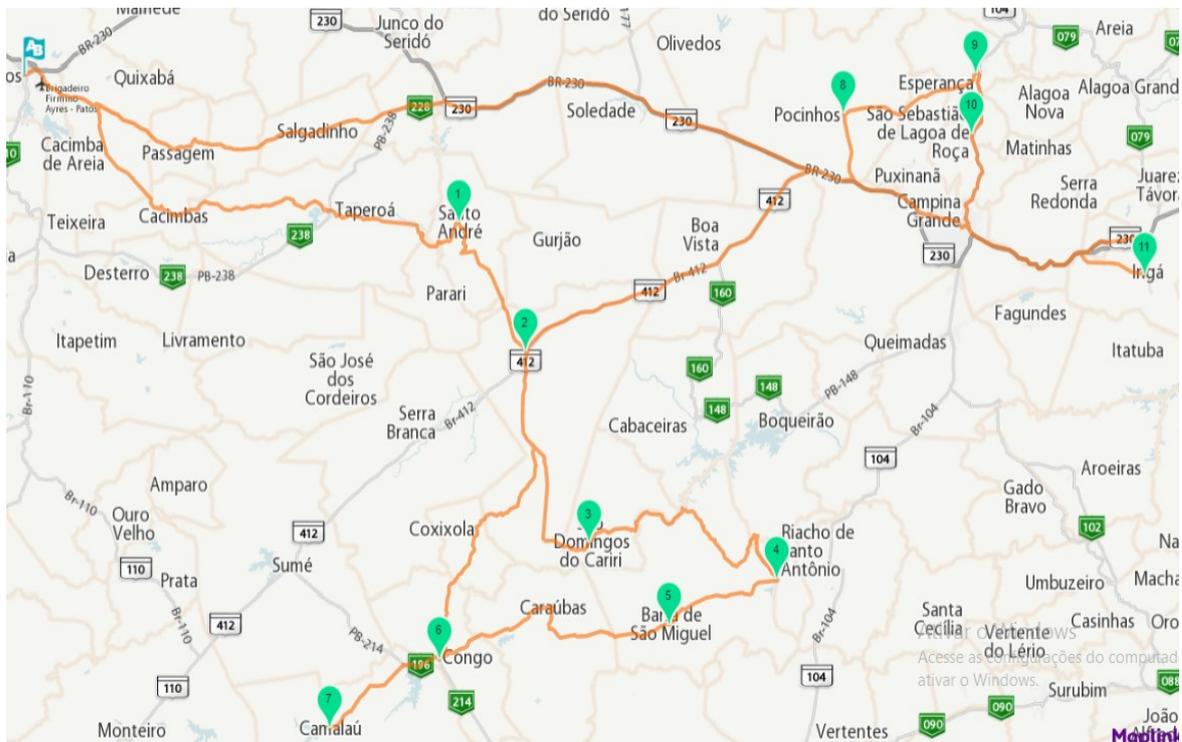
Nesta rota, a distância percorrida é de 473,85 km e o tempo gasto para realizar o percurso total da rota é de 14 horas e 12 minutos. As distâncias entre cada cidade e o tempo percorrido por toda a rota I estão descritos na Tabela 10.

Tabela 10 - Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota I.

ROTA I			
ORIGEM	DESTINO	DISTÂNCIA (KM)	TEMPO (MIN)
Patos	Gurjão	126,14	154
Gurjão	Boa Vista	33,04	65
Boa Vista	Campina Grande	48,79	77
Campina Grande	Lagoa Seca	9,24	22
Lagoa Seca	Matinhas	11,10	22
Matinhas	Alagoa Nova	9,04	45
Alagoa Nova	Queimadas	45,19	63
Queimadas	Patos	191,31	209
TOTAL		473,85	657

Fonte: Autoria Própria (2019)

A rota J agrupa 11 cidades em seu percurso de entregas, conforme ilustrado na Figura 15. Estabelecida as distâncias entre as cidades de atendimento, disponível no Apêndice 10, criou-se então a ordem de parada da mesma.

Figura 15 - Itinerário da Rota J.

Fonte: Autoria Própria (2019)

Para a elaboração da rota mostrada acima, o processo de roteirização apresenta o devido sequenciamento de pontos de atendimentos: A- Patos > 1- Santo André > 2- São João do Cariri > 3- São Domingos do Cariri > 4- Riacho de Santo Antônio > 5- Barra de São Miguel > 6- Congo > 7- Camalaú > 8- Pocinhos > 9- Esperança > 10- São Sebastião de Lagoa de Roça > 11- Ingá > B- Patos.

O trajeto percorrido apresenta um total de 814,88 km e o tempo necessário para completar as entregas desta rota é de 29 horas e 30 minutos. Os dados estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota J.

ROTA J			
ORIGEM	DESTINO	DISTÂNCIA (KM)	TEMPO (MIN)
Patos	Santo André	134,43	305
Santo André	São João do Cariri	33,71	88
São João do Cariri	São Domingos do Cariri	38,84	99
São Domingos do Cariri	Riacho de Santo Antônio	38,04	198
Riacho de Santo Antônio	Barra de São Miguel	20,89	21
Barra de São Miguel	Congo	46,24	151
Congo	Camalaú	22,85	47
Camalaú	Pocinhos	165,25	310
Pocinhos	Esperança	26,45	21
Esperança	São Sebastião de Lagoa de Roça	10,62	13
São Sebastião de Lagoa de Roça	Ingá	54,08	80
Ingá	Patos	223,48	238
TOTAL		814,88	1.571

Fonte: Autoria Própria (2019)

Quanto à rota K, o seu percurso envolve 10 pontos de paradas. Para a definição de ordem de entrega da rota, foi construída a matriz de relação de distância entre as cidades, disponível no Apêndice 11, e o sequenciamento estabelecido para a mesma deve ser seguido da seguinte forma: A- Patos > 1- Solânea > 2- Borborema > 3- Caiçara > 4- Logradouro > 5- Duas Estradas > 6- Lagoa de Dentro > 7- Pedro Régis > 8- Jacaraú > 9- Sertãozinho > 10- Araruna > B- Patos, conforme apresentado na Figura 16.

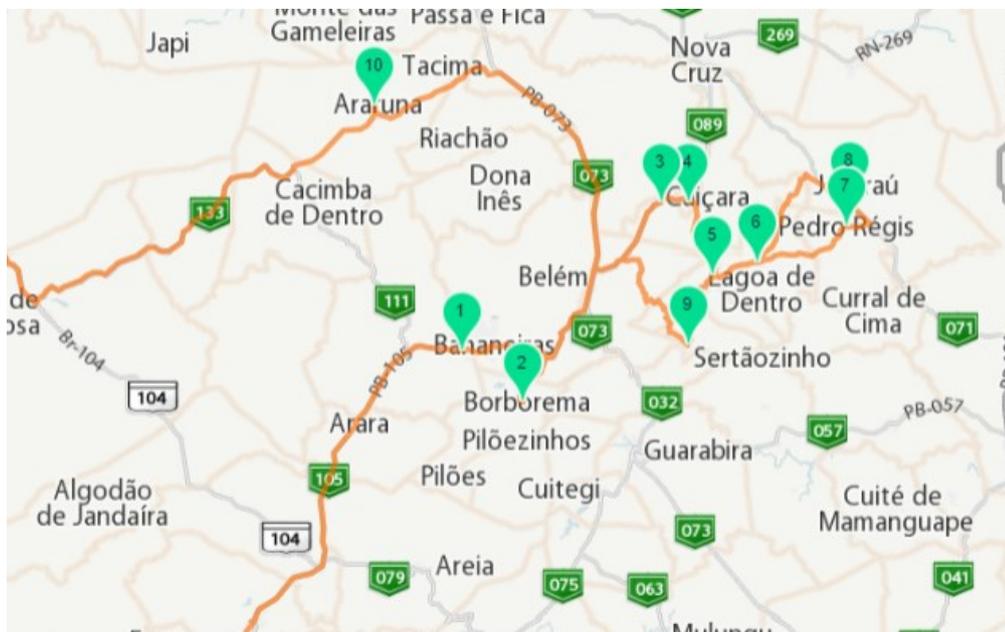
Figura 16 - Itinerário da Rota K.



Fonte: Autoria Própria (2019)

É possível observar, na Figura acima, que os pontos de distribuição de entregas na rota estão bem próximos, para melhor visualização e identificação das cidades, a Figura 17 a seguir ilustra o percurso desses pontos.

Figura 17 - Aproximação dos pontos de entregas da Rota K.



Fonte: Autoria Própria (2019)

A distância total percorrida na rota K é de 700,08 quilômetros e o tempo gasto no percurso é de 12 horas e 32 minutos, adicionando-se o tempo de descarregamento dos

produtos, o tempo total da rota é de 15 horas e 44 minutos. Os dados estão apresentados na Tabela 12.

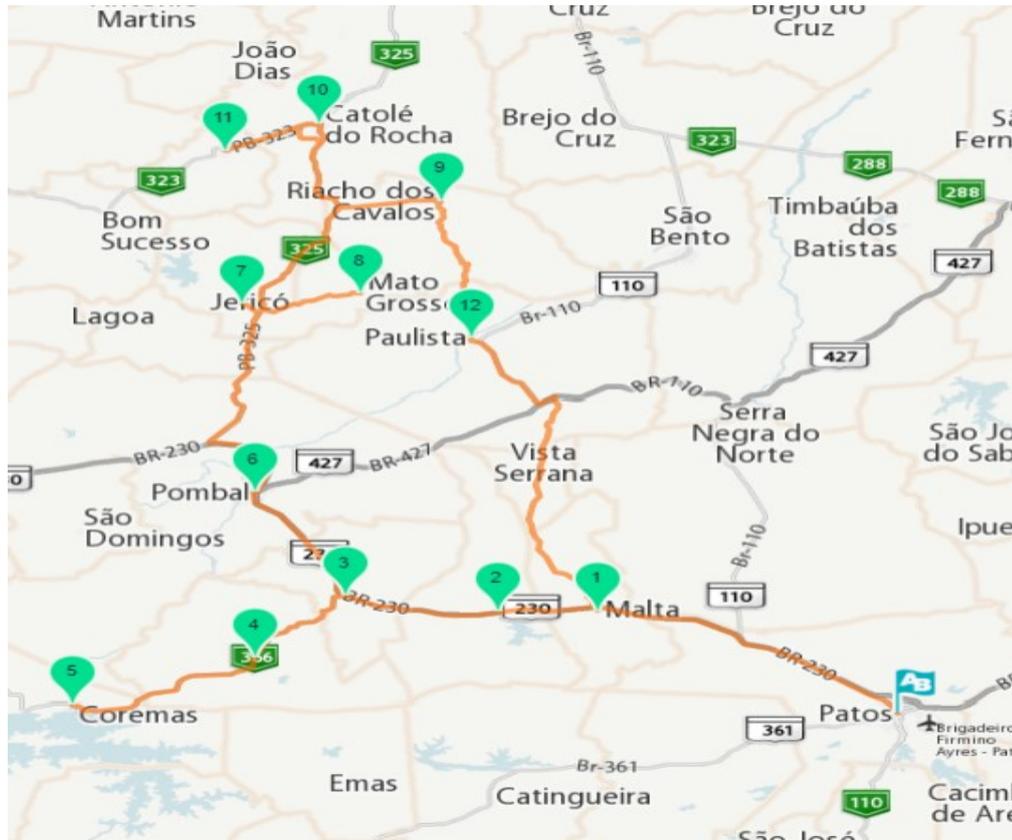
Tabela 12 - Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota K.

ROTA K			
ORIGEM	DESTINO	DISTÂNCIA (KM)	TEMPO (MIN)
Patos	Solânea	235,42	262
Solânea	Borborema	17,08	19
Borborema	Caiçara	29,52	30
Caiçara	Logradouro	3,18	4
Logradouro	Duas Estradas	10,82	20
Duas Estradas	Lagoa de Dentro	5,32	10
Lagoa de Dentro	Pedro Régis	12,40	15
Pedro Régis	Jacaraú	3,90	6
Jacaraú	Sertãozinho	27,40	77
Sertãozinho	Araruna	61,67	79
Araruna	Patos	293,37	217
TOTAL		700,08	739

Fonte: Autoria Própria (2019)

E por fim, a definição da rota L, que engloba 12 pontos de entregas em seu percurso. A proximidade entre cada cidade é mostrada na matriz disponível no Apêndice 12. A mesma foi utilizada como base para estabelecer a ordem de atendimento, em relação ao vizinho mais próximo com menor distância. Desta forma, o percurso é determinado a seguir: A- Patos > 1- Malta > 2- Condado > 3- São Bentinho > 4- Cajazeirinhas > 5- Coremas > 6- Pombal > 7- Jericó > 8- Mato Grosso > 9- Riacho dos Cavalos > 10- Catolé do Rocha > 11- Brejo dos Santos > 12- Paulista > B- Patos, conforme mostra a Figura 18.

Figura 18 - Itinerário da Rota L.



Fonte: Autoria Própria (2019)

A distância total percorrida pela a rota é de 414,39 km. Vale ressaltar que esta quilometragem é referente a todo percurso realizado. O tempo gasto para realizar o percurso é de 7 horas, e o tempo total considerando o tempo de descarregamento dos produtos é de 10 horas e 12 minutos. Os dados são mostrados na Tabela 13.

Tabela 13 - Roteiro de proximidade entre as cidades da Rota L.

ROTA L			
ORIGEM	DESTINO	DISTÂNCIA (KM)	TEMPO
Patos	Malta	31,55	24
Malta	Condado	8,65	7
Condado	São Bentinho	15,33	15
São Bentinho	Cajazeirinhas	13,89	11
Cajazeirinhas	Coremas	20,83	28
Coremas	Pombal	49,73	46
Pombal	Jericó	31,69	29
Jericó	Mato Grosso	12,40	25
Mato Grosso	Riacho dos Cavalos	34,73	42
Riacho dos Cavalos	Catolé do Rocha	21,92	23
Catolé do Rocha	Brejo dos Santos	10,05	12
Brejo dos Santos	Paulista	82,01	82
Paulista	Patos	81,61	65
TOTAL		414,39	409

Fonte: Autoria Própria (2019)

Após a aplicação da heurística do vizinho mais próximo para as definições de rotas que constituem o atual processo de roteirização da empresa em estudo, a próxima etapa consiste em apresentar os resultados obtidos pela implementação do modelo em um novo plano de rotas estruturado de acordo com a quilometragem, custos logísticos, tempo de percurso e dias necessários para a realização das rotas.

6.6 PLANO DE ROTEIRIZAÇÃO PROPOSTO

Após o sequenciamento de rotas, já apresentado na seção 4.4.1, realizou-se uma análise da distância percorrida e do tempo de percurso de cada rota para propor um plano de rotas estruturado e adequado para a empresa, de modo que todos os pontos possam ser atendidos. A partir de tais dados foi possível determinar o período de dias necessários para a realização de cada percurso, nesse sentido, considerou-se o tempo máximo de jornada de trabalho dos motoristas, que não deve exceder às 10 horas diárias. Embora a empresa permita este ocorrido, o modelo busca responder a esta restrição, de modo que evite gastos para a empresa referente ao pagamento de horas adicionais de jornada dos motoristas. E também, respeitando a janela de atendimento de cada cliente.

Cada veículo possui um limite máximo de 10 horas em viagem desde o momento em que sai até o momento em que retorna à indústria. Dessas 10 horas, considera-se 8 horas de viagem e 2 horas de parada para almoço do motorista. Portanto, para efeito de cálculo quanto aos dias necessários para a realização de entregas das rotas, será considerada às 8 horas de viagem. Assim, a Tabela 14 apresenta os respectivos dados referentes ao processo de roteirização.

Tabela 14 - Planejamento de Rotas.

ROTAS PROGRAMADAS			
ROTAS	DISTÂNCIA	TEMPO	DIAS
A	456,84 km	10h 46m	2
B	206,60 km	6h 43m	1
C	397,09 km	10h 20m	2
D	359,27 km	9h 02m	2
E	507,79 km	12h 07m	2
F	967,79 km	22h 38m	3
G	627,03 km	14h 30m	2
H	449,20 km	12h 12m	2
I	473,85 km	14h 12m	2
J	814,88 km	29h 30m	4
K	700,08 km	15h 44m	2
L	414,39 km	10h 12m	2

Fonte: Aatoria Própria (2019)

Com base, nos dados apresentados acima, foi possível definir os cenários de cada veículo para o atendimento de cada rota. Para a empresa analisada informou-se que a mesma dispõe de 5 veículos para atender seus clientes.

Ressalta-se que a empresa possui rotas fixas e suas entregas são de acordo com a região. Portanto, uma maneira de estruturar a logística de distribuição é fazendo um planejamento fixo de entregas para cada transporte. Dessa forma, não é necessário planejar as entregas sempre que houver pedidos disponíveis para a entrega: basta alocá-los à rota definida e acionar o veículo. Assim sendo, para a programação de roteiros dos mesmos, foi considerado o período de 30 dias, elaborou-se uma estratégia de sequência baseada no período em que ocorre a entrega de mercadorias por rota, conforme já mostrado na Tabela 1 da seção 4.3, de modo que cada veículo esteja alocado as rotas durante todo o mês.

Visando balancear a distribuição dos produtos comerciais a todos os pontos de entregas que compõe as rotas elaboradas, e sabendo que todas as rotas transportam grandes quantidades de produtos fracionados, fez-se cabível designá-las com um intervalo de 1 dia, para o completo preparo e carregamento de carga do caminhão ao retornar a empresa. Logo, as rotas foram designadas as respectivas semanas. A Tabela 15 apresenta os cenários roteirizados dos respectivos transportes.

Tabela 15 - Roteiro dos Veículos.

	SEQUÊNCIA DE ROTAS				DISTÂNCIA PERCORRIDA DO VEÍCULO (km)
	SEMANAS				
	1º	2º	3º	4º	
Veículo 1	A – G	D – E	A – G	D – E	3901,86
Veículo 2	F	F – B	F – H	F – B	4733,56
Veículo 3	C – L	J	C – L	K – I	3611,77

Fonte: Autoria Própria (2019)

Nota-se que para atender toda a demanda da rota F, a mesma deve ser visita 4 vezes ao mês, devido às suas restrições, pois apresenta grande quantidade de pedido, além do número de dias necessários para a realização de entregas. Logo, a rota deve ser realizada semanalmente.

Para a análise dos custos do plano proposto, serão avaliados os gastos com combustível para cada percurso proposto às rotas, conforme mostrado no Quadro 4.

Quadro 4 - Avaliação dos custos de combustível das rotas propostas.

Rotas	Distância Percorrida	Consumo (litros)	Custo total
A	456,84 km	182,74	687,10
B	206,60 km	82,64	310,73
C	397,09 km	158,84	597,24
D	359,27 km	143,71	540,35
E	507,79 km	203,12	763,73
F	967,79 km	387,12	1.455,57
G	627,03 km	250,81	943,04
H	449,20 km	179,68	675,60
I	473,85 km	189,54	712,67
J	814,88 km	325,95	1.225,57
K	700,08 km	280,03	1.052,91
L	414,39 km	165,76	623,26

Fonte: Autoria Própria (2019)

6.6.1 Avaliação do plano

A partir da elaboração do plano de distribuição proposto às rotas estudadas, ocorreu uma redução do número de veículos de cinco para três. Com isso, essa redução acarreta na diminuição de custos com os motoristas, manutenção de veículos, depreciação, pneus, seguro dos veículos, IPVA e entre outros custos com transportes, entretanto, os mesmos não foram avaliados detalhadamente no presente estudo de caso, ademais possibilitando também que esses veículos possam ser usados em outras situações. Além disso, foi realizada uma avaliação dos custos de combustível considerando a quilometragem rodada, pois a partir dessa avaliação é possível ter uma estruturação dos custos com combustível da organização, a fim de planejamento para a empresa.

Em relação ao roteiro apresentado, mensalmente, são realizadas 22 viagens, de segunda a sexta. Logo, o roteiro proposto para os pontos de entregas, permite aproveitar melhor os veículos disponíveis, o que, além de melhorar o nível de serviço do transporte, auxilia na redução dos custos desse processo. O Quadro 5 apresenta o deslocamento e a quantidade transportada mensalmente por cada veículo.

Quadro 5 - Demonstrativo de Quilometragem e Capacidade Mensal.

ITEM	VEÍCULO 1	VEÍCULO 2	VEÍCULO 3
Número de viagens (mês)	8	7	7
Distância total mensal (km)	3901,86	4733,56	3611,77
Quantidade transportada/ viagem (kg)	20.000	20.000	20.000
Quantidade transportada/ mês	160.000	140.000	140.000

Fonte: Autoria Própria (2019)

Para a construção de custos com o transporte, têm-se a unidade de tempo “mês” e a unidade de volume de atividade “quilometragem percorrida mensalmente” como critério de mensuração dos custos/despesas. Nesse contexto, serão apresentados neste estudo apenas os gastos com combustível e custos/despesas com os motoristas, aplicado ao modelo mostrado anteriormente.

Neste modelo, utiliza-se o conceito de custo por quilometro rodado como parâmetro para mensuração dos custos. Desta forma, para se obter o custo por quilômetro rodado, basta dividir o custo total mensal encontrado pela quilometragem mensal total, dada na Tabela 15. Em relação ao combustível utilizado para o abastecimento dos caminhões, o mesmo faz uso de óleo diesel e tem capacidade para 300 litros de combustível, e para diária do motorista é pago o valor de 45 reais. Os dados são expostos nos Quadros 6 e 7 a seguir:

Quadro 6 - Demonstrativo dos custos com diárias do motorista.

Diárias do motorista	Veículo 1	Veículo 2	Veículo 3
Valor por viagem	R\$ 45,00	R\$ 45,00	R\$ 45,00
Custo Total Mensal (Valor pago)	R\$ 720,00	R\$ 900,00	RS 900,00
Custo por KM	R\$ 0,1845	R\$ 0,1901	R\$ 0,2492

Fonte: Autoria Própria (2019)

Para se encontrar o custo total mensal é necessário multiplicar-se o custo por quilômetro pela quilometragem total percorrida no mês.

Quadro 7 - Demonstrativo dos custos com combustível.

Combustível	Veículo 1	Veículo 2	Veículo 3
Consumo (km/l)	2,5	2,5	2,5
Consumo total diesel (litros)	1.560,74	1.893,42	1.444,71
Custo litro de diesel	R\$ 3,76	R\$ 3,76	R\$ 3,76
Custo total mensal	R\$ 5.868,38	R\$ 7.119,26	R\$ 5.432,11
Custo por KM	R\$ 1,50	R\$ 1,50	R\$ 1,50

Fonte: Autoria Própria (2019)

Considerando-se que o caminhão Truck tem um consumo médio de 2,5 km por litro de combustível, o preço aproximado médio do litro de diesel é R\$ 3,76. Os custos de transporte no mês (consumo de combustível por quilômetro rodado) são estimados em: R\$ 5.868,38, R\$ 7.119,26 e R\$ 5.432,11, o que representa uma média anual de combustível gasto mensal de R\$ 18.419,75.

Quanto aos gastos com motoristas, para às rotas, se tinham cinco motoristas, apresentando um custo baseado no salário pago pela empresa, considerando todos os encargos, de R\$ 9.000,00, mas, com a redução de veículo só serão necessários três caminhões para realizar a distribuição das mesmas rotas, e conseqüentemente, só é preciso pagar três motoristas, tendo um custo total de R\$ 5.400,00, acarretando uma diferença econômica de R\$ 3.600,00.

Com relação às despesas dos mesmos, o valor pago da diária é baseado nos dias necessários para percorrer todo o trajeto, já que as rotas apresentam sentidos diferentes, e conseqüentemente, dias diferentes para realizá-las. Portanto, a base de cálculo considerou a seqüência de rotas alocadas aos três veículos e seus respectivos dias, estimando-se os custos em: R\$720,00, R\$ 900,00 e R\$ 900,00, com uma média anual de R\$ 2.520,00 ao mês, Logo, o custo total mensal do processo referente ao gasto de combustível e motorista é R\$ 26.319,75 mensalmente e o custo anual é de R\$ 315.837,00.

Neste contexto, o plano proposto tem como finalidade estruturar o processo de distribuição, reduzir o número de veículos transportadores, bem como estruturar a análise econômica do problema através da definição das rotas por determinação de quilômetros e seus respectivos custos ao percorrer cada trajeto elaborado, minimizando assim, os custos com os mesmos. Portanto, o plano de roteirização irá beneficiar a empresa quanto à eficiência das rotas, e seu controle econômico de forma a maximizar seus lucros.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No âmbito empresarial a logística é a atividade essencial para maximizar a eficiência das atividades de distribuição de produtos. O seu estudo permite aumentar o nível de qualidade dos serviços prestados, a diminuição do número de transportes, assim como reduzir os custos no processo de entrega de mercadorias.

Inserido nesse contexto, o presente estudo de caso teve como finalidade elaborar um plano de rotas determinando a sequência de distribuição de produtos e, analisar os custos com o processo de roteirização das rotas realizadas pela empresa estudada. Diante das informações obtidas, pode-se constatar que o processo empírico adotado pela empresa não possui nenhum método estruturado para as rotas executadas, tornando esse sistema encarecido devido à falta de controle das rotas feitas com veículos em excesso, onde este pode ser reduzido fazendo com que os custos de transportes fossem minimizados, tal como gastos com combustíveis, motoristas, depreciação, manutenção entre outros.

Para resolução do problema, adotou-se a aplicação do método heurístico que busca identificar o ponto de destino mais próximo para melhoria das rotas. Com a aplicação da heurística do Vizinho mais Próximo as rotas foram definidas a partir das distâncias estabelecidas com o software *Rota Fácil*. O método identificou os pontos de origem e agrupamentos entre os pontos mais próximos das rotas e, a partir de então estabeleceu a quilometragem percorrida por cada veículo.

Durante a aplicação do VMP observou-se que 4 rotas (F, J, L e M), conforme exposto no Quadro 2 da seção 4.3, apresentaram pontos de entrega em comum, logo o método permitiu a diminuição das rotas, passando de 15 para 12. Com a determinação das demais rotas foi possível definir a sequência de cada rota alocada aos veículos transportadores, a análise do tempo total de percurso da rota, a fim de programar os dias necessários para o trajeto com base na jornada dos motoristas e, assim avaliar os custos com combustíveis e motoristas, apresentando o valor estimado ao custo total mensal de R\$ 26.319,75 com o processo roteirizado.

Com base no modelo elaborado ao plano de roteirização de veículos da empresa, o custo anual de combustíveis dos caminhões para realizar o percurso seria de R\$ RS 315.837,00. Quanto ao custo com motoristas, o valor gasto reduziria de R\$ 9.000,00 para R\$ 5.400,00, tendo uma economia monetária anual de R\$ 43.200,00. Em termos percentuais esse valor representa 40% nos custos logísticos.

Tendo em vista a implementação do plano proposto a empresa terá uma análise econômica dos processos de realização de rotas, a redução de quilômetros entre os pontos de atendimento, além da redução de dias necessário para percorrer todo o trajeto da rota, cujo qual foi relatado pela empresa que algumas rotas eram feitas em um período de 4 dias. Pode-se concluir que o modelo aqui proposto para o processo de distribuição resultou economicamente vantajoso, pois o número de veículo utilizado nesse processo foi reduzido, e conseqüentemente, os custos com transportes para a empresa foi minimizado.

7.1 TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, recomenda-se a utilização de métodos aproximados para resolução do problema, onde se possa considerar todas as rotas que a empresa atende. Ou ainda, sugestões de rotas alternativas sequenciadas a partir de outros algoritmos heurísticos e resoluções computacionais. Também, procurar entender melhor, com a empresa, algumas outras restrições adicionais que a empresa considera ao realizar a roteirização, e propor a otimização das rotas apresentadas.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, A.C.; NOVAES, A.G. **Logística Aplicada - Suprimento e Distribuição Física**. 2 ed. São Paulo: Pioneira, 1994.
- AMARAL, Daniel Barzan de Matos et al. **Aplicação do método de varredura na roteirização de frota em uma empresa de transporte e distribuição de cargas fracionadas**. *Exacta*, [s.l.], v. 14, n. 1, p.1-9, 6 mar. 2016. University Nove de Julho. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5585/exactaep.v14n1.6074>. Acesso em: 07 Out. 2019.
- ARAÚJO, R. R. de. **Uma abordagem de resolução integrada para os problemas de roteirização e carregamento de veículos**. 2010. 173 p. Tese de Doutorado (Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- ARENALES, M. et al. **Pesquisa Operacional**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 723 p.
- ARNOLD, J. R. Tony. **Administração de materiais**. São Paulo: Atlas, 2006.
- BALLOU, Ronald H. **Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas, 1993.
- BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/ Logística empresarial**. / Ronald H. Ballou ; tradução Raul Rubenich. -. 5. ed. - Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BALLOU, Ronald H. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física** / Ronald H. Ballou; tradução Hugo T.Y. Yoshizaki – 1.ed. – 28. Reimpr. – São Paulo : Atlas, 2013.
- BASSI, S. **Pesquisa operacional aplicada à área de logística de transportes rodoviários em projetos de grande porte**. 2009. 213 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- BASTOS, I. D. **Avaliação do Desempenho Logístico do Serviço de Transporte Rodoviário de Cargas – um Estudo de Caso no setor de revestimentos cerâmicos**. 2003. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis. 168p.
- BERTAGLIA, Paulo Roberto. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.
- BELFIORE, P.; COSTA, O.; FAVERO, L. P. **Problema de Estoque e Roteirização: revisão bibliográfica**. *Produção*, v.16, n.3, 2006, pp. 442-454.
- BELLMORE, M.; NEMHAUSER, G. L. **The traveling salesman problem: a survey**. *Operations Research*, v. 16, n. 3, p. 538-558, 1968.
- BOSE, R. C. A. **Modelos de Roteirização e Programação de entregas em redes de transportes**. 1990. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Transportes, São Paulo. 171p.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. - Brazilian logistics: a time for transition. *Gestão e produção*, v. 4, n. 2, p. 130-139, 1997.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **Logística Empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. Tradução da Equipe do Centro de Estudos em Logística, Adalberto Ferreira das Neves; Coordenação da revisão técnica Paulo Fernando Fleury, César Lavalle. São Paulo: Atlas, 2001.

CARVALHO, Maria Carolina Bezerra de. **UTILIZAÇÃO DE PADRÕES NA LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO: proposta de melhoria do nível de serviço logístico da São Braz**. 2009. 67p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica). UFPB, João Pessoa – PB.

CHRISTOPHER, Martin. **Logística e gerenciamento na cadeia de suprimentos**/Martin Christopher; tradução Ez2 Translate; revisão técnica James Richard Hunter. – São Paulo: Cengage Learning, 2011.

CHRISTOPHER, Martin. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: criando redes que agregam valor**. 2. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

CUNHA, C. B. **Uma contribuição para o problema de roteirização de veículos com restrições operacionais**. 1997. 222 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

CUNHA, C. B. **Aspectos Práticos da Aplicação de Modelos de Roteirização de Veículos a Problemas Reais**. *Transportes*, v.8, n.2, p.51-74, 2000.

DORNIER, Philippe-Pierre. **Logística e Operações Globais: Texto e Casos**. 2000; 6. reimpr. 2007. São Paulo: Atlas, 2007.

FARIAS, Ana Cristina. **CUSTOS LOGÍSTICOS: Uma abordagem na adequação das informações de Controladoria à gestão da Logística Empresarial**. Tese (Doutorado em Controladoria e Contabilidade) - FEA-USP, São Paulo, 2003.

FIGUEIREDO, A. S.; DINIZ, J. S.; PORTO, L. A.; COSTA, I. L. **Diagnóstico para sustentação da escolha de modelo de roteirização em organização de base econômica familiar**. *Rev Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 3, n. 3, p. 3-19, set-dez/2007.

FLEURY, P. F. **Supply chain management: conceitos, oportunidades e desafios da implementação**. *Revista Tecnológica*, ano 4, n.3, p.25-32, Fev. 1999.

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

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GALVÃO, L. C. **Dimensionamento de Sistemas de Distribuição através do Diagrama Multiplicativo de Voronoi com Pesos**. 2003. Tese (Doutorado) – Programa de PósGraduação em Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC, Florianópolis. 175p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007

- GOMES, Diego Magalhães. **Logística de Distribuição, Reversa e Sustentabilidade Ambiental na AmBev**. João Pessoa, 2009. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Departamento de Engenharia de Produção. UFPB, 2009.
- JÚNIOR, E. F. F.; OLIVEIRA, H. C. B. de. Adaptação da meta- heurística Grasp na resolução do problema de roteamento de veículos com janela de tempo. **PODes: Revista Eletrônica Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, v.4, n.3, p. 271-287, set-dez. 2012.
- LAPORTE, G. **The vehicle routing problem: an overview of exact and approximate algorithms**. European Journal of Operational Research, v. 59, n. 3, p.345-358. 1992.
- LEAL JUNIOR, Ilton Curty et al. **Estudo para Implementação de um Sistema de Roteirização e um Novo Centro de Distribuição para uma Empresa de Água Mineral do Sul de Minas Gerais**. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 24., 2012, Resende. Anais... . Resende: Aedb, 2012. p. 1 - 13. Disponível em: <http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/35416327.pdf>. Acesso em: 28 Out. 2019.
- MATOS JUNIOR, Carlos Alberto de; NUNES, Rosângela Venâncio; ASSIS, Charles Washington Costa de. **O papel da roteirização na redução de custos logísticos e melhoria do nível de serviço em uma empresa do segmento alimentício no Ceará**. Xx Congresso Brasileiro de Custos. Uberlândia, p. 1-16. 18 nov. 2013.
- MIURA, M.; CUNHA, C. B. de. Modelagem heurística no problema de distribuição de cargas fracionadas de cimento. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DO TRANSPORTE. **Transporte em transformação XII: Vencedores do prêmio CNT de Produção Acadêmica 2007**. Brasília: Positiva, 2008. P. 63-82.
- NARUO, M. K. **O Estudo do consórcio entre municípios de pequeno porte para disposição final de Resíduos Sólidos Urbanos, utilizando Sistemas de Informação Geográficas**. 2003. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos. 283p.
- NOVAES, Antônio Galvão. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.
- NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição**. Rio de Janeiro, Elsevier: Editora Campus, 2004.
- NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- OSMAN, I. H.; LAPORTE, G. Metaheuristics: A bibliography. **Annals of Operations Research**, v. 63, p. 511-623, 1996.
- PADULA, R. **Transportes: Fundamentos e propostas para o Brasil**. 1. ed. Brasília: Confea, 2008.
- PANTUZA, William Barbosa. **Modelo logístico integrado de atendimento a clientes: um estudo da Companhia Siderúrgico Belgo Mineira**. Florianópolis, 2003.
- POZO, Hamilton. **Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais: uma abordagem logística**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

POZO, H. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: um enfoque para os cursos superiores de tecnologia.** São Paulo: Atlas, 2015.

PRODANOV, Cleber Cristiano. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico / Cleber Cristiano Prodanov, Ernani Cesar de Freitas.** – 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RODRIGUES, P. R. A. **Introdução aos Sistemas de Transporte no Brasil e à Logística Internacional.** 3. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2005. Acesso em: 12/Nov/2019.

SALAS, Y.; LEDÓN, R.; OSÉS, C.; MACHAD, N. **Asistencia decisional en el proceso de optimización para el enrutamiento de vehículos.** Ingeniería industrial, v. 31, n. 1, La Habana – Cuba, 2010.

SANTOS, Fernando Viana dos. **A utilização da pesquisa operacional como ferramenta para redução de custos na logística de distribuição: problema de roteamento de veículos capacitados (PRVC).** 2014. 127 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Engenharia de Produção) - Centro Universitário de Formiga – UNIFOR – MG. 2014.

SEMEDO, A. S. S. **Caixeiro Viajante com Janelas Temporais: Aplicação ao caso da ReFood.** 2015. 86 f. Dissertação (Mestrado em Matemática Aplicada à Economia e Gestão)- Universidade de Lisboa, Lisboa. Disponível em: <http://repositorio.ul.pt/handle/10451/22301>. Acesso em: 13 setembro. 2019.

SEVERO FILHO, João - **Administração de logística integrada: materiais, PCP e marketing.** Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais Ltda., 2006.

SILVA, Vinicius da. **Logística e Transporte na Indústria Brasileira de Laticínios: Estudo de Casos.** 2003.

SILVA, Bruno de Castro Honorato. **Otimização de rotas utilizando abordagens heurísticas em um ambiente Georeferenciado.** 2013. 105 f. Dissertação (Mestrado)-Curso de Ciência da Computação Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2013.

SILVA JUNIOR, Samuel Gomes da; OLIVEIRA, Jailson Ribeiro de; CAVALCANTI, Moises Rodrigues. **Análise das potencialidades logísticas do estado da Paraíba com base nos eixos integrados de desenvolvimento.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36. 2016, João Pessoa.

STERN, L. W.; EL-ANSARY A. I. COUGHLAN, A. T. **Marketing channels.** 5 ed. Englewood Cliffs: Prentice – Hall, 1996.

TEIXEIRA, Levi Lopes. **Roteiro de Estudos de Pesquisa Operacional.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação.** 17 ed. São Paulo: Cortez, 2009.

VIEIRA, A. B. **Roteirização de ônibus urbano: escolha de um método para as grandes cidades brasileiras.** 1999. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos. 148p.

VIEIRA, H. P. **Metaheurística para a solução de problemas de roteamento de veículos com janela de tempo.** Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, 2013.

APÊNDICE

Matriz de relação de distância entre as cidades

APÊNDICE 1 - MATRIZ DE RELAÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE TODOS OS PONTOS DA ROTA A

	Patos	Aguiar	Boa Ventura	Conceição	Diamante	Emas	Ibiara	Igaracy	Itaporanga	Nova Olinda	Olho d'Água	Piancó	Santana dos Garrotes	DE - PARA
Patos		118,40 KM	128,69 KM	168,45 KM	135,32 KM	60,49 KM	154,30 KM	110,66 KM	111,48 KM	118,62 KM	64,23 KM	81,94 KM	104,83 KM	Patos - Emas
Aguiar	118,40 KM		63,08 KM	102,85 KM	69,71 KM	74,18 KM	88,70 KM	14,64 KM	45,90 KM	72,30 KM	58,79 KM	36,46 KM	58,50 KM	Aguiar - Patos
Boa Ventura	128,79 KM	63,08 KM		39,77 KM	6,63 KM	84,57 KM	25,62 KM	55,73 KM	17,58 KM	41,34 KM	69,18 KM	46,85 KM	68,89 KM	Boa Ventura - Diamante
Conceição	168,70 KM	102,99 KM	39,91 KM		33,28 KM	124,48 KM	14,39 KM	95,41 KM	57,49 KM	81,25 KM	109,09 KM	86,76 KM	108,80 KM	Conceição - Igaracy
Diamante	135,42 KM	69,71 KM	6,63 KM	33,14 KM		91,20 KM	19,05 KM	62,13 KM	24,21 KM	47,97 KM	75,81 KM	53,48 KM	75,52 KM	Diamante - Ibiara
Emas	60,41 KM	73,83 KM	84,27 KM	124,04 KM	90,90 KM		109,95 KM	66,25 KM	67,07 KM	74,21 KM	19,33 KM	37,53 KM	60,41 KM	Emas - Olho d'Água
Ibiara	154,41 KM	88,70 KM	25,62 KM	14,22 KM	18,99 KM	110,18 KM		81,11 KM	43,19 KM	66,95 KM	94,80 KM	72,46 KM	94,51 KM	Ibiara - Conceição
Igaracy	110,75 KM	14,67 KM	55,43 KM	95,20 KM	62,02 KM	66,53 KM	81,05 KM		38,22 KM	64,65 KM	51,14 KM	28,81 KM	50,85 KM	Igaracy - Aguiar
Itaporanga	111,58 KM	45,88 KM	17,58 KM	57,34 KM	24,21 KM	67,36 KM	43,19 KM	38,29 KM		31,53 KM	51,98 KM	29,64 KM	51,69 KM	Itaporanga - Boa Ventura
Nova Olinda	118,80 KM	72,32 KM	41,36 KM	81,13 KM	47,99 KM	74,57 KM	66,98 KM	64,74 KM	31,55 KM		59,19 KM	36,85 KM	14 KM	Nova Olinda - Itaporanga
Olho d'Água	64,31 KM	59,26 KM	69,70 KM	109,46 KM	76,33 KM	20,09 KM	95,31 KM	51,67 KM	52,49 KM	59,64 KM		22,46 KM	45,35 KM	Olho d'Água - Piancó
Piancó	82,04 KM	36,41 KM	46,85 KM	86,61 KM	53,48 KM	37,82 KM	72,46 KM	28,04 KM	29,64 KM	36,78 KM	22,43 KM		22,95 KM	Piancó - Santana dos Garrotes
Santana dos Garrotes	104,88 KM	58,41 KM	68,84 KM	108,61 KM	75,47 KM	60,66 KM	94,46 KM	50,82 KM	51,64 KM	14,10 KM	45,27 KM	22,94 KM		Santana dos Garrotes - Nova Olinda

APÊNDICE 2 - MATRIZ DE RELAÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE TODOS OS PONTOS DA ROTA B

	Patos	Juazeirinho	Junco do Seridó	Santa Luzia	São Mamede	Tenório	DE - PARA
Patos		95,16 KM	74,88 KM	45,20 KM	25,14 KM	90,49 KM	Patos - São Mamede
Juazeirinho	93,79 KM		19,40 KM	49,44 KM	72,27 KM	24,36 KM	Juazeirinho - Patos
Junco do Seridó	74,41 KM	19,40 KM		30,06 KM	52,88 KM	16,06 KM	Junco do Seridó - Tenório
Santa Luzia	44,67 KM	49,44 KM	30,06 KM		23,15 KM	45,66 KM	Santa Luzia - Junco do Seridó
São Mamede	24,68 KM	72,31 KM	52,92 KM	23,24 KM		68,53 KM	São Mamede - Santa Luzia
Tenório	89,91 KM	24,31 KM	15,51 KM	45,55 KM	68,38 KM		Tenório - Juazeirinho

APÊNDICE 3 - MATRIZ DE RELAÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE TODOS OS PONTOS DA ROTA C

	Patos	Cubati	Nova Palmeira	Olivedos	Pedra Lavrada	Picuí	São Vicente do Seridó	Seridó	Soledade	DE - PARA
Patos		144,71 KM	171,70 KM	144,93 KM	160,09 KM	142,75 KM	136,29 KM	144,77 KM	119,38 KM	Patos - Soledade
Cubati	144,22 KM		33,17 KM	21,20 KM	21,56 KM	55,66 KM	12,33 KM	12,22 KM	25,66 KM	Cubati - Olivedos
Nova Palmeira	171,21 KM	33,17 KM		53,44 KM	11,79 KM	22,77 KM	39,32 KM	32,66 KM	52,64 KM	Nova Palmeira - Picuí
Olivedos	144,16 KM	21,16 KM	53,40 KM		41,79 KM	80,19 KM	21,50 KM	28,78 KM	25,84 KM	Olivedos - Pedra Lavrada
Pedra Lavrada	159,59 KM	21,55 KM	11,78 KM	41,82 KM		34,27 KM	27,70 KM	21,04 KM	41,02 KM	Pedra Lavrada - Nova Palmeira
Picuí	142,29 KM	55,66 KM	22,86 KM	80,54 KM	34,28 KM		61,81 KM	55,15 KM	75,13 KM	Picuí - Patos
São Vicente do Seridó	135,79 KM	10,97 KM	37,95 KM	21,38 KM	26,34 KM	60,44 KM		9,06 KM	17,22 KM	São Vicente do Seridó - Seridó
Seridó	144,78 KM	11,57 KM	32,71 KM	28,48 KM	21,10 KM	55,20 KM	9,02 KM		26,22 KM	Seridó - Cubati
Soledade	118,91 KM	25,68 KM	52,66 KM	25,89 KM	41,05 KM	75,15 KM	17,25 KM	25,73 KM		Soledade - São Vicente do Seridó

APÊNDICE 4 - MATRIZ DE RELAÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE TODOS OS PONTOS DA ROTA D

	Patos	Aparecida	Marizópolis	Santa Cruz	São Francisco	Sousa	DE - PARA
Patos		110,10 KM	143,44 KM	143,74 KM	130,05 KM	127,82 KM	Patos - Aparecida
Aparecida	111,83 KM		33,47 KM	33,52 KM	19,83 KM	17,85 KM	Aparecida - Sousa
Marizópolis	145,18 KM	33,47 KM		66,86 KM	53,17 KM	18,68 KM	Marizópolis - São Francisco
Santa Cruz	145,84 KM	33,88 KM	67,22 KM		14,08 KM	51,60 KM	Santa Cruz - Patos
São Francisco	131,97 KM	20,02 KM	53,36 KM	13,69 KM		37,74 KM	São Francisco - Santa Cruz
Sousa	129,62 KM	17,91 KM	18,62 KM	51,30 KM	37,61 KM		Sousa - Marizópolis

APÊNDICE 5 - MATRIZ DE RELAÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE TODOS OS PONTOS DA ROTA E

	Patos	Cajazeiras	Santa Helena	São João do Rio do Peixe	Triunfo	Uiraúna	DE - PARA
Patos		168,72 KM	188,66 KM	163,93 KM	193,34 KM	187,70 KM	Patos - São João do Rio do Peixe
Cajazeiras	170,40 KM		48,02 KM	23,28 KM	52,69 KM	47,05 KM	Cajazeiras - Uiraúna
Santa Helena	190,43 KM	47,93 KM		25,42 KM	29,99 KM	48,55 KM	Santa Helena - Triunfo
São João do Rio do Peixe	165,58 KM	23,09 KM	25,46 KM		30,14 KM	24,51 KM	São João do Rio do Peixe - Cajazeiras
Triunfo	195,13 KM	52,54 KM	29,98 KM	30,13 KM		53,26 KM	Triunfo - Patos
Uiraúna	189,51 KM	47,02 KM	48,60 KM	24,45 KM	53,28 KM		Uiraúna - Santa Helena

APÊNDICE 6 - MATRIZ DE RELAÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE TODOS OS PONTOS DA ROTA F

	Patos	Bayeux	Caaporã	Cabedelo	Conde	Cruz do Espírito Santo	Itapororoca	João Pessoa	Lucena	Mamanguape	Pitimbu	Rio Tinto	Santa Rita	Sapé	DE - PARA
Patos		299,51 KM	355,54 KM	333,19 KM	320,38 KM	308,51 KM	354,26 KM	311,76 KM	335,96 KM	341,96 KM	371,45 KM	348,37 KM	295,13 KM	279,49 KM	Patos - Sapé
Bayeux	301,10 KM		56,80 KM	34,13 KM	21,32 KM	23,72 KM	57,65 KM	10,04 KM	39,36 KM	45,36 KM	72,39 KM	51,31 KM	10,34 KM	49,63 KM	Bayeux - João Pessoa
Caaporã	354,40 KM	56,40 KM		75,83 KM	39,95 KM	77,01 KM	110,95 KM	57,07 KM	92,65 KM	98,65 KM	16,36 KM	105,06 KM	63,63 KM	102,92 KM	Caaporã - Pitimbu
Cabedelo	333,57 KM	35,60 KM	78,96 KM		43,47 KM	56,18 KM	90,12 KM	20,40 KM	13,04 KM	77,82 KM	94,55 KM	84,23 KM	42,80 KM	82,09 KM	Cabedelo - Lucena
Conde	321,06 KM	23,10 KM	42,92 KM	42,50 KM		43,68 KM	77,61 KM	23,74 KM	59,32 KM	65,32 KM	44,12 KM	71,72 KM	30,30 KM	69,59 KM	Conde - Cabedelo
Cruz do Espírito Santo	307,82 KM	23,78 KM	80,13 KM	57,45 KM	44,64 KM		71,01 KM	33,37 KM	52,72 KM	58,72 KM	95,72 KM	65,12 KM	13,65 KM	19,44 KM	Cruz do Espírito Santo - Santa Rita
Itapororoca	353,04 KM	56,39 KM	112,74 KM	90,06 KM	77,25 KM	70,22 KM		65,98 KM	61,19 KM	16,24 KM	128,33 KM	22,65 KM	62,28 KM	101,57 KM	Itapororoca - Caaporã
João Pessoa	308,73 KM	10,77 KM	58,77 KM	24,16 KM	23,28 KM	31,34 KM	65,28 KM		46,99 KM	52,98 KM	74,36 KM	59,39 KM	17,96 KM	57,25 KM	João Pessoa - Conde
Lucena	335,35 KM	38,70 KM	95,05 KM	12,89 KM	59,56 KM	52,53 KM	60,61 KM	48,29 KM		48,31 KM	110,64 KM	33,55 KM	44,62 KM	83,88 KM	Lucena - Rio Tinto
Mamanguape	340,97 KM	44,32 KM	100,67 KM	77,99 KM	65,18 KM	58,15 KM	15,89 KM	53,91 KM	49,12 KM		116,26 KM	7,02 KM	50,21 KM	89,50 KM	Mamanguape - Itapororoca
Pitimbu	370,02 KM	72,06 KM	16,39 KM	91,46 KM	44,43 KM	92,64 KM	126,57 KM	72,70 KM	108,28 KM	114,28 KM		120,68 KM	79,26 KM	118,55 KM	Pitimbu - Patos
Rio Tinto	347,59 KM	50,93 KM	107,28 KM	84,61 KM	71,80 KM	64,76 KM	22,50 KM	60,52 KM	33,56 KM	6,78 KM	122,87 KM		56,82 KM	96,11 KM	Rio Tinto - Mamanguape
Santa Rita	294,38 KM	10,34 KM	66,69 KM	44,01 KM	31,20 KM	13,59 KM	65,08 KM	19,93 KM	46,79 KM	52,79 KM	82,28 KM	59,19 KM		42,90 KM	Santa Rita - Bayers
Sapé	275,79 KM	49,31 KM	105,65 KM	82,98 KM	70,17 KM	20,11 KM	104,05 KM	58,90 KM	85,76 KM	91,75 KM	121,24 KM	98,16 KM	44,93 KM		Sapé - Cruz do Espírito Santo

APÊNDICE 7 - MATRIZ DE RELAÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE TODOS OS PONTOS DA ROTA G

	Patos	Água Branca	Assunção	Desterro	Imaculada	Juru	Livramento	Maturéia	Monteiro	Ouro Velho	Prata	Princesa Isabel	São José dos Cordeiros	Serra Branca	Sumé	Taperoá	Tavares	Teixeira	DE - PARA
Patos		92,17 KM	94,61 KM	54,42 KM	71,92 KM	114,48 KM	77,29 KM	43,97 KM	130,91 KM	87,72 KM	101,16 KM	173,99 KM	94,79 KM	121,25 KM	139,92 KM	114,44 KM	128,08 KM	30,69 KM	Patos - Teixeira
Água Branca	91,95 KM		133,27 KM	81 KM	20,76 KM	22,70 KM	106,74 KM	48,47 KM	134,69 KM	78,48 KM	91,93 KM	53,65 KM	124,22 KM	159,26 KM	130,69 KM	112,91 KM	36,30 KM	61,43 KM	Água Branca - Juru
Assunção	94,17 KM	132,63 KM		52,55 KM	112,38 KM	154,94 KM	49,54 KM	84,44 KM	144,27 KM	128,18 KM	141,42 KM	214,46 KM	45,91 KM	72,20 KM	112,46 KM	19,86 KM	168,55 KM	75,23 KM	Assunção - Patos
Desterro	54,32 KM	81,21 KM	53,39 KM		60,66 KM	103,52 KM	24 KM	33,01 KM	119,95 KM	76,76 KM	90,20 KM	163,03 KM	41,49 KM	67,95 KM	74,83 KM	33,04 KM	117,13 KM	23,81 KM	Desterro - Taperoá
Imaculada	71,40 KM	20,76 KM	112,72 KM	60,45 KM		43,10 KM	83,62 KM	27,92 KM	113,77 KM	70,58 KM	84,02 KM	74,03 KM	100,82 KM	151,35 KM	122,78 KM	92,36 KM	56,68 KM	40,88 KM	Imaculada - Água Branca
Juru	114,28 KM	22,72 KM	155,60 KM	103,33 KM	43,09 KM		129,07 KM	70,80 KM	157,02 KM	100,81 KM	114,26 KM	32,40 KM	146,55 KM	181,59 KM	153,02 KM	135,24 KM	15,14 KM	83,77 KM	Juru - Tavares
Livramento	77,07 KM	106,86 KM	50,22 KM	23,87 KM	83,40 KM	129,17 KM		55,76 KM	116,11 KM	80,11 KM	113,27 KM	166,39 KM	17,59 KM	44,05 KM	50,93 KM	29,86 KM	142,78 KM	46,55 KM	Livramento - Desterro
Maturéia	43,95 KM	48,41 KM	85,27 KM	33 KM	27,86 KM	70,72 KM	55,88 KM		105,77 KM	62,57 KM	76,02 KM	148,85 KM	73,38 KM	143,35 KM	114,78 KM	64,92 KM	84,33 KM	13,44 KM	Maturéia - Imaculada
Monteiro	130,73 KM	134,25 KM	145,14 KM	119,78 KM	113,90 KM	156,56 KM	116,29 KM	105,65 KM		43,44 KM	29,89 KM	139,07 KM	98,83 KM	70,28 KM	41,71 KM	124,78 KM	147,20 KM	100,21 KM	Monteiro - Sumé
Ouro Velho	87,47 KM	78,59 KM	128,79 KM	76,51 KM	70,64 KM	100,90 KM	79,97 KM	62,39 KM	43,18 KM		13,42 KM	137,81 KM	109,31 KM	80,75 KM	52,18 KM	108,43 KM	114,51 KM	56,95 KM	Ouro Velho - Prata
Prata	100,83 KM	91,96 KM	142,28 KM	89,88 KM	84,01 KM	114,27 KM	93,34 KM	75,76 KM	29,84 KM	13,55 KM		151,48 KM	95,98 KM	67,42 KM	38,85 KM	121,92 KM	127,88 KM	70,32 KM	Prata - Monteiro
Princesa Isabel	173,80 KM	53,30 KM	215,12 KM	162,85 KM	73,68 KM	32,24 KM	166,31 KM	148,72 KM	139,77 KM	138,05 KM	151,49 KM		238,38 KM	209,82 KM	181,25 KM	194,76 KM	19,05 KM	143,28 KM	Princesa Isabel - Ouro Velho
São José dos Cordeiros	94,54 KM	124,60 KM	46,45 KM	41,34 KM	100,88 KM	146,91 KM	17,57 KM	73,23 KM	98,61 KM	109,31 KM	95,77 KM	238,02 KM		27,05 KM	66,81 KM	26,09 KM	160,52 KM	64,03 KM	São José dos Cordeiros - Livramento
Serra Branca	121,05 KM	159,24 KM	72,93 KM	67,85 KM	151,29 KM	181,56 KM	44,08 KM	143,05 KM	70,13 KM	80,83 KM	67,29 KM	209,54 KM	26,62 KM		38,32 KM	52,57 KM	217,39 KM	90,54 KM	Serra Branca - São José dos Cordeiros
Sumé	139,41 KM	130,53 KM	80,53 KM	74,67 KM	122,58 KM	152,84 KM	50,90 KM	114,33 KM	41,42 KM	52,12 KM	38,57 KM	180,82 KM	66,82 KM	38,27 KM		60,17 KM	188,68 KM	108,89 KM	Sumé - Serra Branca
Taperoá	114,57 KM	112,83 KM	20,44 KM	32,74 KM	92,28 KM	135,14 KM	29,74 KM	64,64 KM	124,46 KM	108,38 KM	121,62 KM	194,65 KM	26,11 KM	52,40 KM	92,66 KM		148,75 KM	55,36 KM	Taperoá - Assunção
Tavares	127,98 KM	36,42 KM	169,31 KM	117,03 KM	56,80 KM	15,35 KM	142,77 KM	84,51 KM	147,83 KM	114,52 KM	127,96 KM	19,47 KM	160,25 KM	217,88 KM	189,31 KM	148,95 KM		97,47 KM	Tavares - Princesa Isabel
Teixeira	30,54 KM	61,60 KM	125,34 KM	23,85 KM	41,35 KM	83,91 KM	46,73 KM	13,41 KM	100,35 KM	57,15 KM	70,59 KM	143,42 KM	64,23 KM	90,56 KM	109,35 KM	55,77 KM	97,52 KM		Teixeira - Maturéia

APÊNDICE 8 - MATRIZ DE RELAÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE TODOS OS PONTOS DA ROTA H

	Patos	Boqueirão	Cabaceiras	Caturité	DE - PARA
Patos		219,99 KM	201,17 KM	206,37 KM	Patos - Cabaceiras
Boqueirão	220,84 KM		24,25 KM	16,70 KM	Boqueirão - Caturité
Cabaceiras	201,10 KM	24,01 KM		39,40 KM	Cabaceiras - Boqueirão
Caturité	207,32 KM	15,78 KM	38,21 KM		Caturité - Patos

APÊNDICE 9 - MATRIZ DE RELAÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE TODOS OS PONTOS DA ROTA I

	Patos	Alagoa Nova	Boa Vista	Campina Grande	Gurjão	Lagoa Seca	Matinhas	Queimadas	DE - PARA
Patos		204,10 KM	169,63 KM	178,43 KM	126,14 KM	185,32 KM	196,35 KM	190,79 KM	Patos - Gurjão
Alagoa Nova	203,60 KM		74,12 KM	27,86 KM	115,54 KM	18,88 KM	9 KM	45,14 KM	Alagoa Nova - Queimadas
Boa Vista	169,68 KM	74,46 KM		48,79 KM	32,89 KM	55,67 KM	66,71 KM	61,14 KM	Boa vista - Campina Grande
Campina Grande	181,10 KM	28,08 KM	51,62 KM		93,05 KM	9,24 KM	20,27 KM	17,28 KM	Campina Grande - Lagoa Seca
Gurjão	125,82 KM	107,01 KM	33,04 KM	81,34 KM		88,23 KM	99,26 KM	93,69 KM	Gurjão - Boa Vista
Lagoa Seca	184,80 KM	18,85 KM	55,32 KM	9,06 KM	96,74 KM		11,10 KM	26,34 KM	Lagoa Seca - Matinhas
Matinhas	195,76 KM	9,04 KM	66,28 KM	20,02 KM	107,71 KM	11,07 KM		37,70 KM	Matinhas - Alagoa Nova
Queimadas	191,31 KM	44,49 KM	61,83 KM	17,90 KM	103, 25 KM	25,71 KM	36,74 KM		Queimadas - Patos

APÊNDICE 10 - MATRIZ DE RELAÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE TODOS OS PONTOS DA ROTA J

	Patos	Barra de São Miguel	Camalaú	Congo	Esperança	Ingá	Pocinhos	Riacho de Santo Antônio	Santo André	São Domingos do Cariri	São João do Cariri	São Sebastião de Lagoa de Roça	DE - PARA
Patos		265,33 KM	148,89 KM	166,09 KM	193,26 KM	222,88 KM	168 KM	244,47 KM	134,43 KM	213,07 KM	144,02 KM	192,77 KM	Patos - Santo André
Barra de São Miguel	265,91 KM		69,20 KM	46,24 KM	117,71 KM	125,86 KM	119,46 KM	21,23 KM	104,76 KM	23,80 KM	81,52 KM	107,26 KM	Barra de São Miguel - Congo
Camalaú	148,51 KM	68,66 KM		22,71 KM	188,61 KM	217,13 KM	165,25 KM	88,99 KM	112,14 KM	58,95 KM	88,91 KM	187,02 KM	Camalaú - Pocinhos
Congo	165,64 KM	46,17 KM	22,85 KM		184,10 KM	212,62 KM	157,73 KM	66,50 KM	107,63 KM	36,63 KM	84,40 KM	182,50 KM	Congo - Camalaú
Esperança	193,54 KM	117,81 KM	188,39 KM	183,99 KM		64,57 KM	26,38 KM	96,95 KM	128,66 KM	121,19 KM	99,44 KM	10,62 KM	Esperança - São Sebastião de Lagoa de Roça
Ingá	223,48 KM	126,79 KM	218,30 KM	213,90 KM	65,11 KM		77,03 KM	105,93 KM	158,57 KM	130,28 KM	129,35 KM	54,65 KM	Ingá - Patos
Pocinhos	167,49 KM	118,42 KM	162,31 KM	157,91 KM	26,45 KM	75,97 KM		97,56 KM	102,58 KM	95,33 KM	73,36 KM	33,05 KM	Pocinhos - Esperança
Riacho de Santo Antônio	244,70 KM	20,89 KM	89,27 KM	66,40 KM	96,51 KM	104,65	98,25 KM		98,96 KM	37,84 KM	66,21 KM	86,05 KM	Riacho de Santo Antônio - Barra de São Miguel
Santo André	133,44 KM	104,55 KM	112,22 KM	107,83 KM	131,43 KM	159,94 KM	105,06 KM	99,15 KM		86,69 KM	33,71 KM	129,83 KM	Santo André - São João do Cariri
São Domingos do Cariri	212,51 KM	23,82 KM	59,22 KM	36,35 KM	121,47 KM	129,62 KM	95,41 KM	38,04 KM	86,43 KM		39,04 KM	111,01 KM	São Domingos do Cariri - Riacho de Santo Antônio
São João do Cariri	143,44 KM	81,35 KM	88,95 KM	84,55 KM	99,71 KM	128,22 KM	73,34 KM	66,21 KM	33,52 KM	38,84 KM		98,11 KM	São João do Cariri - São Domingos do Cariri
São Sebastião de Lagoa de Roça	191,74 KM	107,32 KM	186,56 KM	182,16 KM	10,59 KM	54,08 KM	32,98 KM	86,46 KM	126,83 KM	110,80 KM	97,61 KM		São Sebastião de Lagoa de Roça - Ingá

APÊNDICE 11 - MATRIZ DE RELAÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE TODOS OS PONTOS DA ROTA K

	Patos	Araruna	Borborema	Caiçara	Duas Estradas	Jacaráú	Lagoa de Dentro	Logradouro	Pedro Régis	Sertãozinho	Solânea	DE - PARA
Patos		293,22 KM	289,04 KM	312,19 KM	303,80 KM	327,30 KM	308,86 KM	321,37 KM	376,13 KM	295,07 KM	235,42 KM	Patos - Solânea
Araruna	293,37 KM		55,47 KM	40,46 KM	51,87 KM	64,25 KM	61,70 KM	43,52 KM	68,09 KM	61,69 KM	39,14 KM	Araruna - Patos
Borborema	288,61 KM	56,28 KM		29,52 KM	38,77 KM	54,48 KM	43,84 KM	32,57 KM	55,91 KM	30,05 KM	17,50 KM	Borborema - Caiçara
Caiçara	324,51 KM	40,63 KM	29,02 KM		11,98 KM	25,10 KM	16,41 KM	3,18 KM	24,13 KM	31,97 KM	34,27 KM	Caiçara - Logradouro
Duas Estradas	303,25 KM	56,93 KM	38,21 KM	12,05 KM		18,40 KM	5,32 KM	10,89 KM	17,40 KM	9,24 KM	43,46 KM	Duas Estradas - Lagoa de Dentro
Jacaráú	327,38 KM	64,18 KM	53,86 KM	25,25 KM	18,34 KM		13,14 KM	22,05 KM	3,91 KM	27,40 KM	59,11 KM	Jacaráú - Sertãozinho
Lagoa de Dentro	308,26 KM	56,67 KM	38,49 KM	16,75 KM	5,19 KM	12,79 KM		13,24 KM	12,40 KM	14,26 KM	43,74 KM	Lagoa de Dentro - Pedro Régis
Logradouro	321,46 KM	43,56 KM	31,95 KM	3,34 KM	10,82 KM	22,05 KM	13,36 KM		21,08 KM	19,52 KM	37,19 KM	Logradouro - Duas Estradas
Pedro Régis	373,26 KM	68,02 KM	50,63 KM	24,29 KM	17,33 KM	3,90 KM	12,14 KM	21,08 KM		26,40 KM	55,88 KM	Pedro Régis - Jacaráú
Sertãozinho	294,48 KM	61,67 KM	29,44 KM	31,74 KM	9,19 KM	27,34 KM	14,26 KM	19,55 KM	26,34 KM		34,69 KM	Sertãozinho - Araruna
Solânea	235,17 KM	39,23 KM	17,08 KM	34,34 KM	43,60 KM	59,31 KM	48,66 KM	37,40 KM	60,74 KM	34,87 KM		Solânea - Borborema

APÊNDICE 12 - MATRIZ DE RELAÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE TODOS OS PONTOS DA ROTA L

	Patos	Brejo dos Santos	Cajazeirinhas	Catolé do Rocha	Condado	Coremas	Jericó	Malta	Mato Grosso	Paulista	Pombal	Riacho dos Cavalos	São Bentinho	DE - PARA
Patos		139,52 KM	67,97 KM	130,75 KM	39,69 KM	88,72 KM	102,05 KM	31,55 KM	110,50 KM	79,85 KM	70,87 KM	125,63 KM	54,62 KM	Patos - Malta
Brejo dos Santos	140,24 KM		96,73 KM	10,05 KM	99,20 KM	117,48 KM	40,34 KM	107,30 KM	47,67 KM	82,01 KM	67,88 KM	29,89 KM	84,41 KM	Brejo dos Santos - Paulista
Cajazeirinhas	69,69 KM	96,87 KM		89,02 KM	28,66 KM	20,83 KM	60,33 KM	36,75 KM	68,77 KM	68,49 KM	29,15 KM	83,90 KM	13,86 KM	Cajazeirinhas - Coremas
Catolé do Rocha	132,34 KM	10,05 KM	88,84 KM		91,31 KM	109,59 KM	32,45 KM	99,40 KM	39,77 KM	71,58 KM	59,99 KM	22 KM	76,52 KM	Catolé do Rocha - Brejo dos Santos
Condado	41,43 KM	99,31 KM	28,68 KM	91,46 KM		49,43 KM	62,77 KM	8,49 KM	71,21 KM	70,93 KM	31,59 KM	86,34 KM	15,33 KM	Condado - São Bentinho
Coremas	90,27 KM	117,45 KM	20,67 KM	109,61 KM	49,24 KM		80,91 KM	57,33 KM	89,35 KM	89,07 KM	49,73 KM	104,49 KM	34,35 KM	Coremas - Pombal
Jericó	103,81 KM	38,31 KM	60,31 KM	30,47 KM	62,78 KM	81,06 KM		70,87 KM	12,40 KM	68,72 KM	31,45 KM	25,35 KM	47,99 KM	Jericó - Mato Grosso
Malta	33,56 KM	107,56 KM	36,93 KM	99,71 KM	8,65 KM	57,68 KM	71,02 KM		79,46 KM	79,18 KM	39,84 KM	94,59 KM	23,58 KM	Malta - Condado
Mato Grosso	112,24 KM	47,70 KM	68,64 KM	39,85 KM	71,21 KM	89,49 KM	12,35 KM	79,30 KM		77,15 KM	39,89 KM	34,73 KM	56,42 KM	Mato Grosso - Riacho dos Cavalos
Paulista	81,61 KM	81,99 KM	68,44 KM	71,99 KM	70,91 KM	89,19 KM	68,66 KM	79 KM	77,13 KM		39,59 KM	92,27 KM	56,12 KM	Paulista - Patos
Pombal	72,78 KM	68,23 KM	29,28 KM	60,38 KM	31,74 KM	50,02 KM	31,69 KM	39,84 KM	40,13 KM	39,89 KM		55,26 KM	16,95 KM	Pombal - Jericó
Riacho dos Cavalos	127,26 KM	29,76 KM	83,68 KM	21,92 KM	86,19 KM	104,47 KM	27,33 KM	94,29 KM	34,66 KM	92,14 KM	54,87 KM		71,44 KM	Riacho dos Cavalos - Catolé do Rocha
São Bentinho	56,37 KM	84,52 KM	13,89 KM	76,67 KM	15,33 KM	34,64 KM	47,98 KM	23,43 KM	56,42 KM	56,14 KM	16,80 KM	71,55 KM		São Bentinho - Cajazeirinhas