



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Antonio Augusto Farias Jatobá

**MELHORIAS NA ROTEIRIZAÇÃO DE ENTREGAS PELO MÉTODO
DE CLARKE E WRIGHT EM UMA EMPRESA DE DISTRIBUIÇÃO DE
BEBIDAS, LOCALIZADA NO VALE DO SÃO FRANCISCO, PARA
APRIMORAMENTO DOS PROCESSOS LOGÍSTICOS**

Juazeiro – BA
2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Antonio Augusto Farias Jatobá

**MELHORIAS NA ROTEIRIZAÇÃO DE ENTREGAS PELO MÉTODO
DE CLARKE E WRIGHT EM UMA EMPRESA DE DISTRIBUIÇÃO DE
BEBIDAS, LOCALIZADA NO VALE DO SÃO FRANCISCO, PARA
DOS PROCESSOS LOGÍSTICOS**

Trabalho apresentado à Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF – Campus Juazeiro - BA, como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho Final de Curso – Monografia.

Orientador: Prof. Msc. Edson Tetsuo Kogachi.

Juazeiro – BA
2016

	Jatobá, Antonio Augusto Farias.
J39m	Melhorias na roteirização de entregas pelo método de Clarke e Wright em uma empresa de distribuição de bebidas, localizada no Vale do São Francisco, para aprimoramento dos processos logísticos / Antonio Augusto Farias Jatobá. -- Juazeiro, 2016.
	79f. : il.; 29 cm.
	Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro-BA, 2016.
	Orientador: Prof. Msc. Edson Tetsuo Kogachi.
	1. Logística de distribuição. 2. Roteirização de veículos. I. Título. II. Kogachi, Edson Tetsuo. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.
	CDD 658.78


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

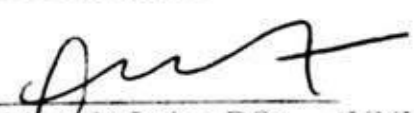
**FOLHA DE APROVAÇÃO
Para TFC**

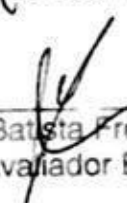
Antonio Augusto Farias Jatobá

**MELHORIAS NA ROTEIRIZAÇÃO DE ENTREGAS PELO
MÉTODO DE CLARKE E WRIGHT EM UMA EMPRESA DE
DISTRIBUIÇÃO DE BEBIDAS, LOCALIZADA NO VALE SÃO
FRANCISCO, PARA APRIMORAMENTO DOS PROCESSOS
LOGÍSTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso como requisito para obtenção do Título de Engenheiro de Produção, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco


Edson Tetsuo Kogachi, MS - UNIVASF
Orientador


Ângelo Antônio Macedo Leite, DSc. - (UNIVASF)
Avaliador Interno


Leandro Batista Freire - REVALLE
Avaliador Externo

Aprovado pelo Colegiado de Engenharia de Produção em 22 / 06 / 2016

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser fundamental em minha vida, meu guia, socorro presente na hora da angústia, a minha família, especialmente aos meus pais, Leane e Jenário, que sempre acreditaram em mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, pelo dom da vida e por sempre guiar os meus passos, agradecer também por todo conhecimento adquirido até aqui e por todas as coisas boas que aconteceram ao longo dessa trajetória.

Quero agradecer a minha família, pelos momentos felizes, pela amizade e conselhos. Especialmente, a minha mãe, Leane Maria de Farias, pelo carinho, preocupação, e por estar perto de mim, me incentivando, nos momentos fáceis e difíceis, ao meu pai, Jenário Barros Jatobá, pela confiança nas decisões que tomei até hoje e por todo o suporte. Sem o apoio de vocês nada disso seria possível! A Adlin Cardoso, por ter me acompanhado sempre com paciência e amor durante este período, me apoiando e aconselhando nos momentos necessários.

Ao professor e orientador, Msc. Edson Tetsuo Kogachi, pelo esforço, atenção para e ajuda nesta etapa, e todo tempo despendido no auxílio e orientação com assuntos pertinentes que enriqueceram o Trabalho de Conclusão de Curso.

A instituição UNIVASF, bem como, os professores do Colegiado de Engenharia de Produção e técnicos que colaboraram para minha formação acadêmica, como também, por todo conhecimento e aprendizado que me proporcionaram.

A todos os amigos que a faculdade me proporcionou, ao longo dessa trajetória, que sempre estiveram comigo me apoiando e incentivando para que essa conquista pudesse se tornar realidade.

Agradeço também a empresa Revenda Vale da Integração Ltda. (Revalle) e seus funcionários, por sempre estarem disponíveis quando precisei, e por disponibilizar informações importantes para colocar em prática minha pesquisa. Enfim, agradeço, a todos que contribuíram de maneira direta ou indireta me dando apoio em minha vida pessoal e acadêmica.

RESUMO

Geralmente o setor logístico das empresas encontram dificuldades para selecionar as melhores rotas para os veículos, seja nos modais rodoviário, ferroviário, hidroviário, aéreo e dutoviário. Nos operadores logísticos, uma atividade essencial é o transporte, meio responsável pela entrega do produto desejado ao cliente. Assim, o transporte se caracteriza importante, pois, impacta diretamente na saúde financeira da empresa. Para otimização do sistema de transporte um dos principais mecanismos refere-se à roteirização de veículos, fundamental no ramo da logística e distribuição física. O uso da metodologia heurística de Clarke e Wright possibilita, planejar as rotas de entregas aumentando a eficiência operacional reduzindo índice de devolução, quilometragem percorrida, consumo de combustível, pneus, outras manutenções e melhorar a qualidade das informações gerenciais permitindo a empresa buscar a excelência operacional. Nesse contexto, o principal objetivo deste trabalho foi melhorar a roteirização de entregas pelo método de Clarke e Wright na roteirização de entrega de bebidas, localizada na região do Vale do São Francisco, para aprimoramento dos processos logísticos. O estudo foi realizado na empresa Revenda Vale da Integração Ltda. (Revalle), localizada na cidade de Juazeiro-BA e iniciou com um estudo bibliográfico depois visita a empresa para exames documentais e entrevistas com funcionários e supervisores da logística e finalmente identificou as coordenadas geográficas de cada cliente, demandas, quantidade de veículos utilizados e distâncias percorridas. Dessa forma, primeiro se conheceu o modelo atual de roteirização para em seguida construir os roteiros, através da aplicação do método de Clarke e Wright. Foram desenvolvidos as rotas diárias alternativas para os dias do período estudado tornando possível comparar a programação de entrega praticada com a programação gerada pelo método de Clarke e Wright resultando na redução de 49% da distância percorrida total o que deriva na redução nos gastos com combustível, pneus, outras manutenções, veículo e funcionários. Pode-se concluir que a utilização da ferramenta de roteirização de veículos pode aprimorar o seu sistema de distribuição, conseguindo minimizar seus custos e melhorar o nível de seus processos logísticos.

Palavras-chaves: Roteirização de Veículos. Método de Clarke e Wright. Logística. Distribuição de bebidas.

ABSTRACT

Usually the logistics sector companies find it difficult to select the best routes for vehicles, whether in road transportation, rail, waterways, air and pipeline. In logistics operators, an essential activity is the transport means responsible for delivering the desired product to the customer. So the transportation is characterized important therefore directly impacts the company's financial health. To optimize the transport system one of the main mechanisms refers to vehicle routing, fundamental in the logistics industry and physical distribution. The use of heuristic method of Clarke and Wright makes possible to plan delivery routes increasing operational efficiency by reducing return rate, mileage, fuel consumption, tires, other maintenance and improve the quality of management information enabling the company to seek operational excellence . In this context, the main objective of this study was to apply the method Clarke and Wright at the liquor delivery routing, to improve logistics processes. The study was conducted in Revenda Vale da Integração Ltda. (Revalle) company, located in Juazeiro-BA and began with a bibliographic study after visiting the company for documentary examinations and interviews with employees and supervisors of logistics and finally identified the geographic coordinates of each customer demands, amount of used vehicles and distances. Thus, first met the current model of routing to then build scripts, through the application of Clarke and Wright method. alternative daily routes were developed for the days of the study period making it possible to compare the delivery schedule committed to the schedule generated by Clarke and Wright method resulting in a reduction of 49% of the total distance traveled which derives from the reduction in fuel costs, tires, other maintenance, vehicle and employees. It can be concluded that the use of vehicle routing tool can improve its distribution system, managing to minimize their costs and improve the level of their logistics processes.

Keywords: Routing vehicles. Clarke and Wright method. Logistics. The beverage dispensing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Relação entre as atividades logísticas primárias e de apoio e o nível de serviço desejado.	21
Figura 2: Agrupamento inadequado e recomendado de pontos.	29
Figura 3: Integração de dois clientes em um roteiro compartilhado.	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos veículos disponíveis na empresa Revalle.	43
Tabela 2 - Cenário de roteirização atual.	43
Tabela 3 - Localização geográfica cartesiana correspondente aos clientes do primeiro dia.	45
Tabela 4 - Localização geográfica cartesiana correspondente aos clientes do segundo dia.	46
Tabela 5 - Localização geográfica cartesiana correspondente aos clientes do terceiro dia.	46
Tabela 6 - Localização geográfica cartesiana correspondente aos clientes do quarto dia.	47
Tabela 7 - Localização geográfica cartesiana correspondente aos clientes do quinto dia.	47
Tabela 8 - Localização geográfica cartesiana correspondente aos clientes do sexto dia.	47
Tabela 9 - Classificação em ordem decrescente dos ganhos relacionados a cada dia estudado.	54
Tabela 10 - Comparativo método atual X método de Clarke e Wright.	69
Tabela 11 - Comparativo geral dos métodos.	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Matriz “distância” em quilômetros, referente ao primeiro dia estudado. .	49
Quadro 2 - Matriz “distância” em quilômetros, referente ao segundo dia estudado.	49
Quadro 3 - Matriz “distância” em quilômetros, referente ao terceiro dia estudado. ..	49
Quadro 4 - Matriz “distância” em quilômetros, referente ao quarto dia estudado.	50
Quadro 5 - Matriz “distância” em quilômetros, referente ao quinto dia estudado.	50
Quadro 6 - Matriz “distância” em quilômetros, referente ao sexto dia estudado.	50
Quadro 7 - Matriz dos “ganhos” em quilômetros, referente ao primeiro dia estudado.	51
Quadro 8 - Matriz dos “ganhos” em quilômetros, referente ao segundo dia estudado.	52
Quadro 9 - Matriz dos “ganhos” em quilômetros, referente ao terceiro dia estudado.	52
Quadro 10 - Matriz dos “ganhos” em quilômetros, referente ao quarto dia estudado.	52
Quadro 11 - Matriz dos “ganhos” em quilômetros, referente ao quinto dia estudado.	53
Quadro 12 - Matriz dos “ganhos” em quilômetros, referente ao sexto dia estudado.	53
Quadro 13 - Rota 1 do primeiro dia.	56
Quadro 14 - Rota 2 do primeiro dia.	56
Quadro 15 - Rota 3 do primeiro dia.	57
Quadro 16 - Rota 4 do primeiro dia.	57
Quadro 17 - Rota 1 do segundo dia.	58
Quadro 18 - Rota 2 do segundo dia.	58
Quadro 19 - Rota 3 do segundo dia.	59
Quadro 20 - Rota 4 do segundo dia.	59
Quadro 21 - Rota 5 do segundo dia.	60
Quadro 22 - Rota 1 do terceiro dia.	60
Quadro 23 - Rota 2 do terceiro dia.	61
Quadro 24 - Rota 3 do terceiro dia.	61
Quadro 25 - Rota 4 do terceiro dia.	62
Quadro 26 - Rota 1 do quarto dia.	62

Quadro 27 - Rota 2 do quarto dia.	63
Quadro 28 - Rota 3 do quarto dia.	63
Quadro 29 - Rota 4 do quarto dia.	64
Quadro 30 - Rota 1 para o quinto dia.	64
Quadro 31 - Rota 2 para o quinto dia.	65
Quadro 32 - Rota 3 para o quinto dia.	66
Quadro 33 - Rota 1 para o sexto dia.	66
Quadro 34 - Rota 2 para o sexto dia.	67
Quadro 35 - Rota 3 para o sexto dia.	67
Quadro 36 - Rota 4 para o sexto dia.	67
Quadro 37 - Rota 5 para o sexto dia.	67
Quadro 38 - Rota 6 para o sexto dia.	68

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE QUADROS	x
1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Problemática	14
1.2. Justificativa	16
1.3. Objetivo geral.....	17
1.4. Objetivos específicos	17
1.5. Estrutura do trabalho.....	18
2. REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1. Logística Empresarial.....	19
2.2. Distribuição Física.....	21
2.3. Transporte.....	23
2.4. Operador logístico.....	24
2.5. Roteirização	27
2.5.1. Método de varredura	31
2.5.2. Método de Clarke e Wright ou das economias.....	31
2.5.3. Método de melhoria	34
3. METODOLOGIA	35
3.1. Finalidade da pesquisa	35
3.2. Tipo e Natureza da pesquisa	36
3.3. Abordagem do problema.....	37
3.4. Campo de atuação.....	38
3.4.1. Delimitação da pesquisa.....	38
3.5. Variáveis da pesquisa	39
3.6. Delineamento da pesquisa	39
3.6.1. Coleta de dados	39
3.6.2. Análise de dados	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	42

4.1.	Diagnóstico do modelo de roteirização atual	42
4.2.	Tratamento dos dados para execução da roteirização	45
4.2.1.	Coordenadas cartesianas	45
4.2.2.	Matriz distância.....	48
4.2.3.	Matriz de ganhos	51
4.2.4.	Ordem decrescente de ganhos.....	53
4.2.5.	Construção das rotas.....	54
4.3.	Modelo de roteirização desenvolvido	55
4.3.1.	Roteirização desenvolvida para o primeiro dia	55
4.3.2.	Roteirização desenvolvida para o segundo dia.....	58
4.3.3.	Roteirização desenvolvida para o terceiro dia	60
4.3.4.	Roteirização desenvolvida para o quarto dia	62
4.3.5.	Roteirização desenvolvida para o quinto dia.....	64
4.3.6.	Roteirização desenvolvida para o sexto dia.....	66
4.4.	Comparação programação de entregas atual e programação pelo método de Clarke e Wright	68
4.5.	Discussões.....	69
4.5.1.	Análise financeira	70
5.	CONCLUSÕES	72
5.1.	Recomendações	74
	REFERÊNCIAS	76
	APÊNDICE A – Distância em quilômetros de todos os clientes em relação ao CD	79
	ANEXO A - Dados referentes ao primeiro dia	80
	ANEXO B - Dados referentes ao segundo dia.....	81
	ANEXO C – Dados referentes ao terceiro dia.....	82
	ANEXO D – Dados referentes ao quarto dia.....	83
	ANEXO E – Dados referentes ao quinto dia	84
	ANEXO F – Dados referentes ao sexto dia.....	84

1. INTRODUÇÃO

1.1. Problemática

Uma das preocupações do setor logístico das empresas é a maneira que os equipamentos e mão de obra são aplicados. É fundamental buscar sempre aumentar a eficiência dos mesmos, já que o transporte representa cerca de um a dois terços dos custos logísticos totais em várias empresas. Frequentemente encontram-se diversas dificuldades para se tomar decisões, desta forma, é necessário analisar as melhores rotas para os veículos, considerando rodovias, ferrovias, hidrovias ou até mesmo aéreo, de modo a diminuir os tempos de viagem e as distâncias, a fim de reduzir os custos de transporte e melhorar os serviços aos clientes (BALLOU, 2006).

Normalmente o modal rodoviário é o mais utilizado no país apesar de elevado custo operacional. Tem como vantagens, exigir menos embalagens, ajuste para curtas e médias distâncias, agilidade e flexibilidade operacional, em contra partida, apresenta algumas desvantagens, aumenta o preço da viagem conforme a distância percorrida, possui espaço restringido e, está submetido ao congestionamento do trânsito o que pode fazer com que a carga chegue no destino com atraso.

Atualmente no ambiente globalizado o qual estamos inseridos, as organizações estão cada vez mais buscando terceirizar alguns serviços, para focar mais no seu objetivo final, o que é o caso da Companhia de Bebidas das Américas (AMBEV), empresa produtora de bebidas em geral, que utiliza revendas parceiras para distribuição de suas bebidas.

É claro o crescimento gradativo da quantidade de distribuidores e atacadistas no mercado fazendo uso de diversas ferramentas computacionais para roteirização, apesar do custo de aquisição e operação elevado. Além disso, a operação desses softwares demandam conhecimento da aplicação e dos conceitos por trás das metodologias para realizar a roteirização das frotas e aspectos que restringem as características das vias das cidades (RAZZOLINI FILHO, 2009).

A precisão de aprimorar as rotas de um sistema de distribuição física é vista como fundamental para as empresas que realizam entregas. Para os clientes que se encontram geograficamente espalhados sobre certa região, é preciso transportar as cargas para os mesmos da melhor maneira possível, desde o produtor ou distribuidor, considerando sempre as restrições existentes no conjunto de entrega (RIBEIRO; RUIZ; DEXHEIMER, 2001).

Formigoni e outros autores (2016), esclarecem que as grandes empresas do setor logístico, se importam cada vez mais com dois principais fatores, a satisfação do cliente e redução de custos. Nos operadores logísticos, a atividade fundamental é o transporte, por meio dele ocorre a entrega do produto ao depósito do cliente. Assim, o transporte se caracteriza essencial, pois, impacta diretamente na saúde financeiras da empresas.

Dessa maneira, Matos Junior e outros autores (2014), afirmam que na coordenação das operações logísticas, a roteirização é uma ferramenta muito importante para gestão dos custos logísticos e melhoria do nível de serviço. Ainda segundo os mesmos autores, através da roteirização e seus processos, pode-se compreender como o setor de logística de uma empresa atende adequadamente as exigências de seus clientes, contribuindo para que a demanda esteja no lugar certo e no tempo certo, atrelado ao menor custo possível e um melhor nível de serviço.

Nesse sentido, em visitas realizadas antecipadamente à empresa Revenda Vale da Integração Ltda. (Revalle), que além desenvolver a atividade de distribuição de bebidas, exerce as atividades de busca do produto na fábrica, armazenagem, administração e vendas, notou-se que um dos principais problemas logísticos se refere ao que tange a distância percorrida pelos veículos para realizar todas as entregas necessárias. Segundo o supervisor de distribuição, os motoristas dos caminhões realizam percursos desnecessários, pelo fato de não haver um sequenciamento para estabelecer a ordem de entrega dos produtos ao longo do dia de serviço. A roteirização de entregas é realizada através da experiência visual do responsável por emitir as notas fiscais de cada cliente, o faturista, assim, ele destina clientes de um mesmo bairro ou região para os caminhões disponíveis, não determinando uma sequência de entrega. Dessa forma, não é utilizado nenhum

método ou ferramenta para realizar o planejamento das rotas. Diante do que foi explicitado, questiona-se: Quais benefícios traria, para a empresa de distribuição de bebidas, a utilização de uma ferramenta para roteirização das entregas, a fim otimizar os processos logísticos?

1.2. Justificativa

A utilização de métodos de roteirização, como o método de Clarke e Wright, permite segundo Novaes (2004), inteligentemente construir roteiros, introduzindo, de forma eficiente, vários tipos de restrições. Conforme o método vai construindo os roteiros de forma engenhosa, o número de veículos necessários para realizar o serviço vai se reduzindo, pelo fato do método procurar minimizar ao máximo as distâncias percorridas pelos veículos e, conseqüentemente, reduz também os investimentos e o custo logístico.

Deste modo com o uso da roteirização é possível planejar as rotas de entregas aumentando assim a eficiência operacional, como também, reduzir o índice de devolução, redução de quilometragem percorrida, consumo de combustível, gastos com manutenção e pneus, e melhorar a qualidade das informações gerenciais, desta maneira, reduzindo os custos logísticos e melhorando o nível de serviço prestado aos clientes. Por este motivo, torna-se fundamental para as empresas encontrarem recursos para reduzir ao máximo seus custos de transporte.

Para Alves (2013), com a utilização da roteirização de veículos em seu estudo foi possível perceber que todos os elos da cadeia de suprimentos podem ser melhorados, contribuindo na agregação de valores aos produtos e, além disso, de cortar gastos que não são necessários e aumentar a eficiência em todo o processo de entrega de produtos. Ainda segundo o mesmo, o uso de ferramenta para auxiliar na construção de roteiros para frota de entrega mostra-se válida no que tange o aprimoramento do sistema de distribuição da empresa.

Outro fato importante explanado por Silva (2015), é que a roteirização contribui fortemente para que a empresa torne-se mais competitiva no mercado, através de trajetos com menores custos e tempo de entrega. No estudo realizado pelo autor, relacionado a distribuição física de produtos em uma empresa de *fast food*, esse fato, foi bastante importante, já que uma das dificuldades do setor alimentício diz respeito ao processo de distribuição de seus produtos, na qual, normalmente, compreende a entrega para diversos clientes dispersos geograficamente. Obteve-se como resultado da roteirização uma redução média de 21,17% das distâncias. Essas reduções provocaram uma queda média do custo com combustível de aproximadamente 22%, especificamente neste trabalho desenvolvido pelo mesmo autor.

De acordo com, Cardoso, Oliveira e Joaquim Junior (2016), através de um estudo realizado por eles, referente a redução de custos no transporte de madeira por meio de roteirização alternativa, utilizando programação linear aplicada com o critério de menor caminho, obteve-se uma projeção de 13% de redução de custos ao mês, considerando os valores de custos com as rotas convencionais e otimizada, mostrando-se assim, um importante e potencial ferramenta de gestão para o setor logístico.

Diante de tudo que foi exposto, justifica-se esse estudo levando em consideração a necessidade do uso de um modelo de roteirização de veículos na empresa de distribuição de bebidas estudada.

1.3. Objetivo geral

Melhorar a roteirização de entregas pelo método de Clarke e Wright em uma empresa de distribuição de bebidas a fim de aprimorar os processos logísticos.

1.4. Objetivos específicos

O objetivo geral se fragmenta nos seguintes objetivos específicos:

- Descrever o modelo atual da empresa.
- Utilizar o método de Clarke e Wright para auxiliar na roteirização dos veículos.
- Destacar a importância da utilização de métodos de roteirização em centros de distribuição.
- Comparar o modelo atual com o modelo criado pelo método de Clarke e Wright.
- Validar a utilização do método de Clarke e Wright na roteirização, destacando os principais benefícios gerados.

1.5. Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. Este primeiro capítulo representa a introdução do trabalho, abordando o problema, o tema, a justificativa e os objetivos. O segundo capítulo compreende a fundamentação teórica, contemplando assuntos referentes à logística e minúcias sobre roteirização de veículos, apresentando fundamentalmente o modelo de Clarke e Wright o terceiro capítulo discorre sobre a metodologia abordada no trabalho, o quarto capítulo explora os resultados encontrados a partir da aplicação do método Clarke e Wright na roteirização de entregas da empresa de distribuição de bebidas e, por fim, o quinto capítulo apresenta a conclusão do trabalho, juntamente das sugestões e recomendações para futuros trabalhos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Serão abordados neste capítulo os principais conceitos fundamentais relacionados ao tema proposto e úteis para realização deste trabalho, contemplando, assim, a logística empresarial e suas principais atividades, distribuição física, transporte, operadores logísticos e a roteirização de veículos.

2.1. Logística Empresarial

A logística mostrou nos últimos 60 anos, desde a Segunda Guerra Mundial, uma evolução constante, sendo atualmente considerada com um dos elementos principais na estratégia competitiva das empresas. Antigamente era confundida com o transporte e a armazenagem de produtos e, hoje, é o ponto crucial da cadeia produtiva integrada, atuando de acordo com o moderno conceito de *SCM – Supply Chain Management*, ou até mesmo Gerenciamento da Cadeia de Suprimento (NOVAES, 2004).

Devido a esse constante desenvolvimento da logística ao longo de décadas, existem diversas definições para a mesma. Novaes (2004, p.35) traz a definição do *Council of Logistics Management*,

Logística é o processo de planejar, implementar e controlar, de maneira eficiente, o fluxo e a armazenagem, bem como os serviços e informações associadas, cobrindo desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender os requisitos do consumidor.

Para Ballou (1993, p.24),

A logística empresarial trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem, que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, assim como, dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável.

Dias (1995) afirma ainda que o processo logístico inicia no planejamento de necessidades das matérias-primas e segue até o consumidor final. Segundo Novaes (2004), a logística estava intimamente ligada às operações militares, na qual para

conseguir êxito em batalha, era preciso que os generais tivessem estratégias de deslocamento de equipamentos necessários, munições, etc., no momento certo em que fosse decidido avançar com as tropas. Porém, esse conceito de logística, posteriormente, se difundiu nas empresas e indústrias, pelo fato dos processos logísticos alcançarem soluções desejáveis e eficientes de transporte e armazenagem nas organizações.

Dessa maneira, Ballou (2006) afirma que, a logística empresarial surge a partir da integração da logística com as empresas, onde as atividades e os objetivos das empresas são inter-relacionados, incorporando valor ao produto ou serviço gerado, e colaborando para o contento do cliente. Naturalmente ocorre um aumento nos lucros da empresa, pelo fato da quantidade de vendas progredirem, justamente, quando a mesma consegue efetivar essa integração, alcançam assim a satisfação do cliente com êxito.

Ainda segundo mesmo autor, a logística empresarial envolve atividades a serem gerenciadas que variam de acordo com as empresas, a fim de atingir objetivos logísticos de custos e de nível de serviço, assim, dependem de fatores como, a estrutura organizacional, as concepções dos gerentes das organizações referentes o que constitui a cadeia de suprimentos nesse negócio e da importância das atividades específicas para cada operação. Ainda de acordo com o mesmo autor essas atividades estão divididas em atividades principais e atividades de suporte.

Atividades-chaves como transportes, manutenção de estoques e processamento de pedidos são consideradas atividades principais. De acordo com Ballou (1993), as mesmas são consideradas primárias, pois, ou elas colaboram com a maior parcela do custo total da logística ou elas são fundamentais para a coordenação e o cumprimento da tarefa logística. Ainda segundo o mesmo autor ainda existe uma série de atividades adicionais que apoia as atividades primárias. Elas são: Armazenagem, manuseio de materiais, embalagem de proteção, obtenção, programação de produtos, manutenção de informações. A Figura 1 mostra a relação das atividades primárias e secundárias e o nível de serviço desejado.

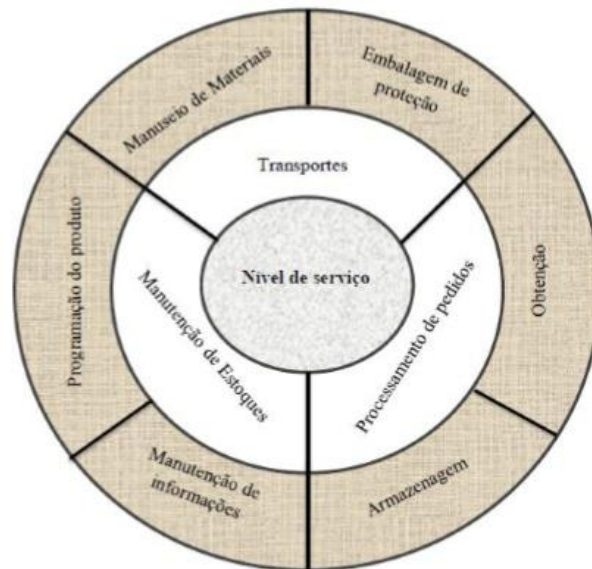


Figura 1: Relação entre as atividades logísticas primárias e de apoio e o nível de serviço desejado.

Fonte: Ballou (1993, p.26).

2.2. Distribuição Física

Ballou (1993) afirma que a distribuição física é o ramo da logística empresarial que trata da movimentação, estocagem e processamento de pedidos dos produtos finais da empresa, costumando ser também a atividade mais importante em termos de custo para a maioria das empresas. De acordo com Alvarenga e Novaes (2000), atualmente, a distribuição física de produtos é considerada muito importante em relação aos problemas logísticos nas empresas, pelo fato do custo crescente do dinheiro, forçando assim, as empresas a minimizar os estoques e agilizar o manuseio, transporte e distribuição dos seus produtos.

A distribuição física colabora para a organização atingir de certa forma a satisfação do cliente, gerando valor para o mesmo, tornando os produtos mais acessíveis à aqueles que são isolados geograficamente, em termos de produção e comercialização de mercadorias, dessa forma, a distribuição física é um elemento fundamental para romper monopólios (CAIXETA-FILHO e MARTINS, 2006). Novaes (2004) associa a distribuição física aos processos operacionais de controle que proporciona levar a

mercadoria a quem realmente deve ser entregue, o consumidor, desde onde os mesmos são fabricados.

Hoje em dia, o que é fabricado nas empresas está seguindo para os CD, onde as mercadorias enviadas são oriundas de diversas fábricas de uma corporação, produtos comprados de terceiros e mesmo mercadorias importadas. Os critérios utilizados para definir a localização das fábricas não são os mesmos levados em consideração na localização dos centros de distribuição. As fábricas necessitam localizarem-se próximas às regiões fornecedoras das matérias primas, o que possibilita a redução dos custos de transporte e evita o transporte por tempo exagerado dessa matéria prima, em contra partida, os centros de distribuição devem ficar em áreas de fácil acesso, próximos aos grandes centros consumidores, facilitando as operações logísticas de consolidação de cargas, reduzindo o tempo de resposta ao cliente e, conseqüentemente, reduzindo os custos da atividade de transporte (GURGEL, 2000).

Novaes (2004, p.146) esclarece que “o objetivo principal da distribuição física, como meta ideal, é o de levar os produtos certos, para os lugares certos, no momento certo e com o nível de serviço desejado, pelo menor custo possível”.

O sistema de distribuição física pode ser definido em duas configurações básicas, a distribuição “um para um” e a distribuição “um para muitos”. Novaes (2004, p.159) afirma:

- Distribuição “um para um” é aquela em que o veículo é totalmente carregado no depósito da fábrica ou num CD do varejista (lotação completa) e transporta a carga para outro ponto de destino, podendo ser outro CD, uma loja, ou outra instalação qualquer.
- Distribuição “um para muitos”, ou compartilhada trata-se da situação em que o veículo é carregado no CD do varejista, com mercadorias destinadas a diversas lojas ou clientes, e executando um roteiro de entregas predeterminado.

Conforme o autor, na distribuição “um para um”, o carregamento do veículo é realizado de maneira a lotá-lo totalmente. As cargas vão se acomodando nos espaços disponíveis de modo à melhor aproveitar a capacidade do caminhão, já na distribuição “um para muitos”, o veículo é carregado no CD do varejista com mercadorias destinadas a diversas lojas e clientes, assim, geralmente, esse bom aproveitamento

da capacidade não é possível, porque, é obrigado a carregá-lo na ordem inversa das entregas, o que impede a otimização do arranjo interno da carga no caminhão.

Para Ballou (2006), nesta condição de entregar a pontos múltiplos de destino, sempre haverá o problema de ajustar os clientes com os CD, de maneira a encontrar a melhor rota entre os mesmos, o que será tratado no tópico de roteirização de veículos.

2.3. Transporte

Dentro do contexto da distribuição física a atividade de transporte é considerada a mais importante, e principalmente para este presente estudo, pois representa o elemento fundamental na abordagem de roteirização de veículos. Novaes (2004) afirma que entre os custos logísticos, o transporte é o elemento mais importante na maioria das empresas, representando dois terços dos custos logísticos. Gurgel (2000) relata que as despesas de distribuição podem variar entre 3,5% e 5,5% da receita líquida de uma empresa. Desta maneira, o propósito dos centros de distribuição será sempre contraditório, sendo preciso reduzir os custos das operações de distribuição e, em contra partida, aumentar a qualidade dos serviços prestados aos clientes.

Caixeta-Filho e Martins (2006) explicam, que a função básica dos transportes é de proporcionar aos clientes o acesso aos produtos desejados, sendo que de outra forma não estariam disponíveis para a sociedade, assim, os transportes estão sempre aumentando essa disponibilidade de bens no mercado.

Segundo Nogueira e Estrela (2006) é claro que a distribuição física está diretamente ligada aos transportes, é por meio deles que as mercadorias são entregues aos clientes. No entanto, a atividade de distribuição não agrega melhoria ou valor aos produtos, assim, é considerada uma despesa e absorve grande parte das receitas de vendas das empresas. Dessa forma, entende-se, que a forma como o produto é transportado pode agregar valor, visto que o mesmo não deve chegar ao consumidor final com danos e alterações de qualidade ou atrasos.

Para Novaes (2004) existem várias modalidades de transporte para a distribuição, desta maneira a distribuição de produtos desde a fábrica até os centros atacadistas, varejistas e de distribuição, e desses centros para os clientes, pode ser realizada através de modalidades diversas de transportes: rodoviário, ferroviário, aquaviário, aéreo e dutos para casos especiais. Na maioria das vezes podem-se utilizar combinações diversas de modalidades.

Será dado um maior enfoque na modalidade transporte rodoviário pelo fato do mesmo estar presente no estudo. Segundo Pozo (2001), o transporte rodoviário é muito competitivo na situação de transportar pequenas cargas. O mesmo autor acredita ainda que esse modal é mais confiável e rápido para cargas parceladas, quando as rotas são consideradas mais curtas. Para Novaes (2004), uma das grandes vantagens do transporte rodoviário é o de alcançar praticamente qualquer ponto do território nacional.

2.4. Operador logístico

Fleury, Wanke e Figueiredo (2000, p.134) afirmam que “operador logístico é um fornecedor de serviços logísticos integrados, capaz de atender a todas ou quase todas as necessidades logísticas de seus clientes, de forma personalizada.”

De acordo com Novaes (2004, p.328),

Operador logístico é a empresa prestadora de serviços, especializada em gerenciar e executar todas ou parte das atividades logísticas, nas várias fases da cadeia de abastecimento de seus clientes, agregando valor aos produtos dos mesmos.

Para a Associação Brasileira de Movimentação e logística - ABML, uma empresa prestadora de serviços logísticos possa ser classificada como Operador Logístico, a mesma deve, no mínimo, prestar simultaneamente serviços nas três atividades básicas seguintes:

- **Controle de estoque:** é uma área muito importante de uma empresa, grande ou pequena, pois é através dele que ela será capaz de prever o quanto que será

necessário comprar no próximo pedido ao fornecedor, além de fornecer informações úteis sobre as vendas.

- **Armazenagem:** diz respeito à estocagem ordenada e à distribuição de produtos acabados dentro da própria fábrica ou em centros de distribuição.
- **Gestão de transportes:** a gestão do transporte nas organizações implica decisões sobre como movimentar materiais e produtos acabados entre diferentes pontos de uma determinada rede de negócios.

Atualmente, no mundo, essa orientação de operadores logísticos já está consolidada, chegando ao Brasil a mais ou menos dez anos. Isso acontece pelo fato das empresas produtoras precisarem de fortes ligações com os prestadores de serviços logísticos (PSL) (ALBUQUERQUE E VASCONCELOS, 2004).

Segundo os mesmo autores, é inegável a presença de uma maior competitividade das empresas no mercado global, impondo às mesmas desenvolverem estratégias adequando seus produtos para competirem com mais eficácia e eficiência. Para tanto, focam seus recursos e esforços no processo produtivo. Também existe a tendência dos operadores logísticos suprirem as demandas de forma integrada e personalizada de acordo com cada empresa.

Nesse contexto, os mesmo autores, afirmam ainda que é a demanda desse tipo de serviço que condiciona a existência do operador logístico. Esta demanda acontece quando as empresas decidem ou não terceirizar esses serviços.

Africk e Calkins (1994, apud NOVAES, 2004) classificam os operadores logísticos em dois principais tipos:

- Operadores baseados em ativos, que são empresas que possuem ou alugam a terceiros ativos tangíveis, como transportes, armazéns, máquinas e equipamentos diversos, e oferecem também outros serviços logísticos.

- Operadores baseados em administração e no tratamento de informações, são aqueles que vendem conhecimento, ou seja, são empresas que operam no gerenciamento de atividades, e que não possuem ativos tangíveis, mas fornecem a seus clientes, capital intelectual para administrar toda ou parte de suas operações logísticas.

De acordo com Albuquerque e Vasconcelos (2004) cabe a alta administração a decisão de terceirizar em concordância com suas estratégias de negócios, tarefa essa que não é simples. É preciso entender sobre o que realizar dentro ou fora da empresa. Os mesmos autores afirmam que no caso de se pensar em contratar o operador, pensa-se em redução de custos e melhoria do nível de serviços, permitindo ao contratante reduzir seus investimentos em ativos, ter o foco centrado no seu negócio, uma maior flexibilidade operacional, redução dos custos de armazenagem, estocagem, frota e tecnologia da informação.

No entanto, caso todas as atividades da empresa sejam executadas pela mesma, o controle sobre as operações aumenta, como também, permite avaliar e monitorar todo o processo de uma forma mais efetiva. Dessa maneira, a contratação de operadores logísticos atualmente é um fator crescente, as empresas necessitam focar na sua principal atividade, pois, a proliferação de produtos, a segmentação de mercados, a diminuição do ciclo de vida dos produtos e a crescente exigência por melhores serviços, interferem na organização de uma forma geral, fazendo com que as empresas não deem conta de realizar todas as atividades pertinentes para produção.

No entanto, Pierre Dornier e outros autores (2000), citados por Albuquerque e Vasconcelos (2004, p.2), afirmam que há muitos riscos atrelados ao se terceirizar a logística, existe o risco comercial, na qual a imagem do fabricante irá necessariamente ser ligada à de uma empresa de serviços, como também, há o fato de as empresas possuírem informações sigilosas e estratégicas no seu meio, o que pode ocasionar dificuldades e perdas por estarem sendo administradas por terceiros. Desta maneira é fundamental que os executivos analisem sobre essas questões para uma decisão correta.

Nesse contexto, a empresa Revenda Vale da Integração Ltda. (Revalle), é um operador logístico, sendo revenda parceira da AMBEV que é a empresa fabricante dos produtos.

2.5. Roteirização

A roteirização de veículos, é uma ferramenta com a finalidade de otimizar a distribuição de produtos, do ponto de fabricação (ou distribuição) ao ponto de consumo. Consiste em obter rotas que reduzam os custos de distribuição de uma frota de veículos operando a partir de um ou mais depósitos centrais, observadas as restrições relevantes à operação de entrega específica (GALVÃO ET AL., 1997). Laporte (1992) esclarece que a roteirização de veículos desempenha um papel fundamental no contexto da distribuição física e da logística.

Para todo melhoramento de rotas e cronogramas, sempre tem alguns objetivos que deseja-se atingir para beneficiar a empresa, nesse caso, a redução do número de veículos necessários, da distância total e do tempo total de viagem, contribuem para a minimização de custos logísticos e, além disso, favorece para a eliminação de falhas nos serviços que podem atrasar as entregas planejadas (CHOPRA e MEINDL, 2003). Para Ballou (2006), a quantidade de viagens para entrega que um veículo pode fazer em certo período de tempo, é essencialmente dependente do tempo em que as cargas passam em trânsito, interferindo, assim, nos custos totais de transporte.

De acordo com Wu (2007, p.5), “a roteirização de veículos pode ser definida como o atendimento de nós de demanda geograficamente dispersos, sendo que, para cada ligação entre um par de nós, há distâncias e custos associados.” Para atender todos os clientes é utilizada uma frota de veículos agregados que partem e retornam a um CD rotineiramente. A mesma autora afirma que o objetivo da roteirização é determinar o conjunto de rotas de menor custo que atenda as necessidades de todos os clientes (nós), respeitando restrições operacionais, tais como capacidade dos veículos, duração das rotas, janelas de tempo, duração da jornada de trabalho, entre outros fatores.

Para Partyka e Hall (2000), citados por Novaes (2004, p.289) existem três fatores essenciais para caracterizar um problema de roteirização, são: decisões, objetivos e restrições. As decisões, dizem respeito a forma que os clientes que precisam ser visitados são alocados, aos veículos da frota e os motoristas, envolvendo também a programação e o sequenciamento das visitas. Em relação aos objetivos principais, a roteirização tem como finalidade aumentar a qualidade de serviços prestados aos clientes, no entanto, é preciso manter ou reduzir os custos logísticos, sempre levando em consideração as restrições do caso.

Analisando as restrições, primeiramente, é necessário completar as rotas com os recursos disponíveis, cumprindo sempre o que foi acordado com os clientes. Em segundo lugar, deve respeitar os limites de tempo impostos pela jornada de trabalho dos motoristas e ajudantes. E por fim, devem ser respeitadas as restrições de trânsito, no que se refere a velocidades máximas, horários de carga e descarga, tamanho máximo dos veículos nas vias públicas, entre outros (NOVAES, 2004).

Ribeiro, Ruiz e Dexheimer (2001, p.2) apontam as seguintes restrições para os problemas de roteirização:

- Restrições de unicidade: cada cliente só pode ser servido por um e somente um veículo;
- Restrições de frota: cada veículo tem uma capacidade conhecida de carga, além disto o número de veículos que compõe a frota pode ser conhecido a priori, tendo-se neste caso que impor a condição adicional de que o número de rotas a ser gerado não pode ultrapassar o número de veículos disponíveis;
- Restrições de precedência: determinados clientes não podem ser visitados antes que outros o sejam (situação comum onde há entrega e coleta simultânea de mercadorias);
- Restrições temporais: cada veículo só pode operar durante intervalos de tempo de duração limitada, ou cada cliente só opera, para recebimento ou entrega de mercadoria, durante uma faixa limitada de tempo.

Ballou (2006) explica que, apesar de que, sejam muitas as variações dos problemas de roteirização, é possível reduzi-los em alguns modelos básicos.

- Um ponto de origem e um ponto de destino: Caso em que o ponto de origem é diferente do ponto de destino ao longo de uma rota, como, o abastecimento de um centro de distribuição com produtos de uma fábrica;

- Pontos de origem e destinos múltiplos: Normalmente em caso onde existam pontos múltiplos de fontes em condições de servir pontos múltiplos de destinos. Esse tipo de problema geralmente ocorre quando há mais de um vendedor, fábrica ou armazém para servir a mais de um cliente com o mesmo produto;
- Pontos de origem e destino coincidentes: Nesse tipo de problema, a viagem não é considerada completa até o retorno do veículo ao ponto de partida. Alguns exemplos desse tipo de problema são a entrega de bebidas em bares e restaurantes, suprimento e transporte dinâmico de combustíveis, entre outros problemas. Frequentemente operadores logísticos se deparam com situações de roteirização em que o ponto de origem e o de destino são os mesmos.

Ballou (2006) propõe alguns princípios para atingir uma boa roteirização, são soluções alternativas, no qual se conseguem avanços significativos no desenvolvimento de boas rotas e cronogramas relacionando à aplicação de oito princípios. Serão destacados quatro deles, para salientar os que se relacionam diretamente com a finalidade do trabalho, sendo eles:

1. Carregar caminhões com volumes destinados a paradas próximas entre si: Os roteiros dos caminhões devem ser organizados em torno de agrupamentos de paradas próximas umas das outras a fim de minimizar o tráfego entre elas, de acordo com a Figura 2.

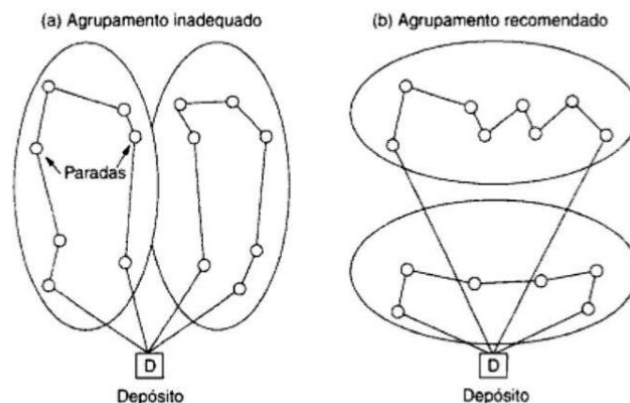


Figura 2: Agrupamento inadequado e recomendado de pontos.

Fonte: Ballou (2006, p.200)

2. O sequenciamento das paradas num roteiro de caminhões deve ter forma de lágrima: As paradas devem ser sequenciadas de maneira a não ocorrer nenhuma superposição entre elas com o roteiro assumindo a forma de lágrima.
3. Os roteiros mais eficientes são aqueles que fazem uso dos maiores veículos disponíveis: Em um roteiro ideal, a utilização de um veículo com capacidade suficiente para abastecer todas as paradas de um roteiro, minimizaria sempre a distância ou o tempo total percorrido para servir a todas as paradas.
4. A coleta deve ser combinada nas rotas de entrega em vez de reservada para o final dos roteiros: As coletas deveriam ser feitas, tanto quanto possível, ao longo do andamento das entregas a fim de minimizar o número de superposições de roteiros que tende a ocorrer quando tais paradas são servidas depois da realização de todas as entregas.

Novaes (2004) apresenta dois tipos de roteirização, a roteirização sem restrições e a roteirização com restrições. Na roteirização com restrições, a mesma fica atrelada aos limites de tempo e capacidade de carga e, além disso, na maioria dos casos é necessário roteirizar os veículos sem que antes ocorra uma divisão da região em bolsões. Ainda segundo Novaes (2004), existem vários métodos para resolver esse tipo de problema que envolve modelos matemáticos razoavelmente complicados, porém, ele destaca dois métodos simples e eficazes, que são bastante utilizados, que são o método de varredura e o método de Clarke e Wright. Esses dois métodos são mais adequados a situações em que existem muitos clientes, e restrições como capacidade de carga, tempo de entrega, horário de maior fluxo no trânsito, proibição de tráfego de caminhões em determinadas avenidas são fatores determinantes para definir o roteiro de entrega a ser seguido.

Na roteirização sem restrições, ou PCV (Problema do Caixeiro Viajante), Novaes (2004) aborda que a separação dos clientes pelos diversos roteiros, já foi realizada previamente, assim as restrições como capacidade de carga e tempo de percurso já estão resolvidas, dessa forma, é preciso somente encontrar a sequência de visitas que reduza o percurso dentro do bolsão. Há diversos métodos heurísticos que podem ser aplicados para resolução de roteirização sem restrições, sendo divididos em métodos de construção do roteiro e métodos de melhoria do roteiro (NOVAES, 2004).

2.5.1. Método de varredura

De acordo com Ballou (2006) o método da varredura é simples a ponto de ser calculado a mão, e quando programado em programa de computador ele oferece resultados rápidos. Ainda segundo o mesmo, esse método apresenta um índice médio de erro projetado de cerca de 10%, sendo considerado aceitável, quando é preciso resultados em curto prazo e prefere-se boas soluções, no lugar de ótimas. Novaes (2004) afirma que esse método é menos preciso em relação ao método de Clarke e Wright, devendo ser utilizado com certo cuidado, para evitar distorções nos resultados.

2.5.2. Método de Clarke e Wright ou das economias

Ballou (2006) explica que esse método possui flexibilidade suficiente para resolver uma ampla quantidade de restrições práticas, sendo rápido, em termos computacionais, para problemas com um número moderado de paradas, e capaz de gerar soluções que são quase ótimas. Conforme o autor, enquanto o método de varredura produz um erro médio de 10%, o de Clarke e Wright, reduz esse nível a 2% do ótimo absoluto. Ainda segundo o autor, esse método consegue superar muitas restrições práticas, principalmente em função de sua capacidade de, simultaneamente, criar roteiros e sequenciar paradas nesses roteiros. Ainda segundo o mesmo autor, o principal objetivo desse método é minimizar a distância total percorrida por todos os veículos e indiretamente minimizar o número de veículos necessários para servir a todas as paradas.

O método de Clarke e Wright é baseado no conceito de ganho. Para explicar esse método, Novaes (2004), considera uma pior situação a qual, o veículo sai do CD com a mercadoria destinada somente para um único cliente. Considerando que após fazer a entrega o mesmo retorna para o CD. Desta forma, a distância percorrida para realizar a entrega seria o somatório da distância percorrida na ida (CD – cliente) e no percurso de retorno (cliente – CD). É inegável que esta situação vai levar um número

grande de veículos e uma quilometragem elevada para sua frota. Supondo que o cliente j seja atendido posteriormente ao cliente i. Seguindo esta lógica, o veículo faria duas viagens na sequência, conforme mostra a figura 3.a). Sendo $d_{D,i}$ e $d_{D,j}$ as distâncias entre o CD e os clientes i e j, assim, o veículo faria um percurso para atendê-los igual à:

$$L = 2 \times d_{D,i} + 2 \times d_{D,j}$$

Dessa maneira, unindo os clientes i e j em um único roteiro é uma possibilidade para melhorar o percurso. Assim, conforme é mostrado na Figura 3.b), o percurso que o veículo faria é igual à:

$$L' = d_{D,i} + d_{i,j} + d_{D,j}$$

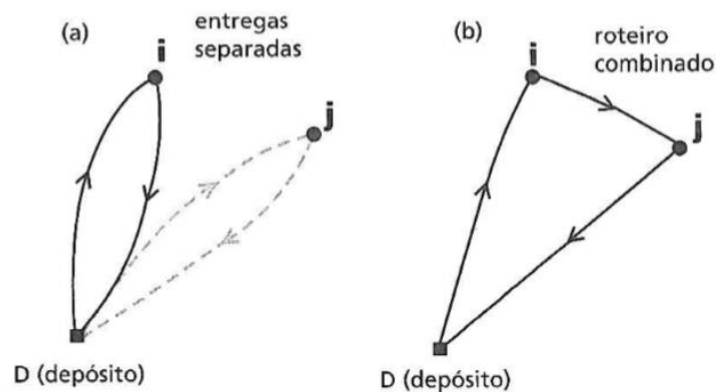


Figura 3: Integração de dois clientes em um roteiro compartilhado.

Fonte: Novaes (2004, p.301)

É possível identificar que ao integrar os clientes i e j em um único roteiro, faz-se uma economia de percurso (ganho) igual à diferença entre L e L':

$$g_{i,j} = L - L' = d_{D,i} + d_{D,j} - d_{i,j}$$

Onde:

$g_{i,j}$: ganho;

$d_{D,i}$: distância do CD ao cliente i;

$d_{D,j}$: distância do CD ao cliente j;

$d_{i,j}$: distância do cliente i ao cliente j .

Para Fraga (2010) o procedimento do método de Clarke e Wright baseia-se em combinar roteiros com maiores ganhos possíveis, sempre respeitando limites de peso e volume do veículo ao serem combinados dois ou mais roteiros.

Segundo Novaes (2004) esse método consta das seguintes etapas:

Etapa 1. Combinam-se todos os pontos (que representam os clientes) dois a dois e calcula-se o ganho para cada combinação. Faz-se uma relação.

Etapa 2. Ordenam-se todas as combinações i, j , de forma decrescente segundo os valores dos ganhos $g(i,j)$.

Etapa 3. Começa-se com a combinação de dois nós que apresentaram o maior ganho. Posteriormente, na análise de outras situações, vai-se descendo na lista de combinações, sempre obedecendo à sequência decrescente de ganhos.

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

- a) Se i e j não foram incluídos em nenhum dos roteiros já iniciados, cria-se então um novo roteiro com esses dois pontos;
- b) Se o ponto i pertence a um roteiro iniciado, verifica-se se esse ponto é o primeiro ou último desse roteiro (não contando o CD). Se a resposta for positiva, acrescenta-se o par de pontos (i,j) na extremidade apropriada. É preciso fazer a mesma análise com o ponto j . Se nenhum dos dois pontos satisfizer essa condição separadamente, passa-se para o item c);
- c) Se ambos os pontos i e j , fazem parte, cada um deles, de roteiros iniciados, mas diferentes, verifica-se se ambos são extremos dos respectivos roteiros. Se a resposta for positiva, fundem-se os dois roteiros num só, juntando-os de forma a unir i e j . Caso contrário, passa-se para a etapa 5;
- d) Se ambos os nós i e j pertencerem a um mesmo roteiro, passa-se para a etapa 5.

Etapa 5. Cada vez que acrescenta-se um ou mais pontos num roteiro, ou quando se fundir dois roteiros num só, verifica-se se a nova configuração satisfaz as restrições de tempo e de capacidade. Se atender aos limites das restrições, a nova configuração é aceita.

Etapa 6. O processo termina quando todos os pontos (clientes) tiverem sido incluídos num roteiro.

2.5.3. Método de melhoria

Por fim, Novaes (2004) afirma que é preciso empregar o método de melhoria sobre o resultado obtido em ambos os métodos já citados, método de Varredura e método de Clarke e Wright, pois, o mesmo acredita que a solução encontra por esses métodos não é totalmente satisfatória. Novaes (2004) cita dois processos utilizados o 2-opt e o 3-opt.

O 2-opt segue as etapas a seguir:

Etapa 1: Inicia com um roteiro qualquer;

Etapa 2: Remove dois arcos do roteiro e reconecta os nós dos arcos, se produzir um resultado melhor mantém a mudança se não a mudança será desfeita.

Etapa 3: O processo se encerra quando todas as tentativas foram testadas e não houver nenhuma outra maneira pra reduzir.

Para resolver pelo processo 3-opt utiliza-se de forma análoga as etapas anteriores, porém, usa três arcos na etapa 2, ao invés de dois.

3. METODOLOGIA

Esse capítulo tem como objetivo explicar os procedimentos metodológicos aplicados que foram utilizados para realização deste trabalho de monografia. Sendo assim, será apresentado a finalidade de pesquisa, o tipo e natureza da mesma, seguido da abordagem e, por fim, serão detalhadas informações referentes a empresa estudada e as etapas executadas para finalização do estudo.

Segundo Cervo, Bervian e Silva (2007), toda metodologia depende do objetivo da investigação, deste modo, a filosofia não tem relação com o estudo de coisas fantasiadas, irrealis ou inexistentes, pelo contrário, debate sobre a realidade. Assim sendo, a análise do método racional parte da observação da realidade ou aceitação de certas proposições incontestáveis para em seguida prosseguir por dedução das exigências unicamente lógicas e racionais. Portanto, neste capítulo será abordado todo o procedimento metodológico utilizado nesse trabalho de conclusão de curso, a fim, de facilitar o entendimento da maneira em que se deu o desenvolvimento do mesmo com o intuito de chegar a um resultado adequado.

3.1. Finalidade da pesquisa

Para Andrade (2009), a pesquisa pode ser categorizada em dois grupos em relação as suas várias finalidades. O mesmo autor afirma que o primeiro grupo reúne as finalidades motivadas por razões de ordem intelectual, já a segunda por razões de ordem prática. Na pesquisa de ordem intelectual o principal objetivo é alcançar o saber, para a satisfação do desejo de adquirir conhecimentos. Geralmente utilizada por cientistas e contribui para o progresso da ciência. O outro grupo, de ordem prática, visa atender às exigências da vida moderna, com aplicações práticas, contribuindo para fins específicos, pela busca de soluções para problemas concretos, que envolve verdades e interesses locais, de acordo com Ganga (2012).

Desta maneira, esse trabalho pode ser classificado como pesquisa aplicada, pelo fato de aplicar um método alternativo de roteirização para aplicação prática em uma empresa de distribuição de bebidas, de modo a buscar melhorias.

3.2. Tipo e Natureza da pesquisa

Em relação à natureza da pesquisa, Andrade (2009), afirma que uma pesquisa pode ser caracterizada como trabalho científico original ou resumo de assunto. Segundo a mesma autora, por trabalho científico original entende-se uma pesquisa realizada pela primeira vez, que venha a contribuir para a evolução do conhecimento específico com novas conquistas, gerando assim conhecimentos novos. Utilizada geralmente por especialistas em determinada área de estudo, contribuindo com informações úteis para o avanço da ciência, porém, a grande maioria das pesquisas realizadas em Engenharia de Produção pode ser classificada como resumo de assunto, a qual dispensa a originalidade, mas não o rigor científico. É pautada em trabalhos avançados, publicados por especialistas no assunto e proporciona ao pesquisador analisar e interpretar fatos e ideias, não se limitando à simples cópia. Esse presente trabalho classifica-se nessa natureza de pesquisa. Para Andrade (2009) esse tipo de pesquisa contribui para a ampliação da bagagem cultural do estudante permitindo ao mesmo poder desenvolver, futuramente, pesquisas mais amplas e trabalhos originais.

Quanto ao tipo de pesquisa, Cervo, Bervian e Silva (2007), propõem três tipos importantes: a bibliográfica, a descritiva e a experimental. Afirmam que a pesquisa bibliográfica procura explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em documentos. Pode ser realizada independente ou como parte da pesquisa descritiva ou experimental. Assim, o presente trabalho utiliza-se da pesquisa experimental juntamente com a bibliográfica, pois, busca conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas existentes sobre um determinado assunto, tema ou problema, e a partir disso, caracteriza-se, segundo Cervo, Bervian e Silva (2007), em experimental por manipular diretamente as variáveis relacionadas com o objeto de estudo. A manipulação das variáveis proporciona o estudo da relação entre causas e efeitos de um determinado fenômeno. Em relação à pesquisa descritiva, Turriani e

Mello (2012) afirmam que, a mesma propõe descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relação entre variáveis, envolvendo assim, o uso padronizado de coleta de dados, como questionários e observações específicas, no entanto, esse tipo de pesquisa não se encaixa no presente trabalho.

3.3. Abordagem do problema

Para Ganga (2012) a formação de um bom pesquisador, na área de Engenharia de Produção, deve ser guiada principalmente por métodos e abordagens de pesquisas tanto qualitativos quanto quantitativos.

O mesmo autor explica que, a pesquisa quantitativa está ligada à capacidade de se quantificar e confirmar estatisticamente as relações de causa e efeito que ocorrem entre as variáveis de pesquisa, que explicariam os fatores que influenciam um determinado fenômeno. Dessa maneira, seria possível, por meio de pesquisas quantitativas, aceitar ou rejeitar estatisticamente as hipóteses declaradas no processo de pesquisa. Segundo Prodanov (2013), nesse mesmo âmbito considera-se que tudo pode ser quantificável, o que significa expressar em números informações para melhor classificá-las e analisá-las.

Já em relação à abordagem qualitativa, Ganga (2012), explica que esse tipo de pesquisa é constantemente criticada, pois, comparada a objetividade da pesquisa quantitativa ela é significativamente subjetiva. Porém, isso não significa que a abordagem qualitativa não possa ser utilizada em estudos científicos. Algumas pesquisas combinam tanto métodos quantitativos, quanto métodos qualitativos. Sendo baseados tanto em dados empíricos, como também, caracterizando-se por uma abordagem exploratória, através de estudo de caso, para desenvolver ideias e questões da mesma.

Ainda segundo o mesmo autor, é cada vez mais indispensável em estudos na área de Engenharia de Produção o uso combinado dessas abordagens. Sendo assim, de

acordo com as abordagens explicadas acima, o presente trabalho é uma abordagem quanti-qualitativa, ao passo que, faz-se uso de coleta de dados baseados em conhecimentos teóricos empíricos e também de análises numéricas, assim como, obtém informações das ocorrências, através da visão dos indivíduos da organização e por meio de observações que possam interpretar o espaço em que o conjunto de problemas ocorre.

3.4. Campo de atuação

A matriz da empresa Revenda Vale da Integração Ltda. (Revalle), utilizada para realização deste trabalho, está localizada na cidade de Juazeiro, no estado da Bahia. Localiza-se aproximadamente a 504 km da capital baiana, Salvador. Distribui bebidas, para várias cidades do interior da Bahia, Casa Nova, Remanso, Campo Alegre de Lourdes, Pilão Arcado, Sobradinho, Sento Sé, Curaçá, Uauá e Canudos, sendo a cidade de Campo Alegre de Lourdes a mais distante da sede, em torno de 321 km, como também, atua em praticamente em todos os bairros da cidade de Juazeiro. Possui filial em Senhor do Bonfim, também no estado da Bahia, onde atende as cidades de Campo Formoso, Jaguarari, Itiúba, Filadélfia, Antônio Gonçalves, Ponto Novo e Andorinha, e a própria Senhor do Bonfim. Dessa maneira, atua em 18 municípios da Bahia, abrangendo praticamente 5% de todos os municípios do referido estado, totalizando um total de 784.400 habitantes atendidos pela empresa. Tem em torno de 3300 clientes em todas essas localidades. Dispõem de uma frota própria de 40 veículos, 30 são alocados para entrega de bebidas nas referidas cidades e 10 são utilizados para buscar as bebidas no depósito da fábrica da AMBEV em Salvador.

3.4.1. Delimitação da pesquisa

Pelo fato da cobertura de distribuição da empresa ser um tanto que distante e volumosa, em relação às cidades do interior, e a empresa possuir uma quantidade enorme de clientes, o que torna o trabalho muito extenso e inviável a realização da

pesquisa em sua totalidade, é mais fácil, segundo Gil (1999), trabalhar com amostras viáveis desse universo para realizar as pesquisas, dessa maneira, a pesquisa foi limitada às entregas na cidade de Juazeiro, analisado, dessa forma, somente os pontos de distribuição que estão inseridos na região da zona em questão, envolvendo, assim, as entregas que foram realizadas diariamente durante seis dias consecutivos, isto é, foi analisado as entregas ao longo de um uma semana, evidenciando a movimentação de segunda-feira a sábado.

3.5. Variáveis da pesquisa

As variáveis abordadas na pesquisa são essencialmente a localização dos pontos dos clientes onde as bebidas serão entregues, para obter as distâncias entre os mesmos e até o Centro de Distribuição - CD, como também, são importantes as quantidades aproximadas de bebidas a serem distribuídas para cada cliente, para dimensionar o tempo de parada (descarga) em cada cliente e, além disso, analisar a quantidade de peso que será alocada em cada veículo, a fim de obedecer a capacidade de carga. Essas variáveis foram colhidas a partir de dados documentados na empresa.

3.6. Delineamento da pesquisa

Através deste tópico busca-se descrever as etapas da execução da pesquisa, de modo a compreender como foi aplicado o método de Clarke e Wright na roteirização de entregas da empresa de distribuição de bebidas.

3.6.1. Coleta de dados

Inicialmente foi realizado um estudo bibliográfico, através de pesquisas em livros, artigos científicos, entre outras, relacionado aos conteúdos que serão abordados no presente trabalho.

A coleta de dados é a fase da pesquisa em que se questiona e se obtêm dados da realidade pela aplicação de técnicas. Em pesquisa de campo, é comum o uso de questionário e entrevistas. A escolha do instrumento de pesquisa, porém, dependerá do tipo de informação que se deseja obter ou do tipo de objeto de estudo (BARROS e LEHFELD, 2000).

Posteriormente, diante do conhecimento obtido, foi dado início a coleta de dados, no qual, através de visitas in loco à empresa Revenda Vale da Integração Ltda. (Revalle) foram realizadas entrevistas diretas e indiretas, com funcionários e supervisores responsáveis pela logística, observações no setor responsável pela elaboração das rotas a serem seguidas pela frota, e exames documentais, com o intuito de levantar dados pertinentes à aplicação do método de Clarke e Wright e, além disso, obter conhecimentos necessários e relevantes para a realização da pesquisa.

Dessa maneira, foi identificada a coordenada geográfica do CD e coletado o histórico dos dados relacionados aos clientes que foram atendidos, na determinada semana que foi estudada, como localização geográfica de cada um e suas respectivas demandas e, além disso, foi coletado também os tipos de veículos que foram utilizados para atender todos os clientes e suas distâncias percorridas ao final de cada dia. Igualmente, buscou-se identificar a capacidade máxima de peso que os veículos da frota suportam, para poder dimensionar corretamente a quantidade de carga alocada em cada veículo.

3.6.2. Análise de dados

Para a análise de dados, primeiramente foi entendido o modelo atual de roteirização de entregas utilizado na empresa, identificando principalmente a distância percorrida de todos os veículos por dia nas entregas reais. Na sequência foi elaborado um

resumo quantitativo do modelo atual cuja medição permitiu comparação posterior ao modelo que foi desenvolvido neste trabalho.

De posse das coordenadas geográficas em GD (graus decimais), latitude e longitude, dos clientes e do CD, disponibilizadas pela empresa, foram construídas planilhas, separadas por cada dia, para facilitar o entendimento. Então transformou-se as coordenadas geográficas em GD para cartesianas, as quais são dispostas em quilômetro, e para um melhor tratamento dos dados utilizou-se o ponto zero como localização do CD, fazendo com que todos os pontos dos clientes fossem dimensionados a partir da localização do CD. Cada coordenada foi multiplicada por 1,35, que segundo Novaes (2004), é um fator de correção, usado para aproximar as distâncias euclidianas das distâncias reais. Posteriormente, nas mesmas planilhas, foram criadas as matrizes das “distâncias”, com a identificação da distância entre todos os clientes, e entre estes e a empresa Revenda Vale da Integração Ltda. (Revalle), com base nas matrizes das “distâncias” foram construídas as matrizes dos “ganhos”, as quais permitem identificar quais pares de clientes, ao serem incluídos na mesma rota, permitiriam as maiores economias de distância. Com base nas matrizes dos “ganhos” foi possível identificar os maiores ganhos, ordenando os mesmos em ordem decrescente, assim, passou-se para a próxima etapa, que foi a construção dos roteiros, através da aplicação do método de Clarke e Wright. Foram plotados no mapa da região o centro de distribuição e os clientes de cada dia estudado, bem como, as respectivas ligações entre cada par de pontos, obedecendo a ordem dos ganhos e às restrições de capacidade dos veículos disponíveis para o determinado dia, e as restrições de tempo, tempo em trânsito do veículo e tempo de descarregar em cada cliente. Finalmente foram quantificados os valores do novo modelo com intuito de permitir a comparação legítima à sistemática atual.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo apresenta os resultados obtidos nessa pesquisa incluindo considerações e discussões referentes ao diagnóstico do modelo atual de roteirização realizado pela empresa. Detalha o tratamento dos dados para execução da roteirização pelo método de Clarke e Wright, o modelo de roteirização desenvolvido e traz o comparativo entre o cenário atual e o cenário proposto.

4.1. Diagnóstico do modelo de roteirização atual

A pesquisa é baseada na programação de entregas realizadas pela empresa Revenda Vale da Integração Ltda. (Revalle), que desenvolve também a atividade de distribuição de bebidas. Foi observado durante visitas realizadas à empresa como é realizada a roteirização de entregas e levantado dados importantes, como, as regiões de distribuição em que a empresa realiza as entregas na cidade de Juazeiro-BA, os clientes existentes e os seus respectivos endereços de localização, ou seja, os pontos de entrega. Outro fator importante registrado, foram as quantidades e tipos de veículos disponíveis na empresa com suas respectivas capacidades de carga, fundamentais na definição, e elaboração do plano atual de roteirização de entregas na região de distribuição estudada.

Conforme descrito no capítulo anterior, o método de Clarke e Wright foi utilizado para realizar a roteirização de entregas cumpridas pela sede da cidade estudada no período de 6 dias consecutivos, correspondentes a uma semana completa, segunda-feira a sábado. Este método foi comparado ao método atual para isso, foram coletadas a operação real da semana avaliada como as localizações geográficas dos clientes para cada dia com suas respectivas demandas em quilogramas, a quantidade de caminhões utilizados e a quilometragem percorrida de cada caminhão. A capacidade de carga dos veículos são expressas tanto em quantidade de caixas, como quilogramas, no trabalho foi adotado a unidade quilogramas para execução do método de roteirização.

Na roteirização pelo método de Clarke e Wright a capacidade dos veículos é a principal restrição identificada sendo necessário alocar as cargas corretamente, para comportar o suficiente para transportar o volume total de produtos das demandas diárias. A empresa dispõe de três tipos de caminhões, conforme tabela 1.

Tabela 1 - Características dos veículos disponíveis na empresa Revalle.

Tipo	Capacidade máxima de peso (Kg)	Capacidade máxima de caixas (Un)
(3/4)	5.000	180
Bau	12.000	420
Truck	13.500	504

Fonte: Produzido pelo autor.

Outra restrição observada, diz respeito ao tempo de entrega diária, pois, é preciso ser condizente com a jornada diária de trabalho dos funcionários. Assim, o tempo total de deslocamento e descarregamento nos clientes, não deve ultrapassar 8 horas. De acordo com o supervisor de distribuição, o tempo de parada para o descarregamento dos produtos em cada cliente varia com a quantidade de produtos solicitados, entretanto, a maioria das entregas são pequenas sendo muito rápido o descarregamento, dessa forma, foi adotado no dimensionamento do método Clarke e Wright um tempo médio de descarga em cada cliente. Já para o cálculo do tempo médio de deslocamento entre os clientes, foi considerado uma velocidade média de 30 km/h dos veículos percorrendo a cidade.

Os dados reais de operação da semana analisada fazendo uso da metodologia atual são apresentados na tabela 2, com a indicação dos veículos utilizados em cada dia e suas distâncias percorridas para realizar as entregas. Os referidos clientes, suas respectivas localizações geográficas em GD e demandas do primeiro ao sexto dia estudado, estão dispostos nos anexos A, B, C, D, E e F, respectivamente, deste trabalho.

Tabela 2 - Cenário de roteirização atual.

Primeiro dia	Segundo dia
---------------------	--------------------

Rota	Tipo	Distância percorrida (Km)	Rota	Tipo	Distância percorrida (Km)
1	(3/4)	32	1	(3/4)	23
2	Baú	30	2	Baú	16
3	Baú	29	3	Baú	26
4	Baú	24	4	Baú	36
5	Baú	31	5	Baú	35
6	Truck	16	6	Baú	31
Total		162	Total		167
Terceiro dia			Quarto dia		
Rota	Tipo	Distância percorrida (Km)	Rota	Tipo	Distância percorrida (Km)
1	Baú	27	1	(3/4)	32
2	Baú	35	2	Baú	37
3	Baú	21	3	Baú	26
4	Baú	42	4	Baú	42
5	Baú	27	5	Truck	36
6	Baú	26			
Total		178	Total		173
Quinto dia			Sexto dia		
Rota	(3/4)	Distância percorrida (Km)	Rota	Tipo	Distância percorrida (Km)
1	(3/4)	40	1	(3/4)	38
2	Baú	60	2	Baú	14
3	Baú	34	3	Baú	27
4	Baú	18	4	Baú	17
			5	Baú	20
			6	Baú	26
			7	Truck	13
Total		152	Total		155

Fonte: Produzido pelo autor.

De acordo com a tabela 2, a distância total percorrida pelos caminhões pela prática atual ao longo da semana analisada foi de 987 km.

Apesar de já existirem softwares relacionados a roteirização, a empresa ainda não o possui para roteirizar a sua frota. Fica a critério do responsável por esta função, emitir as notas fiscais de cada cliente e elaborar a programação de entregas. O procedimento básico adotado é alocar os caminhões para clientes de um mesmo bairro ou região, dessa maneira, não segue com rigidez as restrições adotadas no

método Clarke e Wright além disso, é o motorista quem escolhe o caminho e sequência de entregas, podendo variar de acordo o dia e com o motorista que realiza.

4.2. Tratamento dos dados para execução da roteirização

Este subcapítulo aborda a sequência dos passos seguidos para o tratamento dos dados para execução a roteirização de entregas.

4.2.1. Coordenadas cartesianas

Para execução do modelo de roteirização foram inicialmente tratados aqueles dados relacionados a localização, posição geográfica, dos clientes. Através do *Microsoft Excel* foi construído um banco de dados de todos os clientes, segmentados por dia real de operação, contendo o código do cliente, endereço e coordenadas geográficas em GD. Dessa maneira, para aplicar o método de Clarke e Wright foi preciso transformar as coordenadas geográficas em GD de cada cliente para coordenadas cartesianas, em quilometro. Somou-se todas as coordenadas dos clientes em GD tomando como base o ponto zero no CD. Em seguida, multiplicou-se cada coordenada por 111,3 km, para torna-las cartesianas, ou seja, a localização correspondente a um plano cartesiano, latitude (x) e longitude (y) em quilômetros. Adotou-se o fator 111,3 km, por meio da posição geográfica estar próxima da linha do equador. O perímetro da terra na linha do equador corresponde a aproximadamente 40075 km, dividindo esta medida por 360 graus, obtém-se que 1 grau equivale aproximadamente 111,3 km. E ainda para facilitar o entendimento para construção das rotas, atribui-se números em ordem crescente a partir do um, para cada cliente, optando por não utilizar o código de cliente utilizado pela empresa. As tabelas 3, 4, 5, 6, 7 e 8 resumem as localizações dos clientes de cada dia.

Tabela 3 - Localização geográfica cartesiana correspondente aos clientes do primeiro dia.

Cliente	Código	Latitude (Km)	Longitude (Km)
CD	-	0	0
1	2120	4,9204617	-1,3991523
2	51157	4,7439399	-0,9092097
3	51413	4,675713	-1,7658858
4	52268	4,3291248	-1,8198663
5	52770	4,4392005	-1,46916
...
93	25594	0,1476951	-2,4164343
94	51869	0,583212	-3,6112398
95	53506	1,7964933	-0,954954
96	51567	-1,1004231	-0,9245691
97	53649	2,8832265	-3,4850256

Fonte: Produzido pelo autor.

Tabela 4 - Localização geográfica cartesiana correspondente aos clientes do segundo dia.

Cliente	Código	Latitude (Km)	Longitude (Km)
CD	-	0	0
1	605	4,4655786	-0,8217279
2	8097	4,2644595	-1,0743789
3	51731	4,6347546	-0,8768214
4	52495	4,2588945	-1,0881801
5	53044	4,4278479	-0,8351952
...
112	53117	3,9258849	-2,7128262
113	51399	3,7528134	-2,4621786
114	3995	3,0633099	-4,5831114
115	4852	3,1391052	-4,5585141
116	52914	3,8018967	-2,5871685

Fonte: Produzido pelo autor.

Tabela 5 - Localização geográfica cartesiana correspondente aos clientes do terceiro dia.

Cliente	Código	Latitude (Km)	Longitude (Km)
CD	-	0	0
1	2120	4,9204617	-1,3991523
2	50180	5,0013768	-1,6319919
3	24968	4,994031	-1,6258704
4	2230	4,4625735	-1,7545332
5	53580	4,1480397	-1,7838051
...
89	53275	3,1334289	-3,8430777
90	53338	3,0578562	-3,9407991
91	53400	2,8168917	-3,8904915

92	5747	3,5846391	-2,6826639
93	51455	3,5518056	-2,5846086

Fonte: Produzido pelo autor.

Tabela 6 - Localização geográfica cartesiana correspondente aos clientes do quarto dia.

Cliente	Código	Latitude (Km)	Longitude (Km)
CD	-	0	0
1	283	4,9207956	-1,6815204
2	714	4,5743187	-1,5078924
3	1240	4,7813367	-1,3906935
4	2120	4,9204617	-1,3991523
5	4833	4,5291309	-1,3092219
...
90	52847	-2,1278334	0,4265016
91	51333	-2,3823765	-0,6115935
92	53289	-1,8788553	-0,8174985
93	53117	3,9258849	-2,7128262
94	52724	3,2447289	-3,9810897

Fonte: Produzido pelo autor.

Tabela 7 - Localização geográfica cartesiana correspondente aos clientes do quinto dia.

Cliente	Código	Latitude (Km)	Longitude (Km)
CD	-	0	0
1	25687	4,2473193	-0,518658
2	51305	4,3126524	-0,8265138
3	51437	4,3343559	-0,8680287
4	52550	4,6804989	-0,7152138
5	52623	4,47426	-0,8816073
...
73	50618	3,23883	-4,4607927
74	51175	3,1739421	-4,5435999
75	51351	3,26109	-4,3198869
76	53335	2,8271313	-4,1199921
77	53422	3,6129093	-3,8786937

Fonte: Produzido pelo autor.

Tabela 8 - Localização geográfica cartesiana correspondente aos clientes do sexto dia.

Cliente	Código	Latitude (Km)	Longitude (Km)
CD	-	0	0
1	4833	4,5291309	-1,3092219
2	24469	4,2899472	-1,451352
3	52348	4,1012937	-1,6165212
4	25379	3,9582732	-1,3320384

5	25864	3,5009415	-1,1663127
...
26	8046	3,0645342	-3,7275483
27	25624	2,7920718	-3,6800232
28	53026	3,0714348	-3,9828705
29	53242	2,8738773	-3,6416247
30	53400	2,8168917	-3,8904915

Fonte: Produzido pelo autor.

4.2.2. Matriz distância

Após estruturar as coordenadas dos clientes, devidamente agrupados em cada dia, iniciou-se a construção do sequencialmente das entregas. Construiu-se as matrizes das “distâncias” relacionadas a cada dia estudado, com a identificação entre todos os clientes e entre esses e o CD.

Foi preciso utilizar as coordenadas cartesianas já obtidas, para o cálculo das distâncias. Essas distâncias foram calculadas aplicando a fórmula da distância entre dois pontos em um plano, conforme equação abaixo. Todas as distâncias foram multiplicadas pelo coeficiente 1,35, para aproximar as distâncias euclidianas das distâncias reais.

$$D_{ij} = \left(\sqrt{(Lat_i - Lat_j)^2 + (Long_i - Long_j)^2} \right) \times k$$

Onde:

D_{ij} : Distância entre os pontos analisados i e j;

Lat_i : Latitude do ponto i;

$Long_i$: Longitude do ponto i;

Lat_j : Latitude do ponto j;

$Long_j$: Longitude do ponto j;

k : Coeficiente de aproximação [1,35].

Dessa maneira, foram construídas as matrizes das “distâncias”, em quilômetros, de cada dia estudado. Exemplificado de acordo com os quadros 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Não foi possível colocar as referidas matrizes por completo no trabalho devido as suas extensões.

Quadro 1 - Matriz “distância” em quilômetros, referente ao primeiro dia estudado.

Cliente	CD	1	2	3	4	...	94	95	96	97
CD	0	6,650179	6,279367	6,497483	6,104913	...	4,75544	2,644893	1,868457	5,880025
1	6,650179	0	0,677004	0,573174	0,943445	...	6,32942	4,102008	7,851428	3,790385
2	6,279367	0,677004	0	1,117205	1,300888	...	6,449444	3,832142	7,597698	4,130868
3	6,497483	0,573174	1,117205	0	0,455997	...	5,836102	3,888612	7,588211	3,228727
4	6,104913	0,943445	1,300888	0,455997	0	...	5,397878	3,479121	7,153727	2,866899
...	...	...	...	...	...	0	...	...	...	...
94	4,75544	6,32942	6,449444	5,836102	5,397878	...	0	3,796335	4,121805	2,994517
95	2,644893	4,102008	3,832142	3,888612	3,479121	...	3,796335	0	3,766198	3,579665
96	1,868457	7,851428	7,597698	7,588211	7,153727	...	4,121805	3,766198	0	6,156211
97	5,880025	3,790385	4,130868	3,228727	2,866899	...	2,994517	3,579665	6,156211	0

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 2 - Matriz “distância” em quilômetros, referente ao segundo dia estudado.

Cliente	CD	1	2	3	4	...	113	114	115	116
CD	0	5,90272	5,717031	6,132055	5,714431	...	5,834949	7,166382	7,195242	5,978284
1	5,90272	0	0,419804	0,231297	0,438382	...	2,325188	5,218551	5,154808	2,451889
2	5,717031	0,419804	0	0,545609	0,019345	...	1,922844	4,821224	4,759779	2,056507
3	6,132055	0,231297	0,545609	0	0,560575	...	2,358408	5,233372	5,166061	2,473056
4	5,714431	0,438382	0,019345	0,560575	0	...	1,903508	4,801906	4,740483	2,037234
...	...	...	...	...	...	0	...	...	...	...
113	5,834949	2,325188	1,922844	2,358408	1,903508	...	0	2,899254	2,839618	0,174567
114	7,166382	5,218551	4,821224	5,233372	4,801906	...	2,899254	0	0,103593	2,766679
115	7,195242	5,154808	4,759779	5,166061	4,740483	...	2,839618	0,103593	0	2,703717
116	5,978284	2,451889	2,056507	2,473056	2,037234	...	0,174567	2,766679	2,703717	0

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 3 - Matriz “distância” em quilômetros, referente ao terceiro dia estudado.

Cliente	CD	1	2	3	4	...	90	91	92	93
CD	0	6,650179	6,839182	6,827637	6,233625	...	6,484431	6,24417	5,820506	5,710467
1	6,650179	0	0,320448	0,309863	0,753504	...	4,096396	4,238833	2,408274	2,353871
2	6,839182	0,320448	0	0,012431	0,718331	...	3,923301	4,084731	2,292965	2,254942
3	6,827637	0,309863	0,012431	0	0,710853	...	3,923259	4,08383	2,290067	2,251363
4	6,233625	0,753504	0,718331	0,710853	0	...	3,378247	3,505323	1,660846	1,601969
...	...	...	...	...	...	0	...	...	...	...
90	6,484431	4,096396	3,923301	3,923259	3,378247	...	0	0,320008	1,773156	1,876346

91	6,24417	4,238833	4,084731	4,08383	3,505323	...	0,320008	0	1,860537	1,948018
92	5,820506	2,408274	2,292965	2,290067	1,660846	...	1,773156	1,860537	0	0,134428
93	5,710467	2,353871	2,254942	2,251363	1,601969	...	1,876346	1,948018	0,134428	0

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 4 - Matriz "distância" em quilômetros, referente ao quarto dia estudado.

Cliente	CD	1	2	3	4	...	90	91	92	93
CD	0	6,760218	6,261377	6,473322	6,650179	...	3,197515	2,6637	6,203602	6,676654
1	6,760218	0	0,503812	0,419296	0,367079	...	9,595468	8,910624	1,862877	3,69923
2	6,261377	0,503812	0	0,309258	0,471668	...	9,118456	8,437	1,778831	3,650319
3	6,473322	0,419296	0,309258	0	0,181196	...	9,367741	8,690255	2,047173	3,915421
4	6,650179	0,367079	0,471668	0,181196	0	...	9,548736	8,871396	2,142013	4,001484
...	...	...	...	...	...	0	...	...	...	...
91	3,197515	9,595468	9,118456	9,367741	9,548736	...	0	0,707193	8,643714	8,526436
92	2,6637	8,910624	8,437	8,690255	8,871396	...	0,707193	0	7,93823	7,828054
93	6,203602	1,862877	1,778831	2,047173	2,142013	...	8,643714	7,93823	0	1,871488
94	6,676654	3,69923	3,650319	3,915421	4,001484	...	8,526436	7,828054	1,871488	0

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 5 - Matriz "distância" em quilômetros, referente ao quinto dia estudado.

Cliente	CD	1	2	3	4	...	74	75	76	77
CD	0	5,562531	5,70848	5,746546	6,155277	...	7,205121	7,036367	6,495709	6,890905
1	5,562531	0	0,409126	0,468064	0,618394	...	5,415291	5,105209	5,032619	4,445224
2	5,70848	0,409126	0	0,0609	0,499611	...	5,053873	4,742674	4,696901	4,070774
3	5,746546	0,468064	0,0609	0	0,491887	...	5,010717	4,69932	4,659551	4,024668
4	6,155277	0,618394	0,499611	0,491887	0	...	5,348399	5,036286	5,039489	4,340395
...	...	...	...	...	...	0	...	...	...	...
74	7,205121	5,415291	5,053873	5,010717	5,348399	...	0	0,312114	0,711709	1,03576
75	7,036367	5,105209	4,742674	4,69932	5,036286	...	0,312114	0	0,62112	0,733583
76	6,495709	5,032619	4,696901	4,659551	5,039489	...	0,711709	0,62112	0	1,06859
77	6,890905	4,445224	4,070774	4,024668	4,340395	...	1,03576	0,733583	1,06859	0

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 6 - Matriz "distância" em quilômetros, referente ao sexto dia estudado.

Cliente	CD	1	2	3	4	...	27	28	29	30
CD	0	6,12893	5,887446	5,730885	5,42931	...	6,005133	6,538492	6,030739	6,24417
1	6,12893	0	0,361694	0,68479	0,742708	...	3,820778	3,958767	3,718083	4,026794
2	5,887446	0,361694	0	0,325963	0,458226	...	3,490834	3,652366	3,39062	3,704269
3	5,730885	0,68479	0,325963	0	0,413934	...	3,176925	3,354962	3,078447	3,395124
4	5,42931	0,742708	0,458226	0,413934	0	...	3,408147	3,633818	3,316938	3,641957
...	...	...	...	...	...	0	...	...	...	...
27	6,005133	3,820778	3,490834	3,176925	3,408147	...	0	0,535626	0,11748	0,275505
28	6,538492	3,958767	3,652366	3,354962	3,633818	...	0,535626	0	0,512599	0,352024

29	6,030739	3,718083	3,39062	3,078447	3,316938	...	0,11748	0,512599	0	0,3319
30	6,24417	4,026794	3,704269	3,395124	3,641957	...	0,275505	0,352024	0,3319	0

Fonte: Produzido pelo autor.

4.2.3. Matriz de ganhos

As matrizes dos “ganhos” foram elaboradas com base nas matrizes das “distâncias”, as quais, possibilitaram constatar quais pares de clientes, permitiam as maiores economias em termo de distância, ao serem incluídos na mesma rota. Primeiramente foi calculado a distância entre o CD em relação a todos os clientes, mostrado no apêndice A. Posteriormente, foi utilizado a fórmula de ganho, conforme equação a seguir, de acordo com Ballou (2006).

$$G_{ij} = D_{oi} + D_{oj} - D_{ij}$$

Onde:

G_{ij} : Ganho obtido;

D_{oi} : Distância entre a origem e o ponto i;

D_{oj} : Distância entre a origem e o ponto j;

D_{ij} : Distância entre os pontos i e j.

Dessa maneira, com base nas matrizes das “distâncias” e as distâncias entre o CD em relação aos clientes, foram construídas as matrizes dos “ganhos”, referentes a cada dia estudado, de acordo com os quadros 7, 8, 9, 10, 11 e 12. Não foi possível colocar as matrizes por completo no trabalho devido as suas extensões.

Quadro 7 - Matriz dos “ganhos” em quilômetros, referente ao primeiro dia estudado.

Cliente	CD	1	2	3	4	...	94	95	96	97
CD	X									
1	X	X								
2	X	12,74983	X							
3	X	13,08017	12,15106	X						
4	X	12,30223	11,55971	12,63111	X					
...	...	...	...	...	...	X				
94	X	5,514877	5,009778	5,849626	5,880181	...	X			

95	X	5,550567	5,435359	5,605394	5,607217	...	3,888626	X		
96	X	0,994849	0,863504	1,099497	1,126311	...	2,756858	0,920742	X	
97	X	9,22175	8,496193	9,624839	9,578999	...	8,050004	5,273134	1,89029	X

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 8 - Matriz dos "ganhos" em quilômetros, referente ao segundo dia estudado.

Cliente	CD	1	2	3	4	...	113	114	115	116
CD	X									
1	X	X								
2	X	11,64686	X							
3	X	12,26635	11,75921	X						
4	X	11,62558	11,85179	11,74155	X					
...	...	...	...	...	...	X				
113	X	9,863929	10,07344	10,06887	10,09008	...1,8	X			
114	X	8,353209	8,557705	8,576544	8,574322	...	13,50138	X		
115	X	8,446922	8,64912	8,673825	8,665716	...	10,6321	14,8104	X	
116	X	9,886077	10,08863	10,10307	10,1052	...	9,42797	13,65023	13,6802	X

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 9 - Matriz dos "ganhos" em quilômetros, referente ao terceiro dia estudado.

Cliente	CD	1	2	3	4	...	90	91	92	93
CD	X									
1	X	X								
2	X	13,68773	X							
3	X	13,68633	14,18004	X						
4	X	12,62583	12,85728	12,85277	X					
...	...	...	...	...	...	X				
90	X	9,543391	9,912759	9,900812	9,828965	...	X			
91	X	9,151453	9,501827	9,490738	9,452387	...	12,89815	X		
92	X	10,54205	10,85363	10,84454	10,85691	...	11,00505	10,66816	X	
93	X	10,48218	10,77739	10,76898	10,80151	...	10,78759	10,46641	11,84004	X

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 10 - Matriz dos "ganhos" em quilômetros, referente ao quarto dia estudado.

Cliente	CD	1	2	3	4	...	90	91	92	93
CD	X									
1	X	X								
2	X	13,01861	X							
3	X	13,32323	12,91524	X						
4	X	13,5591	12,93649	13,44706	X					
...	...	...	...	...	...	X				
91	X	0,745254	0,704239	0,675052	0,677715	...	X			
92	X	0,875752	0,831349	0,798191	0,800709	...	5,379453	X		

93	X	11,59955	11,16557	11,11733	11,20614	...	1,118985	1,270122	X	
94	X	10,25444	9,785328	9,740323	9,83792	...	1,727508	1,871544	11,50416	X

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 11 - Matriz dos “ganhos” em quilômetros, referente ao quinto dia estudado.

Cliente	CD	1	2	3	4	...	74	75	76	77
CD	X									
1	X	X								
2	X	11,29539	X							
3	X	11,27598	11,8347	X						
4	X	11,5501	11,82044	11,8677	X					
...	...	...	...	...	...	X				
74	X	7,843424	8,356405	8,439091	8,525861	...	X			
75	X	7,978262	8,49236	8,575244	8,662729	...	14,47712	X		
76	X	7,4894	7,976681	8,053561	8,098074	...	13,51608	13,43142	X	
77	X	8,48719	9,013203	9,098839	9,207563	...	13,60242	13,72935	12,83289	X

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 12 - Matriz dos “ganhos” em quilômetros, referente ao sexto dia estudado.

Cliente	CD	1	2	3	4	...	27	28	29	30
CD	X									
1	X	X								
2	X	12,11685	X							
3	X	11,63117	11,73923	X						
4	X	11,26008	11,29379	11,1755	X					
...	...	...	...	...	...	X				
27	X	8,779979	8,859151	9,010477	8,466082	...	X			
28	X	9,195864	9,251493	9,386314	8,794284	...	12,49045	X		
29	X	8,909265	8,985956	9,135547	8,583883	...	12,38131	12,54006	X	
30	X	8,822194	8,893947	9,04051	8,480503	...	12,44492	12,92228	12,41512	X

Fonte: Produzido pelo autor.

4.2.4. Ordem decrescente de ganhos

A etapa seguinte consiste na identificação dos maiores ganhos que compõem as matrizes de “ganhos”, para isto, foi ordenado de forma decrescente os ganhos relacionados a cada dia estudado. A tabela 8 mostra de forma resumida como se

procedeu esse passo, não sendo possível ser colocada por completa no trabalho devido a sua extensão.

Tabela 9 - Classificação em ordem decrescente dos ganhos relacionados a cada dia estudado.

Primeiro dia (Segunda)		Segundo dia (Terça)		Terceiro dia (Quarta)	
Cientes (Par)	Ganho (Km)	Cientes (Par)	Ganho (Km)	Cientes (Par)	Ganho (Km)
Par: 12 - 8	13,399	Par: 115 – 114	14,258	Par: 3 - 2	13,654
Par: 8 - 3	12,993	Par: 39 – 9	13,512	Par: 83 - 2	13,527
Par: 12 - 3	12,984	Par: 48 – 47	13,433	Par: 83 - 3	13,509
Par: 11 - 8	12,96	Par: 101 – 98	13,431	Par: 2 - 1	13,169
Par: 11 - 3	12,951	Par: 48 – 37	13,425	Par: 3 - 1	13,168
Par: 12 - 11	12,947	Par: 47 – 37	13,406	Par: 83 - 1	13,034
...
Quarto dia (Quinta)		Quinto dia (Sexta)		Sexto dia (Sábado)	
Cientes (Par)	Ganho (Km)	Cientes (Par)	Ganho (Km)	Cientes (Par)	Ganho (Km)
Par: 16 - 1	13,476	Par: 63 - 61	21,13	Par: 7 - 6	12,701
Par: 16 - 4	13,169	Par: 61 - 57	21,095	Par: 28 - 25	12,67
Par: 11 - 4	13,137	Par: 62 - 61	21,078	Par: 28 - 26	12,48
Par: 4 - 1	13,043	Par: 62 - 57	21,071	Par: 30 - 25	12,441
Par: 16 - 11	13,006	Par: 63 - 57	21,057	Par: 30 - 28	12,431
Par: 4 - 3	12,942	Par: 62 - 59	21,032	Par: 26 - 25	12,173
...

Fonte: Produzido pelo autor.

4.2.5. Construção das rotas

Para construção das rotas foi utilizado a ferramenta My Maps, do site Google Maps, onde foi possível, criar roteiros de entregas para a totalidade de clientes referentes aos dias estudados, ligando cada par de clientes de acordo com os maiores ganhos, como exemplificado no tópico anterior. Como restrição, foi levado em consideração as capacidades de cargas dos veículos que foram utilizados nas entregas reais e, além disso, o tempo de jornada de trabalho, segmentado no tempo em trânsito entre os clientes e o tempo médio de parada, ou seja, o tempo médio para descarregar a mercadoria do cliente. A velocidade média dos veículos de entrega foi estabelecida em 30 km/h, pelo fato das entregas serem urbanas, as vias possuem intenso tráfego. A jornada corresponde a oito horas diárias. O tempo em trânsito entre os clientes foi calculado de acordo com a equação abaixo, no qual, a multiplicação da velocidade

média e a distância entre os clientes resulta no tempo em trânsito entre os determinados clientes. Segundo o supervisor de distribuição o tempo médio para descarregar um quilograma de produtos em cada estabelecimento é muito variável, pois, depende do perfil de cada clientes, no entanto, estima-se em torno de dois segundos esse tempo médio de descarregamento, dessa maneira, foi calculado o tempo médio de descarga em cada cliente. A distância entre os clientes foi encontrada através do site Google Maps, que permitiu identificar as distâncias. Sendo assim, foram levantadas as distâncias reais nas vias de trânsito, levando em consideração fatores urbanos, como as ruas que são contra mão, ruas asfaltadas, entre outros.

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Onde:

V_m : Velocidade média

ΔS : Variação do espaço (distância percorrida)

Δt : Tempo gasto (tempo em trânsito)

4.3. Modelo de roteirização desenvolvido

Foi possível criar as rotas de entregas relacionadas a cada dia respeitando a jornada de trabalho diária e as capacidades de carga dos veículos, assim, foi encontrado a melhor sequência de entrega, a distância total percorrida em cada rota, os tempos de deslocamento entre os clientes, os tempos de descarga em cada cliente, conseqüentemente, o tempo de ciclo de cada rota e, além disso, a quantidade de carga alocada a cada rota. Os próximos tópicos abordam as roteirizações, obtidas pelo método de Clarke e Wright, para os determinados dias estudados.

4.3.1. Roteirização desenvolvida para o primeiro dia

Os quadros 13, 14, 15 e 16 apresentam as rotas elaboradas referente ao primeiro dia, Segunda-feira.

Quadro 13 - Rota 1 do primeiro dia.

Rota 1 - Caminhão Truck (28 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda(kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 69	221,78	6,65	4,00	2	89 -> 87	186,71	5,60	2,00	1
69 -> 71	946,56	28,40	2,20	1,1	87 -> 90	182,90	5,49	0,52	0,26
71 -> 72	322,40	9,67	0,38	0,19	90 -> 94	225,10	6,75	3,00	1,5
72 -> 70	1.643,85	49,32	0,58	0,29	94 -> 97	777,00	23,31	5,60	2,8
70 -> 86	210,29	6,31	3,60	1,8	97 -> 25	396,88	11,91	4,60	2,3
86 -> 82	247,41	7,42	0,70	0,35	25 -> 67	244,14	7,32	0,54	0,27
82 -> 83	837,20	25,12	0,70	0,35	67 -> 66	143	4,29	0,90	0,45
83 -> 81	158,59	4,76	0,36	0,18	66 -> 35	337,89	10,14	3,00	1,5
81 -> 84	1.301,50	39,05	0,02	0,009	35 -> 34	448,3	13,45	0,19	0,094
84 -> 85	633,98	19,02	0,08	0,041	34 -> 27	532,1	15,96	0,54	0,27
85 -> 93	365,30	10,96	3,80	1,9	27 -> 36	337,51	10,13	0,24	0,12
93 -> 88	334,03	10,02	1,70	0,85	36 -> 24	129,88	3,90	0,52	0,26
88 -> 92	1.720,70	51,62	0,90	0,45	24 -> 22	181,3	5,44	1,20	0,6
92 -> 91	137,69	4,13	2,20	1,1	22 -> CD			9,00	4,5
91 -> 89	259,00	7,77	0,58	0,29	Total	13.462,99	403,89	53,65	26,82

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 14 - Rota 2 do primeiro dia.

Rota 2 - Caminhão Baú (21 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda(kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 49	150,52	4,52	9,20	4,6	40 -> 52	808,57	24,26	1,60	0,8
49 -> 56	1.034,10	31,02	1,80	0,9	52 -> 51	178,86	5,37	0,48	0,24
56 -> 45	583,9	17,52	1,50	0,75	51 -> 54	266,02	7,98	0,01	0,0039
45 -> 43	600,1	18,00	1,40	0,7	54 -> 53	330,6	9,92	0,70	0,35
43 -> 41	591,8	17,75	0,05	0,026	53 -> 50	268,76	8,06	0,58	0,29
41 -> 46	913,8	27,41	0,01	0,003	50 -> 13	650,94	19,53	3,20	1,6
46 -> 42	241,14	7,23	0,60	0,3	13 -> 2	178,98	5,37	1,30	0,65
42 -> 48	179,4	5,38	2,00	1	2 -> 5	239,09	7,17	2,00	1
48 -> 44	189,9	5,70	0,08	0,039	5 -> 10	465,96	13,98	1,30	0,65
44 -> 47	315,06	9,45	0,90	0,45	10 -> CD			9,60	4,8
47 -> 40	377,91	11,34	0,30	0,15	Total	8565,41	281,22	38,60	19,30

40 -> 52	808,57	24,26	1,60	0,8
----------	--------	-------	------	-----

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 15 - Rota 3 do primeiro dia.

Rota 3 - Caminhão Baú (29 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda(kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 23	147,7	4,43	9,60	4,8	29 -> 17	148,24	4,45	1,12	0,56
23 -> 6	240,58	7,22	0,30	0,15	17 -> 32	148,9	4,47	0,28	0,14
6 -> 20	162,56	4,88	0,90	0,45	32 -> 16	585,68	17,57	1,00	0,5
20 -> 38	238,4	7,15	1,40	0,7	16 -> 4	527,78	15,83	0,54	0,27
38 -> 39	233,1	6,99	1,80	0,9	4 -> 7	162,76	4,88	0,36	0,18
39 -> 19	160,86	4,83	0,04	0,019	7 -> 14	719,54	21,59	1,20	0,6
19 -> 18	511,6	15,35	0,40	0,2	14 -> 15	207,44	6,22	0,22	0,11
18 -> 21	129,5	3,89	0,14	0,069	15 -> 9	662,4	19,87	0,30	0,15
21 -> 33	431,42	12,94	1,00	0,5	9 -> 3	145,8	4,37	0,80	0,4
33 -> 26	382,1	11,46	1,00	0,5	3 -> 11	259,98	7,80	0,34	0,17
26 -> 28	396,04	11,88	0,70	0,35	11 -> 8	192,8	5,78	1,40	0,7
28 -> 31	129,5	3,89	0,34	0,17	8 -> 12	366,38	10,99	1,50	0,75
31 -> 37	165,3	4,96	0,70	0,35	12 -> 1	388,88	11,67	1,10	0,55
37 -> 55	414,65	12,44	1,60	0,8	1 -> CD			11,60	5,8
55 -> 30	346,52	10,40	1,20	0,6	Total	8867,48	266,02	44,18	22,09
30 -> 29	261,07	7,83	1,30	0,65					

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 16 - Rota 4 do primeiro dia.

Rota 4 - Caminhão Baú (20 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda(kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 96	186,02	5,58	4,20	2,1	61 -> 58	767,85	23,04	0,00	0
96 -> 57	1.196,00	35,88	11,40	5,7	58 -> 59	282,71	8,48	0,70	0,35
57 -> 73	192,8	5,78	4,60	2,3	59 -> 65	248,2	7,45	1,60	0,8
73 -> 74	199,5	5,99	0,90	0,45	65 -> 79	513,05	15,39	1,20	0,6
74 -> 76	292,87	8,79	0,56	0,28	79 -> 95	129,5	3,89	0,05	0,027
76 -> 75	422,1	12,66	0,16	0,078	95 -> 80	197,6	5,93	0,42	0,21
75 -> 64	287,25	8,62	1,30	0,65	80 -> 68	149,04	4,47	1,10	0,55
64 -> 62	585	17,55	0,60	0,3	68 -> 77	357,88	10,74	0,14	0,07
62 -> 63	600,53	18,02	0,34	0,17	77 -> 78	1.076,61	32,30	0,56	0,28
63 -> 60	443,2	13,30	0,09	0,045	78 -> CD			4,20	2,1
60 -> 61	221,39	6,64	0,90	0,45	Total	8349,1	250,47	35,02	17,51

Fonte: Produzido pelo autor.

4.3.2. Roteirização desenvolvida para o segundo dia

Os quadros 17, 18, 19, 20 e 21 apresentam as rotas elaboradas referente ao segundo dia, terça-feira

Quadro 17 - Rota 1 do segundo dia.

Rota 1 - Caminhão (3/4) (15 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD-> 78	179,40	5,38	4,40	2,2	85 -> 86	235,00	7,05	0,00	0
78 -> 77	150,52	4,52	3,00	1,5	86 -> 81	422,00	12,66	0,50	0,25
77 -> 76	211,00	6,33	0,18	0,089	81 -> 84	234,30	7,03	1,00	0,5
76 -> 27	209,55	6,29	1,40	0,7	84 -> 90	332,60	9,98	1,30	0,65
27 -> 79	140,78	4,22	2,20	1,1	90 -> 87	185,72	5,57	2,00	1
79 -> 80	139,72	4,19	0,90	0,45	87 -> 89	422,00	12,66	1,50	0,75
80 -> 82	188,84	5,67	0,44	0,22	89 -> CD			9,20	4,6
82 -> 83	489,20	14,68	0,60	0,3	Total	3.822,13	114,66	29,04	14,52
83 -> 85	281,50	8,45	0,42	0,21					

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 18 - Rota 2 do segundo dia.

Rota 2 - Caminhão Baú (28 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 59	239,20	7,18	11,20	5,6	3 -> 13	119,60	3,59	1,40	0,7
59 -> 51	289,90	8,70	0,48	0,24	13 -> 11	213,50	6,41	0,38	0,19
51 -> 53	256,14	7,68	0,08	0,039	11 -> 9	310,80	9,32	2,40	1,2
53 -> 58	173,86	5,22	0,34	0,17	9 -> 39	560,70	16,82	2,20	1,1
58 -> 52	322,30	9,67	0,60	0,3	39 -> 35	599,50	17,99	2,20	1,1
52 -> 56	711,33	21,34	0,46	0,23	35 -> 42	185,65	5,57	0,60	0,3
56 -> 60	351,00	10,53	0,60	0,3	42 -> 33	505,58	15,17	0,11	0,055
60 -> 55	317,88	9,54	0,90	0,45	33 -> 40	911,97	27,36	0,34	0,17
55 -> 12	764,40	22,93	0,30	0,15	40 -> 38	239,2	7,18	0,17	0,084
12 -> 15	283,96	8,52	0,20	0,1	38 -> 44	721,64	21,65	0,11	0,055
15 -> 14	192,80	5,78	0,12	0,06	44 -> 49	51	1,53	0,26	0,13

14 -> 54	154,81	4,64	1,10	0,55	49 -> 43	168,8	5,06	0,30	0,15
54 -> 7	887,79	26,63	1,20	0,6	43 -> 32	176,22	5,29	0,06	0,028
7 -> 10	204,94	6,15	0,06	0,029	32 -> CD			12,40	6,2
10 -> 3	125,02	3,75	0,70	0,35	Total	10.039,49	301,18	41,26	20,63

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 19 - Rota 3 do segundo dia.

Rota 3 - Caminhão Baú (26 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 61	342,70	10,28	13,00	6,5	1 -> 6	394,05	11,82	0,00	0
61 -> 57	182,40	5,47	1,10	0,55	6 -> 23	182,34	5,47	1,20	0,6
57 -> 28	230,35	6,91	1,10	0,55	23 -> 17	167,62	5,03	1,10	0,55
28 -> 16	111,40	3,34	1,00	0,5	17 -> 24	117,00	3,51	1,80	0,9
16 -> 19	236,70	7,10	0,26	0,13	24 -> 25	1.100,66	33,02	2,00	1
19 -> 22	213,90	6,42	0,22	0,11	25 -> 29	1.449,60	43,49	2,00	1
22 -> 21	119,90	3,60	0,02	0,012	29 -> 88	510,99	15,33	1,00	0,5
21 -> 18	206,24	6,19	0,30	0,15	88 -> 36	238,15	7,14	1,20	0,6
18 -> 20	155,40	4,66	0,32	0,16	36 -> 31	340,51	10,22	0,38	0,19
20 -> 4	239,03	7,17	0,24	0,12	31 -> 41	205,22	6,16	0,32	0,16
4 -> 2	111,08	3,33	0,03	0,013	41 -> 34	1.173,20	35,20	0,58	0,29
2 -> 8	281,70	8,45	0,60	0,3	34 -> 50	478,69	14,36	0,80	0,4
8 -> 5	1.456,20	43,69	0,18	0,088	50 -> CD			9,40	4,7
5 -> 1	279,84	8,40	0,10	0,05	Total	10.524,87	315,75	40,25	20,12

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 20 - Rota 4 do segundo dia.

Rota 4 - Caminhão Baú (20 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 95	880,94	26,43	2,20	1,1	69 -> 72	177,72	5,33	4,00	2
95 -> 92	267,30	8,02	3,00	1,5	72 -> 75	209,28	6,28	0,14	0,068
92 -> 93	609,89	18,30	1,20	0,6	75 -> 67	197,20	5,92	2,40	1,2
93 -> 94	356,60	10,70	0,16	0,081	67 -> 63	162,10	4,86	0,70	0,35
94 -> 91	369,72	11,09	0,90	0,45	63 -> 62	366,10	10,98	0,60	0,3
91 -> 70	932,60	27,98	7,20	3,6	62 -> 65	682,70	20,48	0,30	0,15
70 -> 71	1.056,20	31,69	0,60	0,3	65 -> 64	204,62	6,14	1,40	0,7
71 -> 73	864,00	25,92	0,14	0,068	64 -> 66	394,68	11,84	0,08	0,038
73 -> 74	199,81	5,99	2,20	1,1	66 -> 26	323,62	9,71	2,00	1
74 -> 68	188,95	5,67	0,30	0,15	26 -> CD			10,00	5
68 -> 69	129,50	3,89	0,02	0,009	Total	8.573,53	257,21	39,53	19,76

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 21 - Rota 5 do segundo dia.

Rota 5 - Caminhão Baú (27 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 113	436,10	13,08	11,20	5,6	102 -> 101	170,66	5,12	0,19	0,093
113 -> 116	647,10	19,41	0,42	0,21	101 -> 98	137,00	4,11	0,30	0,15
116 -> 105	117,46	3,52	0,60	0,3	98 -> 104	129,50	3,89	0,34	0,17
105 -> 112	305,75	9,17	0,24	0,12	104 -> 100	451,50	13,55	0,01	0,004
112 -> 106	388,66	11,66	0,06	0,03	100 -> 99	119,60	3,59	0,52	0,26
106 -> 108	152,27	4,57	0,18	0,091	99 -> 97	181,39	5,44	0,26	0,13
108 -> 111	467,59	14,03	0,32	0,16	97 -> 46	124,66	3,74	1,00	0,5
111 -> 109	219,54	6,59	0,24	0,12	46 -> 30	1.484,42	44,53	0,06	0,03
109 -> 114	142,80	4,28	4,00	2	30 -> 45	112,60	3,38	0,46	0,23
114 -> 115	395,02	11,85	0,19	0,096	45 -> 48	281,20	8,44	0,18	0,09
115 -> 110	166,28	4,99	3,60	1,8	48 -> 37	117,93	3,54	0,01	0,006
110 -> 107	165,76	4,97	0,05	0,027	37 -> 47	174,40	5,23	0,20	0,1
107 -> 96	345,38	10,36	1,00	0,5	47 -> CD			13,40	6,7
96 -> 103	608,02	18,24	0,11	0,054	Total	8.328,59	249,86	39,22	19,61
103 -> 102	286,00	8,58	0,07	0,037					

Fonte: Produzido pelo autor.

4.3.3. Roteirização desenvolvida para o terceiro dia

Os quadros 22, 23, 24 e 25 apresentam as rotas elaboradas referente ao terceiro dia, quarta-feira.

Quadro 22 - Rota 1 do terceiro dia.

Rota 1 - Caminhão Baú (24 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 42	163,68	4,91	8,60	4,3	24 -> 25	168,80	5,06	1,00	0,5
42 -> 30	306,86	9,21	0,54	0,27	25 -> 16	192,20	5,77	1,60	0,8
30 -> 28	255,96	7,68	0,58	0,29	16 -> 6	1.033,38	31,00	2,80	1,4
28 -> 32	147,88	4,44	0,36	0,18	6 -> 5	2.832,00	84,96	1,10	0,55

32 -> 31	246,20	7,39	0,46	0,23	5 -> 4	129,50	3,89	1,30	0,65
31 -> 29	467,80	14,03	0,22	0,11	4 -> 83	197,98	5,94	2,40	1,2
29 -> 22	129,50	3,89	2,60	1,3	83 -> 2	484,16	14,52	1,70	0,85
22 -> 21	958,04	28,74	0,44	0,22	2 -> 3	860,56	25,82	0,02	0,008
21 -> 18	204,68	6,14	0,54	0,27	3 -> 1	131,13	3,93	1,50	0,75
18 -> 19	270,46	8,11	0,40	0,2	1 -> 13	372,62	11,18	2,80	1,4
19 -> 20	359,63	10,79	0,19	0,094	13 -> 71	998,84	29,97	2,20	1,1
20 -> 23	293,47	8,80	0,70	0,35	71 -> CD			9,80	4,9
23-> 24	590,80	17,72	0,56	0,28	Total	11.796,13	353,88	44,40	22,20

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 23 - Rota 2 do terceiro dia.

Rota 2 - Caminhão Baú (30 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 41	125,08	3,75	7,80	3,9	81 -> 8	164,50	4,94	1,10	0,55
41 -> 45	436,90	13,11	3,20	1,6	8 -> 7	163,41	4,90	0,19	0,095
45 -> 35	309,00	9,27	0,70	0,35	7 -> 82	154,80	4,64	1,10	0,55
35 -> 34	363,18	10,90	0,04	0,022	82 -> 86	299,14	8,97	0,38	0,19
34 -> 36	129,50	3,89	0,36	0,18	86 -> 93	171,93	5,16	2,20	1,1
36 -> 37	276,40	8,29	0,58	0,29	93 -> 11	332,9	9,99	0,30	0,15
37 -> 78	227,90	6,84	3,40	1,7	11 -> 92	254,8	7,64	0,30	0,15
78 -> 88	239,20	7,18	1,30	0,65	92 -> 77	1.767,24	53,02	1,40	0,7
88 -> 91	295,40	8,86	0,60	0,3	77 -> 10	487,6	14,63	1,10	0,55
91 -> 80	216,64	6,50	0,48	0,24	10 -> 9	164,83	4,94	0,90	0,45
80 -> 79	272,40	8,17	0,80	0,4	9 -> 12	527,74	15,83	1,00	0,5
79 -> 87	357,98	10,74	0,50	0,25	12 -> 26	266,24	7,99	1,30	0,65
87 -> 90	1.172,40	35,17	0,08	0,042	26 -> 27	587,32	17,62	0,40	0,2
90 -> 85	1.212,84	36,39	0,17	0,083	27 -> 44	211	6,33	1,10	0,55
85 -> 89	412,20	12,37	0,40	0,2	44 -> CD			8,20	4,1
89 -> 81	222,50	6,68	1,30	0,65	Total	11.822,97	354,69	42,68	21,34

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 24 - Rota 3 do terceiro dia.

Rota 3 - Caminhão Baú (21 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 39	1.788,46	53,65	11,20	5,6	48 -> 46	298,45	8,95	1,40	0,7
39 -> 40	488,15	14,64	0,18	0,091	46 -> 76	229,14	6,87	2,80	1,4
40 -> 38	164,1	4,92	1,20	0,6	76 -> 73	207,2	6,22	0,52	0,26
38 -> 33	337,6	10,13	1,50	0,75	73 -> 75	128,34	3,85	0,09	0,046

33 -> 43	2.011,50	60,35	1,20	0,6	75 -> 70	203,75	6,11	0,30	0,15
43 -> 17	583,85	17,52	5,80	2,9	70 -> 55	247,67	7,43	4,00	2
17 -> 14	358,8	10,76	1,10	0,55	55 -> 54	1.068,69	32,06	0,70	0,35
14 -> 15	633	18,99	0,80	0,4	54 -> 57	158,12	4,74	0,09	0,045
15 -> 84	289,09	8,67	1,00	0,5	57 -> 50	943,8	28,31	4,60	2,3
84 -> 49	547,34	16,42	2,80	1,4	50 -> CD			3,20	1,6
49 -> 47	192,04	5,76	0,80	0,4	Total	11.927,79	357,83	46,68	23,34
47 -> 48	1.048,70	31,46	1,40	0,7					

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 25 - Rota 4 do terceiro dia.

Rota 4 - Caminhão Baú (18 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 64	673,55	20,21	5,6	2,8	68 -> 58	180,08	5,40	1,3	0,65
64 -> 61	152,90	4,59	0,54	0,27	58 -> 63	881,8	26,45	1,3	0,65
61 -> 62	236,24	7,09	0,44	0,22	63 -> 67	715,95	21,48	0,58	0,29
62 -> 59	129,88	3,90	0,9	0,45	67 -> 52	1.104,30	33,13	0,54	0,27
59 -> 65	605,68	18,17	0,28	0,14	52 -> 51	218,86	6,57	3,4	1,7
65 -> 53	134,8	4,04	3,2	1,6	51 -> 56	204	6,12	0,6	0,3
53 -> 60	188,66	5,66	1	0,5	56 -> 74	310,64	9,32	7	3,5
60 -> 69	2.581,19	77,44	0,164	0,082	74 -> 72	428,8	12,86	6,2	3,1
69 -> 66	197,68	5,93	0,8	0,4	72 -> CD			4,2	2,1
66 -> 68	153,42	4,60	0,056	0,028	Total	9098,43	272,95	38,1	19,05

Fonte: Produzido pelo autor.

4.3.4. Roteirização desenvolvida para o quarto dia

Os quadros 26, 27, 28 e 29 apresentam as rotas elaboradas referente ao quarto dia, quinta-feira.

Quadro 26 - Rota 1 do quarto dia.

Rota 1 - Caminhão Baú (27 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 90	228,20	6,85	6,60	3,3	77 -> 73	646,13	19,38	0,60	0,3

90 -> 91	298,16	8,94	3,20	1,6	73 -> 78	231,60	6,95	0,04	0,021
91 -> 92	717,60	21,53	1,60	0,8	78 -> 79	179,40	5,38	0,40	0,2
92 -> 75	138,25	4,15	6,40	3,2	79 -> 72	598,00	17,94	0,08	0,041
75 -> 84	143,30	4,30	0,36	0,18	72 -> 76	567,25	17,02	0,70	0,35
84 -> 80	384,48	11,53	0,90	0,45	76 -> 89	119,6	3,59	1,90	0,95
80 -> 86	454,12	13,62	1,90	0,95	89 -> 55	189,17	5,68	3,80	1,9
86 -> 85	136,51	4,10	0,16	0,08	55 -> 56	971,2	29,14	2,20	1,1
85 -> 88	249,65	7,49	3,00	1,5	56 -> 57	2.035,30	61,06	3,00	1,5
88 -> 83	177,30	5,32	2,60	1,3	57 -> 58	249,32	7,48	0,24	0,12
83 -> 82	1.036,00	31,08	0,24	0,12	58 -> 94	330,6	9,92	6,00	3
82 -> 87	393,49	11,80	1,50	0,75	94 -> 93	231,04	6,93	3,60	1,8
87 -> 81	404,63	12,14	1,40	0,7	93 -> CD			11,80	5,9
81 -> 74	414,02	12,42	2,40	1,2	Total	11.835,12	355,05	67,08	33,54
74 -> 77	310,80	9,32	0,46	0,23					

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 27 - Rota 2 do quarto dia.

Rota 2 - Caminhão Baú (28 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 51	968,02	29,04	5,40	2,7	41 -> 20	125,54	3,77	1,50	0,75
51 -> 52	165,05	4,95	0,90	0,45	20 -> 18	282,76	8,48	0,46	0,23
52 -> 50	294,60	8,84	0,00	0	18 -> 23	150,10	4,50	0,90	0,45
50 -> 53	309,19	9,28	0,70	0,35	23 -> 12	238,28	7,15	0,30	0,15
53 -> 47	189,22	5,68	3,00	1,5	12 -> 19	3.277,18	98,32	0,90	0,45
47 -> 46	225,10	6,75	0,42	0,21	19 -> 8	133,5	4,01	0,90	0,45
46 -> 44	609,15	18,27	0,58	0,29	8 -> 9	260,69	7,82	0,58	0,29
44 -> 39	239,20	7,18	1,30	0,65	9 -> 5	184,34	5,53	0,34	0,17
39 -> 43	200,60	6,02	0,08	0,041	5 -> 15	281,70	8,45	1,40	0,7
43 -> 38	508,67	15,26	0,52	0,26	15 -> 2	125,14	3,75	2,00	1
38 -> 36	201,10	6,03	0,16	0,08	2 -> 3	370,17	11,11	2,00	1
36 -> 40	210,90	6,33	0,80	0,4	3 -> 17	169,32	5,08	2,60	1,3
40 -> 37	414,40	12,43	2,00	1	17 -> 11	141,59	4,25	1,80	0,9
37 -> 42	232,30	6,97	0,38	0,19	11 -> CD			12,80	6,4
42 -> 41	147,70	4,43	0,08	0,039	Total	10.655,51	319,67	44,80	22,40

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 28 - Rota 3 do quarto dia.

Rota 3 - Caminhão Truck (25 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)

CD -> 4	600,64	18,02	12,60	6,3	34 -> 48	1.995,40	59,86	0,80	0,4
4 -> 16	528,32	15,85	0,48	0,24	48 -> 33	379,18	11,38	0,38	0,19
16 -> 1	214,78	6,44	1,00	0,5	33 -> 25	305,80	9,17	1,00	0,5
1 -> 6	336,12	10,08	0,54	0,27	25 -> 27	145,80	4,37	1,20	0,6
6 -> 7	242,10	7,26	0,40	0,2	27 -> 31	541,70	16,25	0,14	0,069
7 -> 14	479,31	14,38	0,80	0,4	31 -> 28	233,98	7,02	0,58	0,29
14 -> 10	486,00	14,58	0,36	0,18	28 -> 26	183,9	5,52	0,22	0,11
10 -> 21	174,38	5,23	0,60	0,3	26 -> 30	660,5	19,82	0,28	0,14
21 -> 22	956,80	28,70	1,10	0,55	30 -> 32	138,1	4,14	0,03	0,015
22 -> 13	348,50	10,46	0,60	0,3	32 -> 45	242,98	7,29	0,56	0,28
13 -> 29	234,01	7,02	1,00	0,5	45 -> 54	3.306,00	99,18	2,00	1
29 -> 35	115,81	3,47	0,06	0,032	54 -> CD			7,00	3,5
35 -> 24	474,26	14,23	0,26	0,13	Total	13.459,43	403,78	34,04	17,02
24 -> 34	135,06	4,05	0,05	0,023					

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 29 - Rota 4 do quarto dia.

Rota 4 - Caminhão (3/4) (14 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 69	188,84	5,67	1,80	0,9	62 -> 60	225,24	6,76	0,22	0,11
69 -> 65	514,20	15,43	3,20	1,6	60 -> 71	259,00	7,77	0,30	0,15
65 -> 66	404,04	12,12	2,20	1,1	71 -> 61	277,30	8,32	0,09	0,047
66 -> 67	222,12	6,66	0,22	0,11	61 -> 59	181,86	5,46	0,48	0,24
67 -> 70	237,80	7,13	1,40	0,7	59 -> 68	159,44	4,78	0,54	0,27
70 -> 63	234,16	7,02	0,58	0,29	68 -> 49	251,30	7,54	8,40	4,2
63 -> 64	202,48	6,07	0,06	0,032	49 -> CD			7,20	3,6
64 -> 62	358,80	10,76	0,50	0,25	Total	3.716,58	111,50	27,20	13,60

Fonte: Produzido pelo autor.

4.3.5. Roteirização desenvolvida para o quinto dia

Os quadros 30, 31 e 32 apresentam as rotas elaboradas referente ao quinto dia, sexta-feira.

Quadro 30 - Rota 1 para o quinto dia.

Rota 1 - Caminhão Baú (30 clientes)

Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 45	457,60	13,73	7,60	3,8	66 -> 71	228,60	6,86	1,80	0,9
45 -> 47	176,78	5,30	1,60	0,8	71 -> 16	180,21	5,41	0,80	0,4
47 -> 49	491,98	14,76	3,20	1,6	16 -> 18	145,66	4,37	0,22	0,11
49 -> 48	171,72	5,15	1,30	0,65	18 -> 24	431,70	12,95	0,05	0,024
48 -> 76	213,82	6,41	3,80	1,9	24 -> 17	102	3,06	0,36	0,18
76 -> 72	131,20	3,94	1,60	0,8	17 -> 19	107,8	3,23	0,50	0,25
72 -> 74	117,92	3,54	0,07	0,035	19 -> 15	442,63	13,28	0,60	0,3
74 -> 73	655,00	19,65	0,20	0,1	15 -> 22	221,6	6,65	0,80	0,4
73 -> 75	105,50	3,17	0,28	0,14	22 -> 23	670,9	20,13	0,50	0,25
75 -> 77	358,80	10,76	1,40	0,7	23 -> 26	128,82	3,86	0,04	0,022
77 -> 69	129,50	3,89	2,20	1,1	26 -> 21	105,96	3,18	0,15	0,074
69 -> 70	94,15	2,82	0,24	0,12	21 -> 27	242,72	7,28	0,09	0,043
70 -> 68	187,62	5,63	1,00	0,5	27 -> 20	181,3	5,44	0,36	0,18
68 -> 67	323,90	9,72	0,40	0,2	20 -> 25	420,47	12,61	0,11	0,055
67 -> 65	161,80	4,85	0,01	0,005	25 -> CD			11,00	5,5
65 -> 66	106,11	3,18	0,34	0,17	Total	7.493,77	224,81	42,62	21,31

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 31 - Rota 2 para o quinto dia.

Rota 2 - Caminhão Baú (29 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 60	122,26	3,67	18,80	9,4	35 -> 33	387,99	11,64	1,70	0,85
60 -> 59	142,12	4,26	0,09	0,043	33 -> 14	220,77	6,62	2,40	1,2
59 -> 62	274,38	8,23	0,18	0,092	14 -> 40	223,90	6,72	3,20	1,6
62 -> 57	96,76	2,90	0,16	0,081	40 -> 41	165,30	4,96	1,10	0,55
57 -> 61	319,27	9,58	0,08	0,038	41 -> 42	525,4	15,76	0,00	0
61 -> 63	830,80	24,92	0,05	0,027	42 -> 39	186,3	5,59	0,70	0,35
63 -> 64	76,02	2,28	0,40	0,2	39 -> 46	159,66	4,79	0,36	0,18
64 -> 58	157,66	4,73	0,56	0,28	46 -> 38	174,38	5,23	1,00	0,5
58 -> 53	131,56	3,95	17,00	8,5	38 -> 43	358,8	10,76	0,28	0,14
53 -> 52	371,70	11,15	1,80	0,9	43 -> 44	156,35	4,69	1,30	0,65
52 -> 51	117,92	3,54	0,16	0,081	44 -> 50	720,4	21,61	3,00	1,5
51 -> 55	323,96	9,72	2,60	1,3	50 -> 54	717,6	21,53	1,70	0,85
55 -> 36	162,35	4,87	5,00	2,5	54 -> 56	671,9	20,16	3,00	1,5
36 -> 37	225,10	6,75	0,07	0,037	56 -> CD			4,60	2,3
37 -> 34	354,60	10,64	4,00	2	Total	8.566,01	256,98	76,40	38,20
34 -> 35	190,80	5,72	1,10	0,55					

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 32 - Rota 3 para o quinto dia.

Rota 3 - Caminhão Baú (18 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 31	168,81	5,06	10,60	5,3	6 -> 3	147,70	4,43	0,15	0,075
31 -> 28	259,00	7,77	0,90	0,45	3 -> 2	248,52	7,46	0,09	0,046
28 -> 30	316,20	9,49	0,46	0,23	2 -> 7	330,76	9,92	0,14	0,07
30 -> 32	234,00	7,02	0,28	0,14	7 -> 10	301,11	9,03	0,17	0,087
32 -> 29	256,48	7,69	0,03	0,014	10 -> 9	218,40	6,55	0,17	0,087
29 -> 1	298,68	8,96	1,10	0,55	9 -> 13	207,20	6,22	0,70	0,35
1 -> 4	165,30	4,96	1,60	0,8	13 -> 11	7.899,75	236,99	2,00	1
4 -> 5	194,83	5,84	1,60	0,8	11 -> 12	249,65	7,49	1,10	0,55
5 -> 8	181,30	5,44	1,10	0,55	12 -> CD			9,80	4,9
8 -> 6	161,83	4,85	0,46	0,23	Total	11.839,52	355,19	32,46	16,23

Fonte: Produzido pelo autor.

4.3.6. Roteirização desenvolvida para o sexto dia

Os quadros 33, 34, 35, 36, 37 e 38 apresentam as rotas elaboradas referente ao sexto dia, sábado.

Quadro 33 - Rota 1 para o sexto dia.

Rota 1 – Caminhão Baú (9 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 7	498,9	14,97	11,40	5,7	4 -> 8	736,66	22,10	2,20	1,1
7 -> 6	263,8	7,91	3,80	1,9	8 -> 10	1266	37,98	5,00	2,5
6 -> 1	210,24	6,31	2,40	1,2	10 -> 11	682,7	20,48	0,50	0,25
1 -> 2	3449,3	103,48	1,90	0,95	11-> CD			6,80	3,4
2 -> 3	1554	46,62	0,80	0,4	Total	11786,7	353,60	35,60	17,8
3 -> 4	3125,1	93,75	0,80	0,4					

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 34 - Rota 2 para o sexto dia.

Rota 2 – Caminhão Baú (13 clientes)									
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)	Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 28	246,88	7,406	13,6	6,8	17 -> 13	225,84	6,7752	4,2	2,1
28 -> 25	716,04	21,481	0,8	0,4	13 -> 14	202,83	6,0849	1	0,5
25 -> 26	178,4	5,352	1,2	0,6	14 -> 12	2943,6	88,308	1,1	0,55
26 -> 30	422	12,660	0,7	0,35	12 -> 21	277,12	8,3136	13,8	6,9
30 -> 29	847,55	25,427	0,6	0,3	21 -> 22	337,5	10,125	0,4	0,2
29 -> 27	132,24	3,967	0,2	0,1	22 -> CD			6,6	3,3
27 -> 16	252,11	7,563	2,8	1,4	Total	7629,15	228,875	47,3	23,65
16 -> 17	847,04	25,411	0,3	0,15					

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 35 - Rota 3 para o sexto dia.

Rota 3 - Caminhão Truck (1 cliente)				
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 15	13177,77	395,33	9,8	4,9
15 -> CD			9,8	4,9
Total	13177,77	395,33	19,6	9,8

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 36 - Rota 4 para o sexto dia.

Rota 4 - Caminhão Baú (2 clientes)				
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 5	5940,9	178,23	8,2	4,1
5 -> 20	5404	162,12	6,2	3,1
20 -> CD			3,6	1,8
Total	11344,9	340,35	18	9

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 37 - Rota 5 para o sexto dia.

Rota 5 - Caminhão Baú (3 clientes)				
------------------------------------	--	--	--	--

Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 24	1817,7	54,53	5,8	2,9
24 -> 23	348,2	10,45	0,2	0,1
23 -> 19	8271,8	248,15	9,4	4,7
19 -> CD			3,6	1,8
Total	10437,7	313,13	19	9,5

Fonte: Produzido pelo autor.

Quadro 38 - Rota 6 para o sexto dia.

Rota 6 - Caminhão Baú (2 clientes)				
Sequência de entrega	Demanda (kg)	Tempo médio descarga (min)	Tempo médio trânsito (min)	Distância (km)
CD -> 9	9360,5	280,815	5,2	2,6
9 -> 18	721,4	21,642	0,24	0,12
18 -> CD			4,8	2,4
Total	10081,9	302,457	10,24	5,12

Fonte: Produzido pelo autor.

É possível verificar que em cada rota elaborada foi alocado a quantidade de clientes necessárias para respeitar as restrições de tempo e capacidade. Em relação a restrição de tempo, percebe-se, que o somatório do tempo total de descarga nos estabelecimentos e do tempo total em trânsito não ultrapassa a jornada de trabalho de oito horas (480 minutos) e, além disso, nota-se, que as demandas, foram alocadas nas rotas de maneira a respeitar a capacidade máxima do veículo utilizado.

4.4. Comparação programação de entregas atual e programação pelo método de Clarke e Wright

Os roteiros construídos com a aplicação do método de Clarke e Wright permitiram perceber que é possível otimizar as rotas de entrega. Analisando a tabela 9, nota-se a grande discrepância entre a programação de entregas atual da empresa e a programação elaborada pelo método de Clarke e Wright. Obtiveram-se rendimentos

bastante divergentes, e além disso, conseguiu-se reduzir no mínimo um veículo por dia.

Tabela 10 - Comparativo método atual X método de Clarke e Wright.

Método	Primeiro dia		Segundo dia		Terceiro dia	
	Veículos (uni)	Distância percorrida (km)	Veículos (uni)	Distância percorrida (km)	Veículos (uni)	Distância percorrida (km)
Atual	6	162	6	167	6	178
Clarke e Wright	4	85,72	5	94,64	4	85,94
Redução unitária	2	76,28	1	72,36	2	92,06
Redução percentual	33,33%	47,08%	16,67%	43,33%	33,33%	51,72%
Método	Quarto dia		Quinto dia		Sexto dia	
	Veículos (uni)	Distância percorrida (km)	Veículos (uni)	Distância percorrida (km)	Veículos (uni)	Distância percorrida (km)
Atual	5	173	4	152	7	155
Clarke e Wright	4	86,56	3	75,74	6	74,87
Redução unitária	1	86,44	1	76,26	1	80,13
Redução percentual	20,00%	49,97%	25,00%	50,17%	14,29%	51,70%

Fonte: Produzido pelo autor.

De acordo com a tabela 10 os veículos da empresa percorreram uma distância total de 987 km para realizar todas as entregas dos seis dias consecutivos, percebe-se que o método de Clarke e Wright é bastante eficiente, pois, com a sua aplicação permitiu criar rotas alternativas, sendo possível reduzir aproximadamente 484 km, ou seja, 48,99% da distância total que se percorreu para atender todos os clientes ao longo dos seis dias estudados. Em outras palavras, se a empresa utilizasse esse método para roteirizar suas entregas teria uma economia de praticamente 50%.

Tabela 11 - Comparativo geral dos métodos.

Método	Distância percorrida (km)
Atual	987
Clarke e Wright	503,47
Rendimento unitário	483,53
Rendimento percentual	48,99%

Fonte: Produzido pelo autor.

4.5. Discussões

Por meio da aplicação do método de Clarke e Wright na roteirização dos veículos da empresa Revenda Vale da Integração Ltda. (Revalle), foi possível perceber, que através da criação de rotas mais eficientes para suas necessidades de carga, obtém-se consideráveis ganhos e vantagens na área da logística. Inicialmente percebe-se uma minimização das distâncias necessárias para entregar os produtos em todos os clientes, redução significativa do tempo das operações de entrega, o tempo em que os veículos transitam entre os clientes diminuem, melhor dimensionamento de carga nos veículos promovendo o uso mais adequado da frota. Posteriormente, nota-se também a racionalização dos recursos humanos e redução das horas dos funcionários bem como a economia de combustíveis, pneus, peças, lubrificantes, entre outros gastos com manutenção.

4.5.1. Análise financeira

Reduzir custos é fundamental para o sucesso de qualquer empresa. As despesas com combustíveis é um fator principal que interferem diretamente nos custos logísticos das empresas, ainda mais, quando a mesma é um operador logístico, responsáveis por atender a todas ou quase todas as necessidades logísticas de seus clientes. No caso do operador logístico uma das atividades finais é o transporte, sendo os veículos, o elemento fundamental para execução das atividades.

Considerando que os caminhões, utilizados na empresa Revenda Vale da Integração Ltda. (Revalle), percorrem dois quilômetros e meio com um litro de combustível (diesel), seriam precisos aproximadamente 395 litros para realizar todas as entregas, tendo em vista a programação atual. O preço médio do litro de combustível em Juazeiro-BA é R\$3,00, assim, estima-se que foi gasto R\$ 1.185,00 no período analisado. Em contra partida, o método de Clarke e Wright se mostra essencial, pois, na programação das entregas, ou seja, de acordo com as rotas geradas pelo método em questão, os veículos iriam percorrer somente 484 km, para realizar todas as entregas ao longo dos seis dias, dessa maneira, seria necessário 194 litros de

combustível, totalizando R\$ 582,00 gastos. Economia na ordem de R\$ 600,00 por semana, ou praticamente R\$ 2.400,00 por mês apenas com combustível. A economia pode-se elevar se contabilizar a redução dos custos com manutenção, visto que os veículos iria percorrer menos distâncias pra pode realizar as entregas planejadas, assim, a quantidade de manutenções seria reduzida e, além disso, se quantificar os valores que seriam economizados com a redução de no mínimo um veículo necessário por dia, ou seja, seriam economizados gastos com os motoristas e auxiliares desses determinados caminhões.

5. CONCLUSÕES

Atualmente no cenário global a excelência na gestão de transportes é fator decisivo para competitividade da empresa e assim perpetuá-la no mercado acirrado. À medida que o custo com fretes se eleva, técnicas mais eficientes passam a ser utilizadas. As empresas buscam melhorar o seu desempenho operacional, através do aprimoramento de suas atividades, visto que o mercado está cada vez mais exigente, atrelado à elevada competitividade entre as empresas. A logística, de maneira geral, envolve planejamento, implementação e controle, de todo o processo, desde o ponto de origem até o ponto de consumo. Para reduzir os custos logísticos de um processo produtivo, é preciso aproveitar ao máximo os recursos acessíveis. Assim, a otimização de processos logísticos, se mostra fundamental para que as empresas permaneçam ativas no mercado.

Para a logística, o transporte é uma área de fundamental importância, pois representa praticamente, entre um a dois terços dos custos logísticos, como também, pela magnitude da função exercida. Isso implica em buscar constantes melhorias na execução da atividade de transporte. Uma das alternativas para aprimorar o sistema de transporte, diz respeito a roteirização da frota de entregas, que exerce um papel essencial na área da logística e da distribuição física. A roteirização determina uma programação ótima de rotas de entrega, de um ou vários centros de distribuição, para vários pontos de demanda. Um dos mecanismos alternativos para solução de problemas de roteirização é o método de Clarke e Wright, que consiste em planejar o sequenciamento de entregas, baseado no conceito de ganhos. Esse método é alimentado inicialmente pelas coordenadas geográficas dos pontos de demanda, para então criar-se a matriz de distâncias, que é o elemento fundamental para determinar a matriz de ganhos, para então traçar os roteiros baseados na mesma.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como principal objetivo, melhorar a roteirização de entregas pelo método de Clarke e Wright na roteirização de entregas em uma empresa de distribuição de bebidas, localizada na região do Vale do São Francisco, com a finalidade de aprimorar os processos logísticos. Essa aplicação é fundamentada no princípio de que atualmente a empresa Revenda Vale da Integração

Ltda. (Revalle), não utiliza nenhuma ferramenta ou sistema para determinar o sequenciamento de entrega dos produtos aos seus clientes que deve ser seguida pelos veículos, ou seja, não definem a ordem em que as entregas devem ser feitas, assim, na maioria dos casos, influencia diretamente nos custos relacionados à distribuição de produtos.

O objetivo geral do estudo foi alcançado, uma vez que foi aplicado o método de roteirização de Clarke e Wright na empresa Revenda Vale da Integração Ltda. (Revalle), gerando benefícios, através dos roteiros alternativos criados para as entregas dos dias estudados. Da mesma forma, os objetivos específicos foram atingidos, pois, conseguiu-se descrever o modelo atual de roteirização da empresa, como também, utilizou-se o método de Clarke e Wright para propor roteiros de entrega. O trabalho contemplou a importância da utilização de métodos de roteirização em centros de distribuição, comparou-se o modelo atual e o modelo gerado pelo método utilizado e, além disso, foi possível destacar os principais benefícios gerados pelo uso do método, confirmando assim a sua eficiência para com a roteirização.

Dessa maneira, a problemática foi respondida, visto que através dos resultados obtidos conseguiu-se comprovar que a roteirização tem um papel fundamental para o aprimoramento dos processos logísticos, sendo possível justificar por meio de inúmeros benefícios que foram evidenciados com a utilização do método de Clarke e Wright. Como principal resultado deste estudo, é evidente a otimização do processo de entrega dos produtos, no qual o método conseguiu minimizar em torno de 484 km das distâncias percorridas no período estudado, o que na realidade levaria um rendimento 49% do que foi percorrido, conseqüentemente, reduzindo, inicialmente gastos com combustível, pneus, manutenção, que impactam diretamente na eficiência dos processos logísticos e posteriormente até um veículo, motorista e seu auxiliar.

Vale ressaltar, que os resultados encontrados neste trabalho fazem referência a um modelo de roteirização ideal, para evidenciar melhorias com o uso da roteirização de frotas, ou seja, na execução do trabalho não foi levado em consideração diversas particularidades encontradas no dia-a-dia das entregas, como clientes que possuem restrições, só recebem as mercadorias em horários pré-determinados, as localizações de difícil acesso dos mesmos, o fato de algumas ruas serem bastante estreitas, como

também em determinados clientes o fato de ter que parar o veículo um tanto que distante do estabelecimento, por não haver vaga de estacionamento perto e, além disso, a necessidade em alguns casos de ter que alocar demandas pequenas de muitos clientes, não obedecendo a quantidade satisfatória de clientes por veículo, entre outros detalhes que não foram levados em consideração no trabalho.

Por fim, constata-se que é mais vantagem para empresa ter seus roteiros de entrega determinados por um método eficiente do que não utilizar nenhum método, pois, conclui-se que a empresa que utilizar a ferramenta de roteirização de veículos pode aprimorar o seu sistema de distribuição, conseguindo minimizar seus custos e melhorar o nível de seus processos logísticos.

5.1. Recomendações

A aplicação do método de Clarke e Wright na empresa de distribuição de bebidas, desenvolvida nesse trabalho, mostrou-se, de grande importância na otimização de sistemas de roteirização de veículos. Porém, o uso do método é bastante demorado e cansativo se executado manualmente, passo a passo e, principalmente, quando a quantidade de pontos é elevada, como foi o caso. A criação das matrizes de distâncias e ganhos, exige grande esforço, mesmo que utilizando planilhas eletrônicas.

É fato que hoje, o mercado dispõe, de uma quantidade razoável de softwares de roteirização, que permitem as empresas planejarem e programarem as atividades de distribuição de maneira bem mais simples e fácil, não sendo necessário, empregar muito tempo e esforço para roteirizar a sua frota de entregas manualmente. No entanto, esses softwares ainda são de elevado custo para se implementar, o que faz com que muitas empresas não busquem a sua utilização.

Uma possibilidade viável e de grande contribuição científica, para futuros estudos sobre roteirização, é o desenvolvimento de algoritmos, utilizando o raciocínio lógico do Excel, para otimizar as etapas de execução do método de Clarke e Wright e, porventura, criar um software de baixo custo capaz de construir roteiros.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, R. C.; VASCONCELOS, R. **Operadores Logísticos: uma tendência nos sistemas de distribuição das empresas brasileiras?**. Fortaleza: UNIFOR, 2004.

ALVARENGA, A. C.; NOVAES, A. G. N. **Logística aplicada**. 3.Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

ALVES, L. O. **Roteirização de veículos na empresa Sobebe - A aplicação de um método de roteirização de veículos a fim de aprimorar os processos logísticos da empresa Sobebe no plano piloto**. Brasília: FATECS, 2013.

ANDRADE, M. M.; MARTINS, J. A. A. (Colab). **Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

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

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

BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de metodologia científica**. 2ª Ed. Ampliada. Pearson Makron Books. São Paulo, 2000.

CAIXETA-FILHO, J. V.; MARTINS, R. S. **Gestão Logística do Transporte de Cargas**. São Paulo: Atlas, 2006.

CARDOSO, L. E. Z.; OLIVEIRA, P. P.; JOAQUIM JUNIOR, C. F. **Redução de custos no transporte de madeira por meio de roteirização otimizada: um estudo de caso**. Revista científica eletrônica Tekhne e Logos. 2016. Disponível em: < <http://www.fatecbt.edu.br/seer/index.php/tl/article/view/379>>. Acesso em: 02 jul. 2016.

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

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimento: estratégia, planejamento e operação**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

DIAS, M. A. P. **Administração de materiais: edição compacta**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1995.

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

FORMIGONI, A.; FERNANDES, M. E.; STETTINER, C. F.; MARTINO, M. A.; FAUSTINO, R. P. **Comparação entre o uso de técnicas da pesquisa operacional e software de roteirização**. Revista eletrônica de tecnologia e cultura. 2016. Disponível em: < <http://201.55.32.167/RETC/index.php/RETC/article/view/299/0>>. Acesso em: 31 jul. 2016.

FRAGA, A. F. **Um processo para determinação de fator de circuito: estudo de caso na cidade de Petrolina-PE**. 2010. 1 CD-ROM : trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro, para graduação em Engenharia de Produção, 2010.

GALVÃO, R. D. ET AL. **Roteamento de veículos com base em sistemas de informação geográfica**. Revista Gestão & Produção, v. 4, n. 2, p. 159-173, ago. 1997.

GANGA, G. M. D. **Trabalho de conclusão de curso (TCC) na engenharia de produção: um guia prático de conteúdo e forma** . São Paulo: Atlas, 2012.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

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

LAPORTE, G. **The vehicle routing problem: an overview of exact and approximate algorithms**. EuropeanJournalofOperationalResearch, v. 59, n. 3, p.345-358. 1992.

MATOS JUNIOR, C. A.; NUNES, R. V.; ASSIS, C. W. C.; FONSECA, R. C.; ADRIANO, N. A. **A Contribuição da Roteirização na Redução de Custos Logísticos e Melhoria do Nível de Serviços em Empresa do Segmento Alimentício no Ceará**. ABCustos Associação Brasileira de Custos. 2014. Disponível

em: < <https://www.abcustos.emnuvens.com.br/abcustos/article/view/284>>. Acesso em: 30 jul. 2016.

NOGUEIRA, K. P.; ESTRELA, G. Q. **Descrição dos gargalos no processo de distribuição física numa empresa de laticínios do Rio Grande do Norte**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26, 2006, Fortaleza. Anais... Fortaleza: UFC, 2006. 1 CD-ROM.

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

POZO, H. **Administração de recursos materiais e patrimoniais: uma abordagem logística**. São Paulo: Atlas, 2001.

PRODANOV, C.C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico] : métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2a.ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAZZOLINI FILHO, E. **Transportes e Modais com Suporte de TI e SI**. 2ª. ed. Curitiba: Ibpex, 2009.

RIBEIRO, G. M.; RUIZ, M. D. V.; DEXHEIMER, L. **Programa de roteamento de veículos: Aplicação no sistema de coleta dos correios**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21, 2001, Salvador. Anais... Salvador: UFBA, 2001. 1 CD-ROM.

SILVA, L. F. K. **Distribuição física de produtos em uma empresa de fast food**. Repositório institucional. Joinville: UFSC, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/157167>. Acesso em: 20 jul. 2016.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**. UNIFEI, 2012.

WU, L. **O problema de roteirização periódica de veículos**. 2007. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

APÊNDICE A – Distância em quilômetros de todos os clientes em relação ao CD

Cliente	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia	Cliente	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia
1	6,65	5,903	6,65	6,76	5,563	6,129	59	2,827	5,644	2,63	2,255	10,5	
2	6,28	5,717	6,839ca	6,261	5,708	5,887	60	2,943	5,547	2,81	2,452	10,5	
3	6,5	6,132	6,828	6,473	5,747	5,731	61	2,985	5,3	2,43	2,282	10,6	
4	6,1	5,714	6,234	6,65	6,155	5,429	62	3,103	4,747	2,57	2,592	10,6	
5	6,08	5,858	5,87	6,129	5,928	4,797	63	2,999	4,781	3,09	2,422	10,6	
6	5,86	5,903	5,429	6,497	5,77	6,537	64	3,271	4,752	2,42	2,46	10,4	
7	6,25	6,165	6,296	6,474	5,629	6,644	65	2,768	4,778	2,67	1,289	6,66	
8	6,72	5,77	6,379	5,928	5,876	5,665	66	4,3	4,735	3,25	1,513	6,79	
9	6,3	6,839	5,422	6,028	5,636	2,702	67	3,964	4,83	3	1,629	6,65	
10	5,68	6,164	5,816	6,105	5,589	3,888	68	2,134	4,111	3,29	2,356	6,62	
11	6,48	6,405	5,774	6,594	6,234	3,675	69	1,289	4,103	2,89	0,95	6,17	
12	6,72	5,594	5,29	5,857	5,856	4,181	70	1,68	3,361	0,6	2,115	6,18	
13	5,88	6,336	5,665	5,545	5,595	5,165	71	1,649	3,638	4,6	2,306	5,83	
14	6,23	5,523	2,943	6,249	4,177	4,726	72	1,774	4,088	2,3	1,933	7,2	
15	6,12	5,517	2,702	6,214	6,537	4,74	73	2,356	3,668	0,7	1,679	7,17	
16	5,86	5,453	4,074	6,839	6,093	5,255	74	2,725	4,169	6,28	1,799	7,21	
17	5,61	5,876	2,426	6,316	6,171	5,117	75	2,924	4,134	0,68	3,452	7,04	
18	5,56	5,694	3,927	5,68	6,153	2,592	76	2,973	3,584	0,54	2,119	6,5	
19	5,74	5,56	4,073	5,885	6,388	1,68	77	2,115	3,579	6,42	1,57	6,89	
20	5,87	5,65	4,181	5,596	6,546	1,639	78	2,306	2,38	6,21	1,705		
21	5,54	5,589	3,735	5,842	6,522	3,083	79	2,647	3,197	6,77	1,916		
22	5,49	5,596	3,657	5,731	6,713	3,08	80	2,459	3,175	6,5	3,594		
23	5,7	6,05	4,167	5,702	6,597	2,92	81	1,915	3,888	6,89	2,725		
24	5,25	6,234	4,281	5,222	6,151	2,887	82	1,577	3,416	6,27	3,335		
25	4,3	5,429	4,343	5,202	6,528	6,496	83	1,951	3,44	6,86	3,503		
26	5,2	4,667	5,165	4,916	6,571	6,273	84	1,933	4,27	2,18	3,565		
27	4,96	4,009	4,983	5,159	6,492	6,005	85	1,916	3,675	6,41	3,74		
28	5,14	5,275	3,608	4,868	5,478	6,538	86	1,255	3,674	6,08	3,74		
29	5,67	5,422	3,635	5,314	5,549	6,031	87	3,605	3,779	6,54	3,154		
30	5,52	6,537	3,372	4,936	5,5	6,244	88	3,503	5,785	6,03	4,755		
31	5,16	6,093	3,741	5,095	5,32		89	3,598	3,878	6,45	2,645		
32	5,72	6,388	3,783	4,961	5,547		90	3,74	4,563	6,48	2,821		
33	5,3	6,546	4,421	5,385	5,3		91	3,488	1,428	6,24	3,198		
34	4,78	5,71	4,821	5,229	4,747		92	3,518	1,628	5,82	2,664		
35	4,66	6,751	4,797	5,299	4,798		93	3,147	1,551	5,71	6,204		
36	4,96	6,259	4,987	4,214	4,03		94	4,755	1,604		6,677		
37	5,38	6,713	5,255	4,606	3,994		95	2,645	1,034				
38	5,86	6,517	5,117	4,216	3,5		96	1,868	6,613				
39	5,73	6,877	5,231	4,407	3,756		97	5,88	6,752				
40	4,7	6,597	5,124	4,177	3,584		98		6,758				
41	4,22	6,077	3,286	4,801	3,934		99		6,592				
42	4,41	6,528	3,174	4,734	3,923		100		6,655				

43	4,24	6,397	3,878	4,363	3,453	101	6,723
44	4,8	6,492	4,563	4,414	3,411	102	6,634
45	4,63	6,746	4,485	4,797	4,27	103	6,617
46	4,22	6,531	0,879	4,324	3,743	104	6,669
47	4,7	6,738	1,347	4,154	3,964	105	6,257
48	4,73	6,733	1,631	5,498	5,118	106	6,229
49	4,12	6,401	1,102	3,367	4,485	107	6,324
50	4,41	5,406	1,23	2,993	2,924	108	6,33
51	4,56	5,468	2,785	2,943	1,551	109	6,165
52	4,8	5,478	3,082	2,985	1,604	110	6,338
53	4,32	5,508	2,598	3,192	2,629	111	6,185
54	4,54	5,806	1,927	4,235	2,306	112	6,204
55	5,5	5,549	1,646	4,422	1,034	113	5,835
56	4,73	5,5	3,155	4,917	1,951	114	7,166
57	3,64	5,32	1,994	4,74	10,55	115	7,195
58	2,99	5,564	3,32	4,883	10,27	116	5,978

ANEXO A - Dados referentes ao primeiro dia

Cliente (código)	Latitude	Longitude	Demanda (Kg)	Cliente (código)	Latitude	Longitude	Demanda (Kg)	Cliente (código)	Latitude	Longitude	Demanda (Kg)
CD	-9,45471	-40,48947	-	52432	-9,42097	-40,50365	431,42	23863	-9,42996	-40,50592	143
2120	-9,4105	-40,50204	388,88	52465	-9,42412	-40,50189	448,3	51737	-9,43309	-40,50629	244,14
51157	-9,41209	-40,49764	178,98	52481	-9,42475	-40,50125	337,89	52469	-9,44053	-40,49351	149,04
51413	-9,4127	-40,50534	145,8	53265	-9,42286	-40,50217	337,51	25951	-9,4458	-40,48957	221,78
52268	-9,41581	-40,50582	527,78	53551	-9,42093	-40,50508	165,3	51767	-9,44325	-40,49134	1.643,85
52770	-9,41482	-40,50267	239,09	52699	-9,4164	-40,50257	238,4	53304	-9,44332	-40,48904	946,56
52810	-9,41624	-40,50206	240,58	53034	-9,41783	-40,50392	233,1	53380	-9,44246	-40,49003	322,4
53621	-9,41486	-40,50612	162,76	5020	-9,42295	-40,49632	377,91	50879	-9,43843	-40,48994	192,8
194	-9,41117	-40,50572	192,8	24450	-9,42578	-40,49298	591,8	52602	-9,43588	-40,48927	199,5
53102	-9,41377	-40,50427	662,4	25648	-9,42486	-40,4955	241,14	52741	-9,4345	-40,4893	422,1
277	-9,41679	-40,49961	465,96	25666	-9,42557	-40,49292	600,1	53469	-9,43417	-40,48878	292,87
715	-9,41286	-40,50546	259,98	51173	-9,4221	-40,49559	189,9	24662	-9,44065	-40,49347	357,88
207	-9,41109	-40,50542	366,38	52539	-9,42291	-40,49293	583,9	50751	-9,43913	-40,49283	1.076,61
51667	-9,41471	-40,49678	650,94	53019	-9,42577	-40,49313	913,8	51373	-9,43852	-40,49798	513,05
2230	-9,41461	-40,50523	719,54	53349	-9,42287	-40,49589	315,06	51897	-9,43932	-40,49669	197,6
23909	-9,41512	-40,50434	207,44	53705	-9,42254	-40,49538	179,4	2139	-9,44677	-40,50006	158,59
50590	-9,41753	-40,50546	585,68	53373	-9,42622	-40,49013	150,52	23793	-9,4483	-40,49829	247,41
51054	-9,41908	-40,50472	148,24	4590	-9,4249	-40,49596	268,76	24343	-9,44573	-40,49953	837,2
51345	-9,4189	-40,50348	511,6	4793	-9,42457	-40,49872	178,86	25027	-9,44674	-40,50019	1.301,50
52252	-9,41783	-40,50409	160,86	25864	-9,42325	-40,49995	808,57	53331	-9,44697	-40,50022	633,98
52716	-9,41618	-40,50222	162,56	51511	-9,42571	-40,49667	330,6	52245	-9,45103	-40,49733	210,29
52948	-9,41914	-40,50355	129,5	52515	-9,4246	-40,49836	266,02	50065	-9,45475	-40,51438	186,71
53051	-9,41864	-40,50127	181,3	53388	-9,42011	-40,50517	414,65	50839	-9,45353	-40,51365	334,03
53231	-9,41732	-40,5019	147,7	53409	-9,42199	-40,48891	1.034,10	51896	-9,45509	-40,51434	259

273	-9,42076	-40,50232	129,88	50580	-9,43416	-40,47498	1.196,00	53339	-9,45361	-40,5153	182,9
284	-9,43076	-40,50702	396,88	2259	-9,43422	-40,49229	767,85	53471	-9,45553	-40,51356	1.720,70
335	-9,42176	-40,50386	382,1	23088	-9,43546	-40,4928	282,71	53472	-9,45467	-40,51378	137,69
4333	-9,42316	-40,5029	532,1	24880	-9,43515	-40,49507	443,2	25594	-9,45338	-40,51118	365,3
7120	-9,42237	-40,50421	396,04	25439	-9,43429	-40,49238	221,39	51869	-9,44947	-40,52192	225,1
24210	-9,41925	-40,50608	261,07	25821	-9,43387	-40,49453	585	53506	-9,43857	-40,49805	129,5
24583	-9,42016	-40,50572	346,52	53170	-9,43483	-40,49534	600,53	51567	-9,4646	-40,49778	186,02
25739	-9,42268	-40,50512	129,5	53186	-9,43231	-40,49251	287,25	53649	-9,4288	-40,52078	777
52320	-9,41822	-40,50466	148,9	25271	-9,43701	-40,49673	248,2				

ANEXO B - Dados referentes ao segundo dia

Cliente (código)	Latitude	Longitude	Demanda (Kg)	Cliente (código)	Latitude	Longitude	Demanda (Kg)	Cliente (código)	Latitude	Longitude	Demanda (Kg)
CD	-9,45471	-40,489469	-	51256	-9,41	-40,50553	560,7	53344	-9,43913	-40,494755	179,4
605	-9,41459	-40,496852	279,84	51424	-9,413	-40,50797	911,97	2179	-9,434	-40,497181	140,78
8097	-9,41639	-40,499122	111,08	51738	-9,4188	-40,51119	205,22	4650	-9,43531	-40,49971	139,72
51731	-9,41307	-40,497347	125,02	52253	-9,413	-40,50657	185,65	51169	-9,42995	-40,499912	422
52495	-9,41644	-40,499246	239,03	52335	-9,4146	-40,50797	168,8	51642	-9,43419	-40,50114	188,84
53044	-9,41493	-40,496973	1456,2	52889	-9,4138	-40,50798	721,64	51892	-9,43301	-40,499176	489,2
53179	-9,41459	-40,496869	394,05	53040	-9,4134	-40,51109	112,6	52828	-9,42861	-40,503234	234,3
53418	-9,41254	-40,49556	887,79	53317	-9,4148	-40,51053	124,66	52959	-9,43162	-40,500049	281,5
53608	-9,41558	-40,497163	281,7	53346	-9,4129	-40,51007	174,4	53494	-9,43161	-40,500013	235
50180	-9,40977	-40,504132	310,8	53514	-9,4131	-40,51028	281,2	51501	-9,43717	-40,508819	185,72
52477	-9,41259	-40,495838	204,94	53587	-9,4142	-40,50717	252,39	53740	-9,41924	-40,507918	510,99
52910	-9,41153	-40,499201	213,5	53386	-9,4221	-40,5077	478,69	53439	-9,44041	-40,512141	422
53480	-9,41637	-40,494446	764,4	4550	-9,4169	-40,49102	289,9	51324	-9,42901	-40,507759	332,6
53686	-9,41199	-40,499071	119,6	22824	-9,417	-40,49257	322,3	25765	-9,45184	-40,480022	369,72
51864	-9,41702	-40,49551	192,8	25628	-9,4167	-40,4913	256,14	51033	-9,44504	-40,483707	267,3
52247	-9,41697	-40,49496	283,96	25694	-9,4151	-40,49571	154,81	52317	-9,44899	-40,480403	609,89
2095	-9,4179	-40,497543	111,4	25735	-9,4166	-40,49339	317,88	53276	-9,44892	-40,480009	356,6
4715	-9,41519	-40,498821	167,62	50943	-9,4168	-40,49265	711,33	24652	-9,44763	-40,488517	880,94
25451	-9,4161	-40,497096	206,24	51770	-9,418	-40,49101	182,4	4944	-9,41757	-40,516113	345,38
50085	-9,41728	-40,498153	236,7	51794	-9,4164	-40,49247	173,86	24834	-9,4151	-40,514148	181,39
50592	-9,41665	-40,498176	155,4	52761	-9,4157	-40,4902	239,2	51009	-9,4162	-40,515903	137
52476	-9,4169	-40,497383	119,9	53330	-9,4166	-40,49324	351	51269	-9,41589	-40,513314	119,6
53204	-9,41687	-40,497492	213,9	53558	-9,4181	-40,4908	342,7	51939	-9,41627	-40,514728	451,5
24774	-9,41401	-40,499061	182,34	51517	-9,4227	-40,48232	366,1	52324	-9,41654	-40,515975	170,66
2230	-9,41461	-40,505233	117	51662	-9,4226	-40,48162	162,1	53063	-9,41705	-40,515617	286
25379	-9,41915	-40,501437	1100,66	51808	-9,4219	-40,48864	204,62	53530	-9,41732	-40,515804	608,02
50847	-9,42282	-40,494319	323,62	52829	-9,4223	-40,48296	682,7	53637	-9,41614	-40,514696	129,5
51552	-9,42769	-40,495614	209,55	53409	-9,422	-40,48891	394,68	22829	-9,4187	-40,513414	117,46
710	-9,41862	-40,494594	230,35	53679	-9,4232	-40,47838	197,2	24362	-9,41941	-40,514125	388,66
51726	-9,42096	-40,505756	1449,6	3916	-9,4313	-40,47337	188,95	25406	-9,42005	-40,516101	165,76
18	-9,4146	-40,510258	1484,42	9002	-9,4313	-40,47345	129,5	50541	-9,41903	-40,514781	152,27

622	-9,41807	-40,510234	340,51	25886	-9,4369	-40,4745	932,6	50614	-9,42073	-40,515174	219,54
3393	-9,41468	-40,508106	176,22	50580	-9,4342	-40,47498	1056,2	52954	-9,42012	-40,516341	166,28
6086	-9,41303	-40,507065	505,58	51076	-9,4311	-40,47397	177,72	53047	-9,42025	-40,514765	467,59
24681	-9,42114	-40,510208	1173,2	53287	-9,4339	-40,47498	864	53117	-9,41944	-40,513843	305,75
25866	-9,41198	-40,508214	599,5	53495	-9,4312	-40,47283	199,81	51399	-9,42099	-40,511591	436,1
25901	-9,41679	-40,51028	238,15	53625	-9,4308	-40,4739	209,28	3995	-9,42719	-40,530647	142,8
50470	-9,41322	-40,510223	117,93	24923	-9,4304	-40,49398	211	4852	-9,42651	-40,530426	395,02
50804	-9,41356	-40,507778	239,2	25215	-9,4303	-40,49325	150,52	52914	-9,42055	-40,512714	647,1

ANEXO C – Dados referentes ao terceiro dia

Cliente (código)	Latitude	Longitude	Demanda (Kg)	Cliente (código)	Latitude	Longitude	Demanda (Kg)	Cliente (código)	Latitude	Longitude	Demanda (Kg)
CD	-9,45471	-40,489469	-	52687	-9,4387	-40,51015	147,88	52290	-9,4695	-40,49731	673,55
2120	-9,4105	-40,50204	131,13	51806	337,6	-40,51481	337,6	52441	-	-40,498416	605,68
50180	-9,40977	-40,504132	484,16	53260	363,18	-40,51802	363,18	52494	9,47087	-40,497886	197,68
24968	-9,40984	-40,504077	860,56	53561	309	-40,51781	309	52778	9,47556	-40,493769	715,95
2230	-9,41461	-40,505233	129,5	52137	129,5	-40,51896	129,5	52992	9,47497	-40,497942	153,42
53580	-9,41744	-40,505496	2832	52222	276,4	-40,52113	276,4	53188	9,47582	-40,497719	2581,19
25379	-9,41915	-40,501437	1033,38	53132	164,1	-40,52074	164,1	305	9,47288	-40,485671	203,75
51763	-9,42494	-40,521205	163,41	50609	1788,46	-40,52324	1788,46	25354	9,45645	-40,49418	998,84
52955	-9,42442	-40,521507	164,5	53262	488,15	-40,52242	488,15	53015	9,42326	-40,481536	428,8
210	-9,42218	-40,508079	164,83	51251	125,08	-40,51132	125,08	53137	-9,4685	-40,481536	428,8
50496	-9,42081	-40,51107	487,6	53143	163,68	-40,50774	163,68	53285	9,45581	-40,484793	207,2
51692	-9,42209	-40,512458	332,9	53439	2011,5	-40,51214	2011,5	52285	9,49348	-40,470024	310,64
53302	-9,4245	-40,510062	527,74	51324	211	-40,50776	211	1781	9,45631	-40,485038	128,34
51183	-9,41587	-40,494439	372,62	52612	436,9	-40,51547	436,9	23004	9,45631	-40,485038	128,34
24880	-9,43515	-40,495071	358,8	1325	298,45	-40,48417	298,45	52177	9,45546	-40,485782	229,14
25731	-9,43638	-40,493041	633	51137	192,04	-40,48424	192,04	63	9,41824	-40,514736	1767,24
50837	-9,42898	-40,500906	192,2	52193	1048,7	-40,47949	1048,7	52177	-9,4314	-40,525524	227,9
53417	-9,43889	-40,495029	583,85	52456	547,34	-40,48641	547,34	53017	-9,427	-40,527204	272,4
133	-9,43325	-40,506092	204,68	53127	943,8	-40,49713	943,8	53335	9,42931	-40,526486	216,64
720	-9,43266	-40,506973	270,46	52300	218,86	-40,48585	218,86	53422	9,42225	-40,524318	222,5
740	-9,43234	-40,507761	359,63	53125	1104,3	-40,49345	1104,3	8046	9,42718	-40,52296	154,8
743	-9,43384	-40,504658	958,04	53244	134,8	-40,49476	134,8	25973	9,41002	-40,505294	197,98
1141	-9,43331	-40,502929	129,5	23015	1068,69	-40,49746	1068,69	50738	9,43968	-40,490573	289,09
24518	-9,43402	-40,509498	293,47	52755	247,67	-40,497	247,67	51987	9,42719	-40,524204	1212,84
51842	-9,43215	-40,508621	590,8	53489	204	-40,48414	204	52912	9,42724	-40,52125	299,14
53702	-9,4305	-40,507208	168,8	23969	158,12	-40,49772	158,12	53026	9,42711	-40,525254	357,98
23779	-9,42761	-40,512706	266,24	24045	180,08	-40,49718	180,08	53242	9,42889	-40,522188	239,2
								53275	9,42656	-40,523998	412,2
								53338	9,42724	-40,524876	1172,4

52440	-9,42816	-40,511394	587,32	24619	129,88	-40,49904	129,88	53400	-9,4294	-40,524424	295,4
51233	-9,43923	-40,509017	255,96	25579	188,66	-40,49702	188,66	5747	-9,4225	-40,513572	254,8
53256	-9,43837	-40,508551	467,8	50702	152,9	-40,49883	152,9	51455	-9,4228	-40,512691	171,93
53724	-9,44066	-40,508066	306,86	51210	236,24	-40,50049	236,24				
52065	-9,43845	-40,509574	246,2	51725	881,8	-40,49368	881,8				

ANEXO D – Dados referentes ao quarto dia

Cliente (código)	Latitude	Longitude	Demanda (Kg)	Cliente (código)	Latitude	Longitude	Demanda (Kg)	Cliente (código)	Latitude	Longitude	Demanda (Kg)
CD	-9,4547	-40,489469	-	53265	-9,42286	-40,502171	138,1	53108	-9,43844	-40,494393	202,48
283	-9,4105	-40,504577	214,78	53551	-9,42093	-40,505084	379,18	25951	-9,4458	-40,48957	514,2
714	-9,4136	-40,503017	125,14	52274	-9,421	-40,502494	135,06	51728	-9,44426	-40,489135	404,04
1240	-9,4118	-40,501964	370,17	53039	-9,42011	-40,501474	115,81	53130	-9,44345	-40,489647	222,12
2120	-9,4105	-40,50204	600,64	1516	-9,42574	-40,492432	201,1	50879	-9,43843	-40,489936	159,44
4833	-9,414	-40,501232	184,34	3408	-9,42318	-40,49386	414,4	1340	-9,44916	-40,48595	188,84
51413	-9,4127	-40,505335	336,12	24450	-9,42578	-40,49298	508,67	24662	-9,44065	-40,493469	237,8
51722	-9,4128	-40,505157	242,1	25648	-9,42486	-40,495502	239,2	50751	-9,43913	-40,492828	259
51828	-9,415	-40,499613	133,5	50771	-9,42585	-40,488819	210,9	25027	-9,44674	-40,50019	598
52180	-9,415	-40,501999	260,69	51173	-9,4221	-40,49559	147,7	51272	-9,4485	-40,499275	646,13
52268	-9,4158	-40,50582	486	52786	-9,42253	-40,495368	232,3	52198	-9,45096	-40,501323	414,02
52329	-9,4107	-40,501328	141,59	53018	-9,42509	-40,495143	200,6	52231	-9,45743	-40,513171	138,25
52810	-9,4162	-40,502063	238,28	4590	-9,4249	-40,495956	609,15	53180	-9,44442	-40,499888	567,25
53520	-9,4188	-40,502956	348,5	25864	-9,42325	-40,499948	242,98	53208	-9,45061	-40,499513	310,8
53621	-9,4149	-40,506116	479,31	51511	-9,42571	-40,496669	225,1	53282	-9,44841	-40,499427	231,6
53704	-9,4134	-40,501032	281,7	53162	-9,4268	-40,496175	189,22	53331	-9,44697	-40,500217	179,4
50180	-9,4098	-40,504132	528,32	53388	-9,42011	-40,50517	1995,4	23906	-9,45525	-40,514299	384,48
50840	-9,4121	-40,498889	169,32	53445	-9,43688	-40,474513	251,3	24912	-9,45256	-40,508182	404,63
277	-9,4168	-40,499614	282,76	2259	-9,43422	-40,492294	294,6	25898	-9,45362	-40,512489	1036
1131	-9,4153	-40,499637	3277,18	24880	-9,43515	-40,495071	968,02	50839	-9,45353	-40,513649	177,3
53204	-9,4169	-40,497492	125,54	25439	-9,43429	-40,492376	165,05	51270	-9,45655	-40,514041	143,3
307	-9,4171	-40,504219	174,38	53474	-9,43328	-40,49469	309,19	52229	-9,45346	-40,515285	136,51
52348	-9,4179	-40,503993	956,8	25846	-9,42791	-40,501235	3306	53339	-9,45361	-40,515295	454,12
53231	-9,4173	-40,501902	150,1	51914	-9,42785	-40,504058	189,17	53617	-9,45375	-40,511243	393,49
1205	-9,4209	-40,502082	474,26	52401	-9,42863	-40,51126	971,2	51869	-9,44947	-40,521915	249,65
335	-9,4218	-40,503856	305,8	51768	-9,43631	-40,516571	2035,3	53506	-9,43857	-40,498049	119,6
25274	-9,4232	-40,502258	183,9	25610	-9,43517	-40,516979	249,32	52847	-9,47383	-40,485637	228,2
25739	-9,4227	-40,505123	145,8	24547	-9,4392	-40,49105	181,86	51333	-9,47611	-40,494964	298,16
51990	-9,4238	-40,502674	233,98	25397	-9,43817	-40,49316	225,24	53289	-9,47159	-40,496814	717,6
52714	-9,4201	-40,501754	234,01	50588	-9,43923	-40,492473	277,3	53117	-9,41944	-40,513843	231,04
52736	-9,423	-40,502079	660,5	51752	-9,43726	-40,493522	358,8	52724	-9,42556	-40,525238	330,6
52995	-9,4231	-40,504992	541,7	51865	-9,43864	-40,494152	234,16				

ANEXO E – Dados referentes ao quinto dia

Cliente (código)	Latitude	Longitude	Demanda (Kg)	Cliente (código)	Latitude	Longitude	Demanda (Kg)	Cliente (código)	Latitude	Longitude	Demanda (Kg)
CD	-9,45471	-40,489469	-	52669	-9,41319	-40,507888	128,82	53276	-9,448923	-40,48001	371,7
25687	-9,41655	-40,494129	298,68	52889	-9,41384	-40,507983	242,72	53664	-9,449249	-40,47214	131,56
51305	-9,41596	-40,496895	248,52	22824	-9,41698	-40,492566	259	50751	-9,439133	-40,49283	717,6
51437	-9,41577	-40,497268	147,7	25735	-9,41656	-40,493392	256,48	24652	-9,447626	-40,48852	323,96
52550	-9,41266	-40,495895	165,3	50943	-9,41683	-40,492649	316,2	24343	-9,44573	-40,49953	671,9
52623	-9,41451	-40,49739	194,83	51770	-9,41797	-40,491008	168,81	25011	-9,454338	-40,41652	96,76
53608	-9,41558	-40,497163	161,83	53330	-9,41656	-40,493242	234	25234	-9,456557	-40,41853	157,66
52467	-9,41652	-40,496875	330,76	53558	-9,4181	-40,490804	387,99	25236	-9,45339	-40,41666	142,12
4715	-9,41519	-40,498821	181,3	51517	-9,42269	-40,482315	354,6	51402	-9,453144	-40,41692	122,26
51889	-9,41668	-40,497905	218,4	51730	-9,42164	-40,486957	190,8	51581	-9,454582	-40,41628	319,27
52476	-9,4169	-40,497383	301,11	376	-9,43131	-40,474365	162,35	53011	-9,453902	-40,41631	274,38
2230	-9,41461	-40,505233	7899,75	3475	-9,43139	-40,474689	225,1	53133	-9,454851	-40,41635	830,8
50590	-9,41753	-40,505455	249,65	246	-9,4315	-40,49627	174,38	53247	-9,454887	-40,41774	76,02
2213	-9,4176	-40,500343	207,2	2123	-9,43036	-40,49847	186,3	633	-9,416206	-40,51474	161,8
50771	-9,42585	-40,488819	220,77	24923	-9,43035	-40,49398	223,9	24224	-9,414952	-40,51439	106,11
18	-9,4146	-40,510258	442,63	51178	-9,42874	-40,497524	165,3	51939	-9,416274	-40,51473	323,9
622	-9,41807	-40,510234	180,21	52947	-9,42882	-40,497534	525,4	53530	-9,417318	-40,5158	187,62
1168	-9,41628	-40,507956	102	53185	-9,43154	-40,495213	358,8	50614	-9,420727	-40,51517	129,5
1239	-9,41727	-40,509639	145,66	23878	-9,43283	-40,498237	156,35	53047	-9,420253	-40,51477	94,15
3393	-9,41468	-40,508106	107,8	52828	-9,42861	-40,503234	457,6	51399	-9,420991	-40,51159	228,6
6086	-9,41303	-40,507065	181,3	53735	-9,43087	-40,499501	159,66	4852	-9,426505	-40,53043	131,2
22810	-9,41357	-40,507896	105,96	51737	-9,43309	-40,506291	176,78	50618	-9,425609	-40,52955	655
50470	-9,41322	-40,510223	221,6	53045	-9,43821	-40,520759	171,72	51175	-9,426192	-40,53029	117,92
51424	-9,41304	-40,507966	670,9	52612	-9,43783	-40,515467	491,98	51351	-9,425409	-40,52828	105,5
51656	-9,4171	-40,509283	431,7	52741	-9,4345	-40,489296	720,4	53335	-9,429308	-40,52649	213,82
52253	-9,41296	-40,506568	420,47	52317	-9,44899	-40,480403	117,92	53422	-9,422248	-40,52432	358,8

ANEXO F – Dados referentes ao sexto dia

Cientes	Latitude	Longitude	Demanda (Kg)	Cientes	Latitude	Longitude	Demanda (Kg)	Cientes	Latitude	Longitude	Demanda (Kg)
CD	-9,45471	-40,48947	-	52959	-9,43162	-40,500049	682,7	52651	-9,4754	-40,484413	337,5
4833	-9,41402	-40,50123	210,24	740	-9,43234	-40,507761	2943,6	51591	-9,4731	-40,497859	348,2
24469	-9,41617	-40,50251	3449,3	23779	-9,42761	-40,512706	225,84	53188	-9,4729	-40,497719	1817,7
52348	-9,41786	-40,50399	1554	52725	-9,42917	-40,509822	202,83	53335	-9,4293	-40,526486	716,04
25379	-9,41915	-40,50144	3125,1	51768	-9,43631	-40,516571	13177,77	8046	-9,4272	-40,52296	178,4
25864	-9,42325	-40,49995	5940,9	52222	-9,43691	-40,521133	252,11	25624	-9,4296	-40,522533	132,24
18	-9,4146	-40,51026	263,8	53132	-9,43818	-40,520735	847,04	53026	-9,4271	-40,525254	246,88
26681	-9,41254	-40,50765	498,9	51752	-9,43726	-40,493522	721,4	53242	-9,4289	-40,522188	847,55
51183	-9,41587	-40,49444	736,66	51767	-9,44325	-40,491338	8271,8	53400	-9,4294	-40,524424	422
25731	-9,43638	-40,49304	9360,5	52782	-9,44339	-40,489711	5404				
51169	-9,42995	-40,49991	1266	52298	-9,47517	-40,483511	277,12				

