



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

ÁLVARO JOSÉ HERZOG SIQUEIRA

**MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMA LOGÍSTICO DE DISTRIBUIÇÃO DE
CARNE DE FRANGO**

ALEGRE - ES

2014

ÁLVARO JOSÉ HERZOG SIQUEIRA

**MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMA LOGÍSTICO DE DISTRIBUIÇÃO DE
CARNE DE FRANGO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Área de Concentração de Processamento de Produtos de Origem Animal.

Orientador: Prof. Dr. Luís César da Silva

Co-orientador: Prof. Dr. José Geraldo de Vargas Júnior

ALEGRE - ES

2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

S618m Siqueira, Álvaro José Herzog, 1989-
Modelagem e simulação de sistema logístico de distribuição de carne de frango / Álvaro José Herzog Siqueira. – 2014.
64 f. : il.

Orientador: Luís César da Silva.

Coorientador: José Geraldo Vargas Júnior.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Problema de roteamento de veículos. 2. Carne de ave. 3. Logística. 4. Indústria avícola. I. Silva, Luís César da. II. Vargas Júnior, José Geraldo. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDU: 664

**“MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMA LOGÍSTICO DE DISTRIBUIÇÃO DE
CARNE DE FRANGO”**

ÁLVARO JOSÉ HERZOG SIQUEIRA

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em de Agosto de 2014

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Luís César da Silva
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
Orientador

Prof. Dr. José Geraldo de Vargas Júnior
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
Examinador

Profa. Dra. Mirela Guedes Bosi
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
Examinadora

Prof. Dr. Marco Antônio Sartori
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
Examinador

À minha família, especialmente aos meus pais,
Joel e Rozilene; à minha irmã Jordana; e à
minha namorada Keyla. Dedico e ofereço.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me acompanhar e guiar em todos os momentos.

À Universidade Federal do Espírito Santo e ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela oportunidade e a CAPES pela bolsa.

Agradeço ao professor Luís César da Silva, pela orientação e amizade, pelos ensinamentos, disponibilidade e compreensão.

Agradeço ao professor José Geraldo de Vargas Júnior, por viabilizar a condução deste trabalho ao auxiliar no estabelecimento de contato com a empresa.

Agradeço a todos professores e profissionais que contribuíram muito para a minha formação por sempre manterem o clima agradável de amizade no ambiente da pós-graduação.

Aos grandes amigos e colegas de mestrado, que estiveram sempre juntos a mim nessa caminhada.

Ao matadouro-frigorífico que foi parceiro para o desenvolvimento desse trabalho.

Aos meus pais e a minha irmã por sempre acreditarem em mim.

À minha namorada, Keyla, por ser minha companheira em todos os momentos, e apesar da distância, sempre me apoiar e ser o meu porto seguro.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta.

Minha Eterna Gratidão.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Códigos, siglas e denominações dos municípios que compõem as rotas de distribuição de produtos acabados	17
Tabela 2	– Exemplo de dados coletados da distribuição de produtos acabados	24
Tabela 3	– Exemplo da segunda-feira e da cidade de Alegre com os dados organizados por dia da semana e por cidades	25
Tabela 4	– Exemplo da relação Peso/Entrega para as segundas-feiras de janeiro de 2013	27
Tabela 5	– Quantitativo mensal total de entregas por cidade no grupo segunda-feira	28
Tabela 6	– Quantitativo mensal total de entregas por cidade no grupo terça-feira	28
Tabela 7	– Quantitativo mensal total de entregas por cidade no grupo quarta-feira	28
Tabela 8	– Quantitativo mensal total de entregas por cidade no grupo quinta-feira	29
Tabela 9	– Quantitativo mensal total de entregas por cidade no grupo sexta-feira	30
Tabela 10	– Análise estatística para os planos de entregas reais	37
Tabela 11	– Análise estatística para os planos de entregas recalculada	37
Tabela 12	– Parâmetros logísticos dos planos de entregas de segunda-feira para dados reais e calculados	40
Tabela 13	– Parâmetros logísticos dos planos de entregas de terça-feira para dados reais e calculados	41
Tabela 14	– Parâmetros logísticos dos planos de entregas de quarta-feira para dados reais e calculados	41
Tabela 15	– Parâmetros logísticos dos planos de entregas de quinta-feira para dados reais e calculados	42
Tabela 16	– Parâmetros logísticos dos planos de entregas de sexta-feira para dados reais e calculados	42
Tabela 17	– Parâmetros logísticos das rotas de segunda-feira atendidas exclusivamente por cada tipo de caminhão disponível	44

Tabela 18	– Parâmetros logísticos da rota realizada por um caminhão Truck e um caminhão Três Quarto	45
Tabela 19	– Parâmetros logísticos da rota realizada por dois caminhões Toco	46
Tabela 20	– Parâmetros logísticos da rota realizada por um caminhão Toco e dois caminhões Três Quarto	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Produção brasileira de carne de frango (milhões de toneladas).	4
Figura 2	– Exportação brasileira de carne de frango (mil toneladas).	5
Figura 3	– Fluxograma da metodologia empregada no desenvolvimento do estudo.	14
Figura 4	– Exemplo da aplicação da Teoria de Grafo na caracterização de clientes no espaço.	16
Figura 5	– Exemplo da aplicação da Teoria de Grafo na definição de rotas para entrega.	16
Figura 6	– Diagrama de blocos do modelo conceitual.	19
Figura 7	– Rota de entrega para a segunda-feira praticada pela empresa.	30
Figura 8	– Rota de entrega para a terça-feira praticada pela empresa.	31
Figura 9	– Rota de entrega para a quarta-feira praticada pela empresa.	31
Figura 10	– Rota de entrega para a quinta-feira praticada pela empresa.	32
Figura 11	– Rota de entrega para a sexta-feira praticada pela empresa.	32
Figura 12	– Janela de diálogo principal.	33
Figura 13	– Janela de diálogo do processamento do Plano de Entregas de Cargas.	34
Figura 14	– Janela de diálogo Emprego da Frota.	35
Figura 15	– Gráfico tipo box-plot para distância percorrida (TKM) na rota real e calculada.	38
Figura 16	– Gráfico tipo box-plot para toneladas transportadas (TON) na rota real e calculada.	38
Figura 17	– Gráfico tipo box-plot para distância mínima percorrida para entrega (MinKm) na rota real e calculada.	38
Figura 18	– Gráfico tipo box-plot para distância máxima percorrida para entrega (MaxKm) na rota real e calculada.	38
Figura 19	– Gráfico tipo box-plot para distância percorrida com carga (KmCarga) na rota real e calculada.	39
Figura 20	– Gráfico tipo box-plot para distância percorrida sem carga (KmVazio) na rota real e calculada.	39

RESUMO

SIQUEIRA, Álvaro José Herzog. **Modelagem e simulação de sistema logístico para distribuição de carne de frango**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. Orientador: Prof. Dr. Luís César da Silva. Co-orientador: Prof. Dr. José Geraldo de Vargas Júnior.

O sistema logístico para distribuição de produtos acabados caracteriza-se pela integração dos serviços de comunicação, transporte e financeiros com a finalidade de atender às demandas do consumidor final. Estima-se que no estado do Espírito Santo, o consumo de carne de frango seja de 44,4 quilos per capita por ano. Para atender a esta demanda, o estado conta com matadouros-frigoríficos distribuídos pelo seu território, bem como, com a participação de outras empresas localizadas no país. Em sistemas de transportes, são característicos Problemas de Roteamento de Veículos (VRP), que precisam ser estudados, caracterizados e otimizados, normalmente, através de rotinas computacionais, que permitem avaliar maior quantidade de variáveis. O presente trabalho teve por objetivo caracterizar um VRP de um matadouro-frigorífico da região do Sul do Espírito Santo e desenvolver um aplicativo computacional que seja suporte para os gestores de logística, servindo para avaliar e propor rotas, e analisar parâmetros logísticos do processo de distribuição de produtos. No desenvolvimento do aplicativo computacional foi necessário caracterizar o sistema logístico da empresa, coletar e analisar os dados das operações logísticas, desenvolver as rotinas computacionais que representassem o sistema em estudo, verificar a confiabilidade dos resultados fornecidos pelo aplicativo, validá-lo e então, poder realizar as experimentações. O aplicativo desenvolvido permitiu reproduzir dados do sistema estudado e avaliar rotas segundo parâmetros logísticos. Pode-se concluir que o aplicativo computacional desenvolvido é útil aos gestores de logística, permitindo a avaliação das rotas praticadas e de novas configurações de rotas.

Palavras-chave: problema de roteamento de veículos, carne de ave, logística.

ABSTRACT

SIQUEIRA, Álvaro José Herzog. **Modeling and simulation of logistic system for distribution of poultry meat**. 2014. Dissertation (Master's degree in Food Sciences and Technology) – Federal University of Espírito Santo. Advisor: Prof. Dr. Luís César da Silva. Co-advisor: Prof. Dr. José Geraldo de Vargas Júnior.

The logistics system for distribution of finished products is characterized by the integration of communication, transport and financial services in order to meet the demands of consumers. It is estimated that in Espírito Santo state, the per capita consumption of poultry meat is 44.4 kg per year. To meet this demand, the state has slaughter plants distributed throughout its territory and, count with other companies in the country. In transport systems, vehicle routing problem (VRP) are characteristic, which need to be studied, characterized and optimized, usually through computer routines for permitting to access greater number of variables. This study aimed to characterize a VRP of a slaughter plant in South Region of Espírito Santo state, and to develop a computer program that supports logistic managers, serving to evaluate existing and proposed routes, and to analyze logistic parameters of a product distribution process. In the development of computer application was necessary to characterize the logistics system of the company, collect and analyze data of logistic operations, develop computational algorithms that represent the system under study, verify and validate the computer application, and then perform experiments. The developed application allowed represents data of the studied system and evaluate routes second logistic parameters. Thus, according to this study, can be concluded that the developed computer program is useful designed for logistic managers, for enabling the evaluation of the existing routes and new routing settings.

Keywords: vehicle routing problem, poultry meat, logistic.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1. Mercado da avicultura.....	4
3.2. Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos (<i>suply chain management</i>).....	6
3.3. Problema de roteamento de veículos	8
4. MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1. Caracterização do sistema	14
4.2. Desenvolvimento do aplicativo computacional	15
4.2.1 Aplicativo computacional.....	18
4.3. Verificação do aplicativo computacional	19
4.4. Validação do aplicativo computacional	20
4.5. Experimentação com o aplicativo – avaliação de cenários.....	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5.1. Caracterização do sistema	21
5.1. Dados obtidos da empresa	22
5.2. Primeira etapa da análise dos dados reais	24
5.3. Segunda etapa da análise dos dados reais	26
5.4. Terceira etapa da análise dos dados reais	27
5.5. Caracterização das rotas utilizadas pela empresa	30
5.6. Aplicativo computacional desenvolvido.....	33
5.7. Verificação do aplicativo	36
5.8. Validação do aplicativo	40
5.9. Experimentação com o aplicativo	45

6. CONCLUSÕES	48
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

1. INTRODUÇÃO

O setor avícola brasileiro apresenta-se altamente organizado e a maioria das empresas trabalha com cadeias produtivas com relação de elos formalizadas. Desse modo, o Brasil tornou-se o maior exportador mundial e o terceiro maior produtor mundial de carne de frango, o que evidencia a importância do setor para o país (UBABEF, 2013).

Os consumidores ao fazerem uso de determinado produto alimentício, seja industrializado ou não, existem muitos processos para que ocorra a transformação de matérias-primas em produto para o consumo, que necessitam serem estudadas e realizadas da melhor maneira possível.

Em sistema logístico, o uso de ferramentas que dispõem de dados e configurações variadas como mapas, melhora o gerenciamento e operacionalização desse sistema. A ferramenta ArcGIS® utiliza banco de dados e Sistemas de Informações Geográficas (SIG), possibilita análise de dados mapeando cartograficamente situações de forma variada, administrar os dados e promover análises geográficas. Em estudos de logística essa ferramenta pode possibilitar caracterização, análise, gestão e planejamento de rotas (COELHO e GIASSON, 2010; SANTOS et al., 2011).

Em sistema logístico, o transporte caracteriza-se em todo o fluxo de atividade para transformação do produto, incluindo todas as etapas intermediárias. No transporte de produto acabado os custos são significativos e atrelados às características do produto, quantidade, restrições, frequência, tempo, entre outros. Sendo assim, a busca para o melhor gerenciamento dos processos logísticos é constante, baseando-se principalmente em redução de custo e tempo (BRUSTOLIN e SILVA, 2007; SALGADO JR et al., 2011).

O transporte de produtos está diretamente ligado a alto custo de operação, então soluções que busquem melhorar a distribuição de produtos, reduzindo custos, distâncias percorridas e tempo são de interesse dos gestores desses processos. Buscando atender essas demandas de serviços, metodologias de Problema de Roteamento de Veículos (VRP) podem ser utilizadas, com o intuito de caracterizar a distribuição de produtos realizada, verificação de variáveis impactantes do processo

e propor meios de avaliação dessas rotas de distribuição com melhores índices de avaliação, ou seja, menor custo, menor distância, menor tempo e melhor utilização de frotas de veículos existentes. Para ser possível essas avaliações de sistema de distribuição de produtos, torna-se necessário rotinas computacionais confiáveis, que atendam de forma específica as características estudadas.

2. OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram:

- Caracterização do sistema logístico de um matadouro-frigorífico do sul do ES;
- Desenvolvimento de um aplicativo computacional de suporte para os gestores;
- Avaliação das rotas existentes praticadas pela empresa estudada; e
- Proposição de novas rotas.

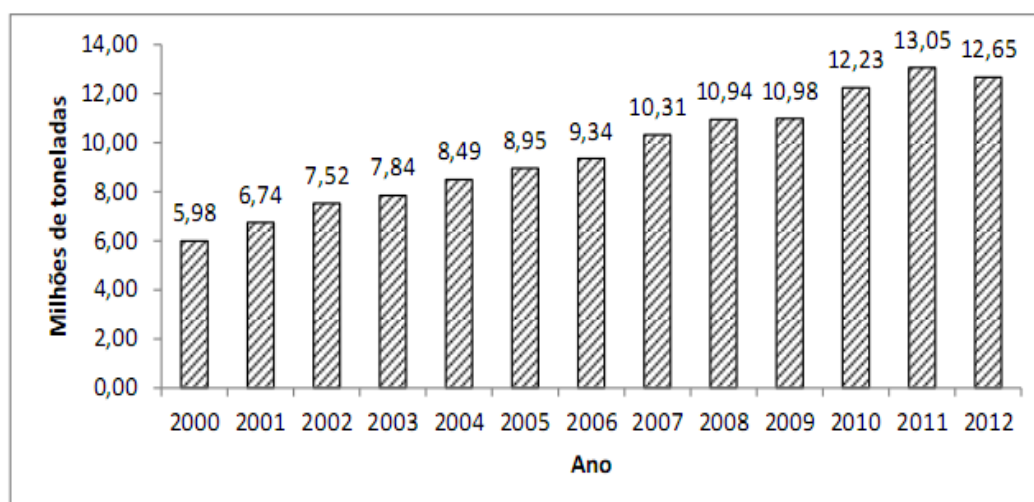
3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Mercado da avicultura

Nos últimos dez anos, a produção brasileira de frango ganhou notoriedade pelo progresso e competência do setor, o que estabeleceu destaque internacional em movimentações econômicas do mercado de carne de frango em vários países (BUENO et al., 2007; SANT'ANNA, 2008).

Acima de 3,6 milhões de pessoas são empregadas no mercado brasileiro de avicultura, de forma direta e indireta, sendo a avicultura responsável por aproximadamente 1,5% do Produto Interno Bruto Nacional (PIB) (UBABEF, 2013).

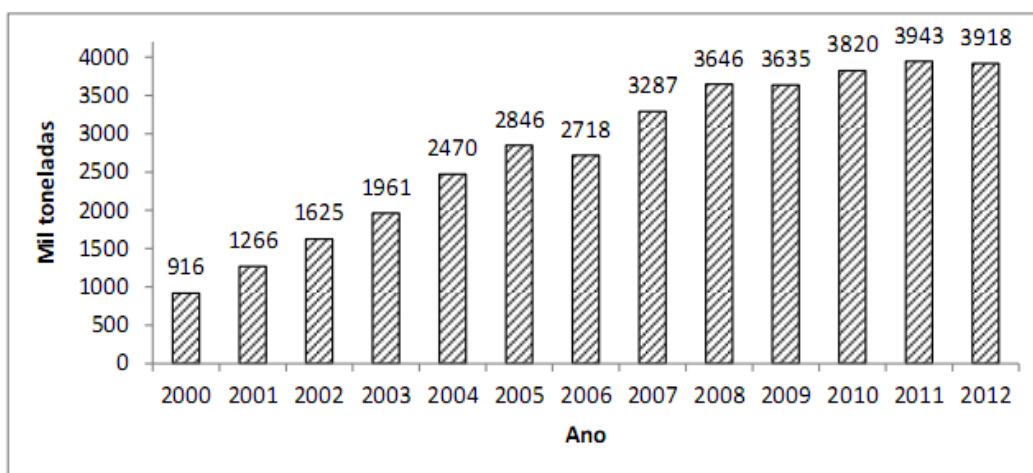
De acordo com dados do relatório anual da União Brasileira de Avicultura e a Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frangos - UBABEF (2013), no ano de 2012, o Brasil produziu 12,64 milhões de toneladas de carne de frango. O que conferiu o posto de terceiro maior produtor mundial, atrás dos Estados Unidos e China. Dessa produção, 69% foram destinadas ao mercado interno, onde o consumo per capita aproximado foi de 45 kg/ano. Em 2011, 3,9 milhões de toneladas foram exportadas tendo por destino mais de 150 países, o que garante ao Brasil a posição de maior exportador mundial. A Figura 1 ilustra a produção de carne de frango no país nos últimos anos (SINDIAVIPAR, 2012; UBABEF, 2013).



Fonte: UBABEF, 2013.

Figura 1 - Produção brasileira de carne de frango (milhões de toneladas).

A Figura 2 expõe os dados do quantitativo de exportação no período de 2000 a 2012. As principais relações comerciais no ano de 2012 foram com os países da União Europeia, África, Américas e com destaque os do Oriente Médio (UBABEF, 2013). Para atender a esses mercados internacionais, a carne de frango brasileira teve consideráveis avanços em qualidade e sanidade (BUENO et al., 2007; CALGARO e BOIAGO, 2011).



Fonte: UBABEF, 2013.

Figura 2 - Exportação brasileira de carne de frango (mil toneladas).

A cadeia produtiva avícola brasileira possui uma forma de gerenciamento integrada, com sistema de parcerias entre indústrias, tecnólogos e produtores rurais. Esse setor agroindustrial é altamente organizado, destacando-se no setor industrial em razão dos sistemas de controle de qualidade, o que é evidenciado, principalmente, nas exportações (RODRIGUES et al., 2008; EBERT et al., 2009).

O setor avícola de corte do estado do Espírito Santo caracteriza-se pela produção média mensal de 5,8 mil toneladas de carne, 49 empresas instaladas e 221 avicultores, que alojam cerca de cinco milhões de aves. Ao todo, avicultura de corte e postura, empregam no estado cerca de 22 mil pessoas (GOVERNO DO ESPÍRITO SANTO, 2012).

Para os próximos dez anos, é projetada a taxa de crescimento de 3,9 % a.a para o setor de carne de frango no Brasil. Essa perspectiva de crescimento e a atual situação do setor avícola devem-se aos fatos do desenvolvimento genético, nutrição, ambientes de produção, manejo e ao o sistema dos abatedouros-frigoríficos. Isso

reflete em ganho de peso, conversão alimentar, redução dos índices de mortalidade e a qualidade da carne de frango (RUI, ANGRIMANI E SILVA, 2011; AFONSO, 2013).

Outra atividade econômica envolvida na avicultura do Espírito Santo é o setor de transportes, em que cerca de vinte mil cargas mensais de caminhões são realizadas. Essas cargas referem-se ao transporte de insumos, frango vivo, carcaça de frango, cortes, ovos e esterco. Em longa distância ocorre o fretamento, sendo muito deles feitos de forma terceirizada (PERFIL DA AVICULTURA CAPIXABA, 2013/2014).

3.2. Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos (*supply chain management*)

Ao consumir ou fazer o uso de algum produto, industrializado ou não, grande parte dos consumidores não conhece os processos relacionados à transformação de matérias-primas, energia e esforço humano para que seja possível obter o produto pronto para o consumo (FREITAS E NOBRE JÚNIOR, 2004).

Segundo Lambert et al. (1997), os conceitos de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (Supply Chain Management – SCM) e de Logística eram vistos sem distinção por muitos consultores e acadêmicos. O Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos era visto como sendo a logística fora da empresa, incluindo os clientes e fornecedores, e a logística incluía orientação da cadeia de suprimentos ao se afirmar do ponto de origem até o ponto do consumo. Assim, com a necessidade de diferenciar os dois conceitos, o Conselho do Gerenciamento da Logística (Council of Logistics Management – CLM), anunciou uma versão modificada da Logística, mostrando claramente que a Logística seria apenas uma parte do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.

De acordo com Carvalho (2002), "Logística é o processo de planejar, implementar e controlar eficientemente, ao custo correto, o fluxo e armazenamento de matérias-primas, estoques durante a produção e produtos acabados. Engloba informações relativas a estas atividades, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender aos requisitos do cliente". O sistema logístico deve englobar a distribuição de produtos acabados, de modo que os serviços de comunicação, transporte e financeiro sejam integrados com a finalidade de atender às demandas do consumidor final.

Em sistema logístico, o uso de ferramentas que dispõem de dados e configurações variadas como mapas, melhora o gerenciamento e operacionalização desse sistema. A ferramenta ArcGIS® utiliza banco de dados e Sistemas de Informações Geográficas (SIG), possibilita análise de dados mapeando cartograficamente situações de forma variada, administrando os dados e promovendo análises geográficas. Em estudos de logística essa ferramenta pode possibilitar caracterização, análise, gestão e planejamento de rotas (COELHO e GIASSON, 2010; SANTOS et al., 2011).

O transporte em sistema logístico é caracterizado pelo fluxo de matérias-primas e produto acabado, englobando os diferentes pontos nesses caminhos. Os custos com transporte são significativos e influenciados pelo modal de transporte utilizado (rodoviário, aeroviário, hidroviário ou dutoviário), características do produto em transporte, quantidade, existência de restrições modais, frequência do transporte, tempo de transporte, valor do frete, presença de centros de distribuição e o nível de serviços prestados. Diante do exposto, ferramentas de pesquisa operacional, como modelagem e simulação são importantes para gerenciamento dos processos logísticos e tomadores de decisão, possibilitando o desenvolvimento de modelos computacionais que representem sistemas reais (CHARLES, et al., 2002; MARTINS et al., 2004; BRUSTOLIN e SILVA, 2007; SALGADO JR et al., 2011).

Cadeias de suprimentos são caracterizadas por disporem de elos independentes, mas interligados de forma lógica, que levam à obtenção de produtos acabados ou à prestação de serviços. Para que essas cadeias de suprimentos tenham funcionamento satisfatório é necessário que estejam bem estruturadas e coordenadas, fazendo com que os índices de produtividade sejam significativos, os custos reduzidos e maior valor seja agregado aos produtos e serviços (CHING, 1999).

Para Cooper e Elram (1993) o conceito de cadeia de suprimento representa a filosofia de gerenciamento de fluxo dos materiais, desde o fornecedor até o cliente final. Assim, o conceito refere-se a uma definição de trabalho entre todos os envolvidos em uma cadeia, considerando o planejamento, gerenciamento e monitoramento de informações.

A visão geral sobre o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (GCS) é revelada pelo abastecimento de produtos necessários ao cliente final. Sendo assim, o GCS envolve a coordenação do fluxo físico de bens desde a fonte de matéria-prima,

a sua transformação, até o abastecimento dos pontos finais de venda (COOPER E ELRAM, 1993; FELLOUS, 2007).

Para se ter uma cadeia de suprimentos competitiva, é necessário a redução de estoques intermediários e custos totais, movimentação rápida das operações, informações e estoques. Bons resultados são gerados pela redução de riscos e eliminação de perdas, com esforços coordenados, garantindo competitividade do produto final (POIRIER E REITER, 1997; FERREIRA E PADULA, 2002).

Uma cadeia de suprimentos é projetada para atingir o objetivo global, otimizando lucros, através de produtos e serviços aos clientes. As principais demandas no gerenciamento da cadeia de suprimentos são ter processos ágeis e bem definidos, membros da cadeia capacitados e atender às necessidades do consumidor ao menor custo (SCANDIUZZI, 2011).

De acordo com Cooper, Lambert e Pagh et al. (1997) e Lambert e Pagh (1997) as operações de gerenciamento da cadeia de suprimentos tem como objetivo reduzir custos e tempo, atender os requisitos do cliente, trabalhar com estoques reduzidos, ter maior valor agregado nos produtos e serviços e com isso ter melhores relações de parceria para poder ser competitiva em toda a cadeia. Uma maior competitividade deve ocorrer, assim como a rentabilidade para todos membros da cadeia. Assim, processos de integração e reestruturações da cadeia de suprimento devem estar objetivando a eficiência e a efetividade total do processo entre todos os membros envolvidos. O foco de gestão é a integração de cada componente, com maximização da eficiência de todos os processos envolvidos na cadeia (BALLOU, 2006; BRUSTELLO E SALGADO, 2006; DIAS, 2007; SCANDIUZZI, 2011).

3.3. Problema de roteamento de veículos

Vários autores relatam que a primeira proposição de um problema de roteamento de veículos, Vehicle Routing Problem (VRP), foi apresentada por Dantzig e Ramser (1959). Os autores, afirmando tratar-se da primeira solução prática de um problema de roteamento de veículos, propuseram otimizar a distribuição de gasolinas a partir de uma distribuidora, que atendia a vários postos. A otimização proposta visava o atendimento das demandas de produtos dos postos, percorrendo menores

distâncias e incorrendo em menores custos. Para solução do problema foi empregada programação linear, que é uma ferramenta de pesquisa operacional.

Segundo Cordeau et al. (2007) e Vidal et al. (2012) empregando conceitos da teoria de grafos, um problema de roteamento de veículos definido por um grafo não direcionado $G = (V, E)$, sendo $V = \{V_0 \dots V_n\}$ um conjunto com n nós relativos aos clientes que demandam uma quantidade de produto, q_i . Quanto a $E = \{(i, j): i < j, i = 0 \dots n, j = 0 \dots n\}$, trata-se do conjunto das arestas com extensões iguais que interligam nós. Cada uma dessas arestas está associado custo c_{ij} relativo ao deslocamento do veículo do nó i para j . Nesse caso a solução do problema consistirá na determinação de m rotas ao menor custo, tendo por restrições: (i) cada cliente estará vinculado a uma rota específica; (ii) cada rota inicia e termina no Centro de Distribuição – CD; (iii) o total de produtos demandados pelos clientes de uma rota não deve exceder a capacidade do veículo transportador; (iv) o somatória das distâncias percorridas em uma rota é limitada.

Para solução de VRP tem por fundamentos os seguintes elementos básicos (CORDEAUT et al., 2007; GUERREIRO ,2009; RIECK e ZIMMERMANN, 2013):

- (i) Função objetivo – normalmente, é estabelecida com o intuito de minimizar o custo total ou a distância percorrida quando da operação de transporte em sistema logístico;
- (ii) Restrições - referem basicamente às características físicas e operacionais dos veículos, ao perfil dos clientes aos quais se presta o serviço de entrega e, ou coleta de produtos e à configuração da rotas no que se refere às distâncias a serem percorridas, tempo de viagem, pedágios e horário permitido para o trânsito de cargas;
- (iii) Variáveis de decisão – na maioria dos VRPs essas variáveis caracterizam como rota x , a ser utilizada pelo veículo k deslocando do ponto i para j transportando z unidades do produto p ;
- (iv) Hipóteses / recursos e características dos problemas – são empregadas para descrever especificidades de um problema de VRP ao considerar, por exemplo, as seguintes situações: prestação de serviços de entrega, coleta ou ambas; número de visitas a um cliente, possibilidade de fracionar as entregas e, ou coletas empregando vários veículos; uso de um ou mais centros de distribuição e

características da frota que pode ser homogênea ou heterogênea empregando veículos com determinadas características físicas.

Segundo Figueiredo (2007), Cordeau *et al.* (2007), Guerreiro (2009), Vidal *et al.* (2012) e Archetti *et al.* (2013), soluções de VRP tradicionais são matematicamente descritas por meio das equações 01 a 07:

a) Função objetivo Eq. 01

Minimizar

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^m C_{ij} X_{ijk}$$

b) Restrições

Sujeito a

$$\sum_{i=0}^n \sum_{k=1}^m X_{ijk} = 1 \quad , j = 0, 1, 2, 3 \dots n \quad \text{Eq. 02}$$

$$\sum_{j=0}^n X_{0jk} \leq 1 \quad , k = 1, 2, 3 \dots m \quad \text{Eq. 03}$$

$$\sum_{i=0}^n X_{ipk} = \sum_{j=0}^n X_{p0jk} \quad \text{Eq. 04}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m q_i X_{ijk} \leq Q_k \quad , k = 0, 1, 2, 3 \dots mn \quad \text{Eq. 05}$$

$$\sum_{i=0}^n \sum_{k=1}^m (t_{ij} + t_j) X_{ijk} \leq T_k \quad , k = 0, 1, 2, 3 \dots m \quad \text{Eq. 06}$$

$$\sum_{vi \in S} \sum_{vj \in S} x_{ijk} \leq |S| - 1, k = 1, 2, 3 \dots m; 2 \leq S \leq V \quad \text{Eq. 07}$$

Fim

em que,

- i - ponto de partida de um arco da rota;
- j - ponto de chegada de um arco da rota;
- k - veículo utilizado em um determinado arco da rota;

- X - variável binária. Se valor igual a 1, indica que houve deslocamento do veículo k no arco da rota delimitado pelos pontos i e j . Se zero, o arco da rota não foi utilizado;
- C_{ij} - custo do deslocamento do veículo no arco da rota delimitado pelos pontos i e j .
- q_i - quantidade de produto requerida pelo cliente situado no ponto i ;
- Q_k - capacidade máxima de transporte do veículo k ;
- T_k - tempo máximo para o veículo k percorrer a rota;
- t_{ij} - tempo de deslocamento no arco da rota delimitado pelos pontos i e j .
- t_j - tempo necessário para execução da entrega no ponto j .
- S - conjunto que representa o plano de cargas, ou seja, define os pontos a serem visitados;
- v_1 - nó ou ponto de partida;
- v_2 - nó ou ponto de chegada.

Devido à diversidade dos sistemas logísticos com restrições específicas, são necessárias variantes como as abaixo descritas (ARCHETTI et al., 2013; MORAES et al., 2014, JIANG et al., 2014):

- *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* – são problemas em que o sistema logístico é constituído de rotas que interligam um grupo de clientes. Na solução busca-se atender aos clientes ao menor custo operacional ou percorrendo a menor distância. Cada rota deverá ser atendida por um veículo que tem por restrição suas características físicas e operacionais, e ao final dos atendimentos deve retornar ao ponto de partida. A frota do sistema conta com veículos homogêneos. Este problema assemelha-se ao problema do caixeiro viajante (*Traveling Salesman Problem - TSP*), a diferença é que o CVRPs visam ao estabelecimento de várias rotas para o atendimento de grupos de clientes, enquanto o TSPs empregam um veículo para o atendimento de clientes empregando uma rota específica.
- *Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem (HFVRP)* – são semelhantes aos CVRPs, a diferença é o emprego de uma frota

heterogênea quanto às características físicas e operacionais dos veículos.

- *Multiple Depot Capacitated Vehicle Routing Problem (MDCVRP)* – são problemas em que o sistema logístico é constituído por vários centros de distribuição e ou de coleta, que atendem a um determinado grupo de clientes. Cada um desses centros tem frota específica para atender aos clientes, e são interligados a um centro maior que os abasteça.
- *Vehicle Routing Problem With Time Windows (VRPTW)* – caracterizam por apresentarem restrições relacionadas a limites temporais, como por exemplo, horários definidos para execução dos serviços de entrega e ou coleta junto aos clientes e horário de funcionamento do centro de distribuição. A não observância dos limites temporais degrada a qualidade dos serviços prestados em razão dos atrasos nas entregas, e ou coletas de produtos.
- *Stochastic Vehicle Routing Problem (SVRP)* – normalmente, os problemas *VRPs* empregam variáveis determinísticas para descrever, por exemplo, as distâncias entre os pontos, tempos de viagem, quantidades de produto demandadas pelos clientes. Se pelo menos uma das variáveis do problema for variável aleatória, ou seja, tem o valor associado a uma probabilidade de ocorrência, o problema de *VRP* passa ser estocástico, *SVRP*.
- *Dynamics Vehicle Routing Problem (DVRP)* – os *VRP*, normalmente apresentação solução para um dado momento portanto são estáticos. Ao se desejar reproduzir a operacionalização dos serviços de entrega e, ou coleta de produtos em relação ao tempo o problema passa ser dinâmico. Desse modo, é possível simular os tempos de carregamento dos veículos, deslocamentos entre os pontos de entrega, realização de entregas e as viagens de retorno.
- *Vehicle Routing Problem With Split Deliveries (VRPSD)* – são problemas em que as entregas e, ou coletas de produto são fracionadas. Assim, para atender à demanda de um determinado cliente, este poderá ser visitado várias vezes, por diferentes veículos do prestador do serviço, até que a demanda seja atendida. Este tipo de formulação pode levar

à redução de custos e do tamanho de frotas, quando comparado a soluções de um VRP tradicional.

Para solução de um VRP pode-se empregar métodos exatos ou aproximados (heurísticos e meta-heurísticos). Um método exato garante a obtenção da solução ótima e normalmente é associado ao uso da programação linear e programas computacionais para solucioná-lo. Já os métodos aproximados utilizam algoritmos em situações amostrais e baseiam-se também no conhecimento empírico (GUERREIRO, 2009; ARCHETTI et al., 2013)

Os métodos exatos buscam garantir a solução ótima do problema, utilizando de toda a situação estudada. A utilização de métodos exatos na solução de um VRP é limitada quando o problema possui grandes dimensões, mesmo com os avanços a nível de programação linear, modelagem matemática e capacidade computacional, atribui-se um esforço computacional muito grande, tornando-se impraticável em situações reais (GUERREIRO, 2009; JIANG et al., 2014).

Em problemas que possuem alto grau de complexidade, com grandes dimensões exigindo grande esforço computacional, podem-se utilizar técnicas de soluções heurísticas. Porém, a técnica heurística simples, tem como desvantagem explorar apenas uma parte das soluções possíveis, podendo resultar em menor grau de confiabilidade ou com alguma tendência, obtendo assim resultados de ótimos locais. As heurísticas tradicionais são divididas em três categorias: a) de construção – a solução possível é desenvolvida de forma sistemática, com uma solução obtida tendo em relação ao valor da função objetivo; b) de 2 fases – o problema é dividido em agrupamento dos nós da rota executada e pela definição da rota que será seguida; e c) de melhoria sequencial – busca-se otimizar a solução com trocas das sequências dos pontos das rotas (GUERREIRO, 2009; ARCHETTI et al., 2013; MORAES et al., 2014).

Para contornar esse tipo de situação, foram desenvolvidas soluções metaheurísticas, que baseiam-se nas heurísticas mas seguem determinadas regras para que o processo de busca de soluções consiga atingir resultados muito próximos dos ótimos globais do sistema trabalhado. Processos iterativos são realizados nas operações para buscar soluções eficientes (GUERREIRO, 2009; ARCHETTI et al., 2013; JIANG et al., 2014).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O objeto deste estudo foi o desenvolvimento de um aplicativo computacional para auxiliar o planejamento de entregas de cargas de carnes e derivados de frango congelados, empregando o sistema logístico estabelecido por um matadouro-frigorífico situado ao sul do estado do Espírito Santo, que, atualmente abate 45 mil frangos por dia, mas possui capacidade instalada para 160 mil, e atende pontos de vendas distribuídos em trinta e oito municípios do estado.

Na condução do trabalho ocorreu maior interação com o setor comercial da empresa, onde é feito o planejamento da distribuição dos produtos acabados.

Para o desenvolvimento do trabalho foram executadas as fases representadas na Figura 3:

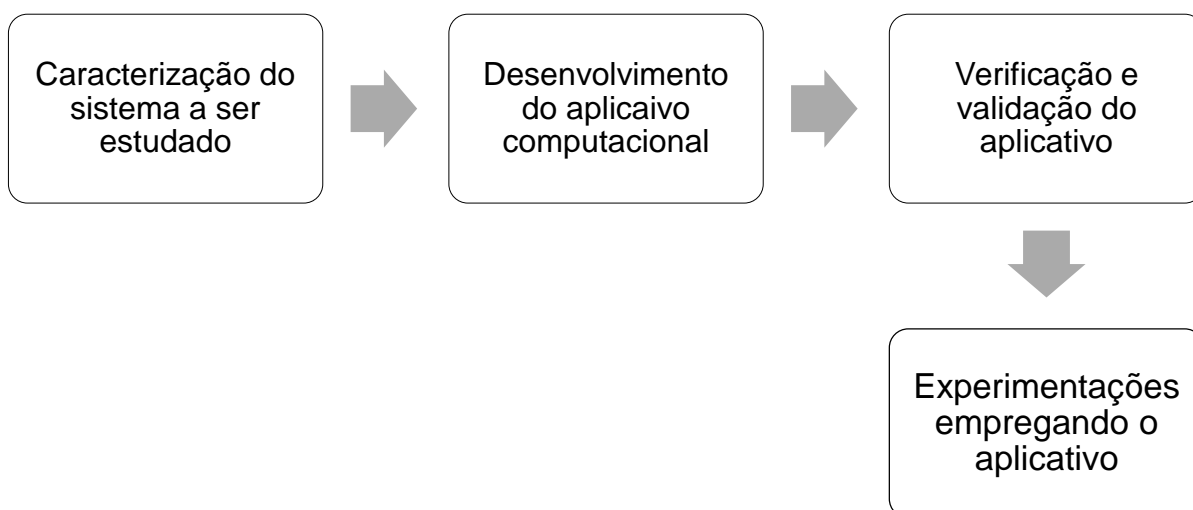


Figura 3 - Fluxograma da metodologia empregada no desenvolvimento do estudo.

4.1. Caracterização do sistema

Junto com a equipe da área comercial do matadouro-frigorífico foi caracterizado o sistema de distribuição de carnes e derivados de frango congelados. Nessa caracterização foram obtidas informações relativas à: frota de veículos - quantidade de veículos, capacidade, custo operacionais; critérios utilizados na seleção das rotas; e procedimentos adotados na constituição das cargas com as quantidades de produto demandadas pelos clientes.

A empresa possui sistema de informática corporativo, que acessa ao banco de dados em que são registradas as informações relativas às entregas realizadas. Em

uma primeira análise foi constatado que a empresa adota rotas pré-definidas para cada um dos dias de segunda a sexta-feira.

Para condução desse estudo, foram obtidos dados relativos às rotas realizadas durante o mês de janeiro de 2013. Para essas rotas foram obtidas as seguintes informações: (i) quantitativo de caminhões empregados; (ii) custos de frete para cada tipo de caminhão; (iii) carga total de produtos por caminhão; (iv) quantidades de entregas por caminhão; (v) cidades e bairros de cada entrega; e (vi) pesos de mercadoria por entrega.

Para as rotas levantadas, empregou-se o programa de computador ArcGIS® 10.1, especificamente, a ferramenta *Network Analyst*, para elaboração de mapas georeferenciados.

4.2. Desenvolvimento do aplicativo computacional

O planejamento de rotas de distribuição de produtos constitui no problema de roteamento de veículos. Considerando as especificidades do sistema logístico estudado, foram constatadas as seguintes restrições: (i) a frota de veículos não é homogênea, pois são empregados três tipos de caminhão: três quarto, toco e truck, com capacidades de carga igual a quatro, oito e doze toneladas, respectivamente; (ii) os pontos de entrega podem demandar mais de uma visita em razão da limitação de carga dos veículos; e (iii) uma rota pode ser atendida por mais de um veículo. Desse modo, a variante de VRP aplicada foi tipificada como *Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem With Split Deliveries (HFVRPSD)*, ou seja, Problema de Roteamento com Frota Heterogênea de Veículos e Entregas Fracionadas.

O aplicativo computacional desenvolvido fundamenta-se no algoritmo de solução tipificada como método heurístico. Para implementação do algoritmo em nível computacional foi empregada a linguagem de programação Visual Basic® (VB), especificamente, na forma do aplicativo Visual Basic for Applications® (VBA) para uso no ambiente do programa Microsoft Office Excel®.

A solução proposta está fundamentada na Teoria de Grafo. Desse modo, o modelo conceitual proposto é representado conforme as Figuras 4 e 5. Na Figura 4 são representados os clientes distribuídos em um geoespaço, sendo os mesmos interligados por arestas que são as vias rodoviárias.

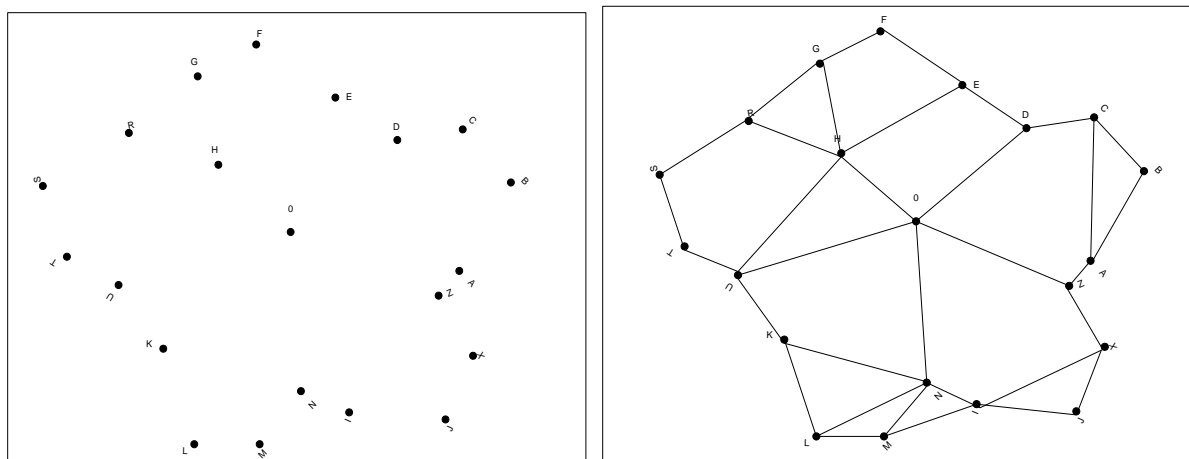


Figura 4 – Exemplo da aplicação da Teoria de Grafo na caracterização de clientes no espaço.

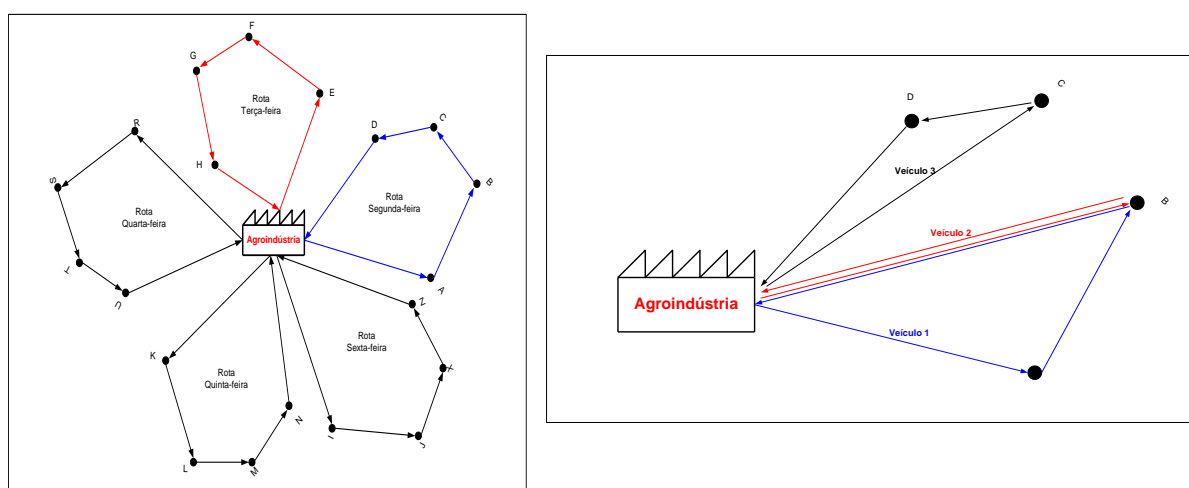


Figura 5 – Exemplo da aplicação da Teoria de Grafo na definição de rotas para entrega.

Na Figura 5 é apresentada a solução em que a partir do centro de distribuição da empresa são estabelecidas as rotas para cada dia da semana. Na operacionalização de cada uma das rotas são especificadas as sub rotas a serem executadas pelos veículos selecionados. Sendo assim, podem ocorrer situações em que um ponto venha a ser visitado por um ou mais veículos, até que a quantidade de produto demandada seja entregue.

A primeira fase de implementação do programa levou à estruturação do banco de dados configurado em três matrizes: (i) primeira: dimensão 40 x 40: contém a identificação dos pontos de entrega e as distâncias em quilômetros entre esses

pontos; (ii) segunda: dimensão 40 x 5, Tabela 1: traz a identificação dos pontos de entrega (cidades), sendo reportado um código numérico, sigla da cidade, nome da cidade, longitude e latitude; e (iii) terceira: dimensão 40 x 60: corresponde aos dados de vinte rotas reais levantadas junto à empresa. Para cada rota são utilizadas três colunas em que a primeira corresponde à ordem de execução das entregas, a segunda às distâncias em quilômetros entre os pontos de entrega ordenados e a terceira aos pesos das cargas a ser entregues em cada ponto.

Tabela 1 - Códigos, siglas e denominações dos municípios que compõem as rotas de distribuição de produtos acabados

Código	Sigla	Cidade	Longitude	Latitude
10	CAST	Castelo (Ponto de Partida)	-41° 11' 05"	-20° 36' 13"
11	ALEG	Alegre	-41° 31' 59"	-20° 45' 49"
12	APIA	Apiacá	-41° 34' 03"	-21° 09' 13"
13	ANCH	Anchieta	-40° 38' 44"	-20° 48' 21"
14	AVIV	Atílio Vivacqua	-41° 11' 54"	-20° 54' 51"
15	BJES	Bom Jesus do Norte	-41° 40' 36"	-21° 07' 56"
16	BRJE	Brejetuba	-41° 17' 25"	-20° 08' 46"
17	CITA	Cachoeiro de Itapemirim	-41° 06' 46"	-20° 50' 56"
18	CARI	Cariacica	-40° 25' 12"	-20° 15' 50"
19	CCAS	Conceição do Castelo	-41° 14' 38"	-20° 22' 06"
20	COLA	Colatina	-40° 37' 50"	-19° 32' 22"
21	DMAR	Domingos Martins	-40° 39' 33"	-20° 21' 48"
22	GURA	Guarapari	-40° 29' 51"	-20° 40' 00"
23	GUAÇ	Guaçuí	-41° 40' 46"	-20° 46' 32"
24	IBAT	Ibatiba	-41° 30' 38"	-20° 14' 02"
25	IBIT	Ibitirama	-41° 40' 02"	-20° 32' 29"
26	INCO	Iconha	-40° 48' 40"	-20° 47' 35"
27	IRUP	Irupi	-41° 38' 28"	-20° 20' 43"
28	ITAP	Itapemirim	-40° 50' 02"	-21° 00' 40"
29	IUNA	Iúna	-41° 32' 09"	-20° 20' 45"
30	JMON	Jerônimo Monteiro	-41° 23' 42"	-20° 47' 22"
31	JNEI	João Neiva	-40° 23' 08"	-19° 45' 27"
32	MARA	Marataízes	-40° 49' 28"	-21° 02' 36"
33	MIMO	Mimoso do Sul	-41° 21' 59"	-21° 03' 51"
34	MUQUI	Muqui	-41° 20' 45"	-20° 57' 06"
35	MUNI	Muniz freire	-41° 24' 47"	-20° 27' 51"
36	PIUM	Piúma	-40° 43' 19"	-20° 50' 16"
37	RNOV	Rio novo do Sul	-40° 56' 11"	-20° 51' 45"
38	PKEN	Presidente Kenedy	-41° 02' 48"	-21° 05' 56"
39	STER	Santa Teresa	-40° 36' 01"	-19° 56' 08"
40	SFIT	São Francisco de Itabapoana	-40° 57' 41"	-21° 18' 07"

Tabela 1 - Códigos, siglas e denominações dos municípios que compõem as rotas de distribuição de produtos acabados

Código	Sigla	Cidade	Longitude	Latitude
41	SJCL	São José do calçado	-41° 39' 16"	-21° 01' 31"
42	SMAT	São Mateus	-39° 51' 32"	-18° 42' 58"
43	SERR	Serra	-40° 18' 28"	-20° 07' 43"
44	VALT	Vargem Alta	-41° 00' 25"	-20° 40' 17"
45	VNIM	Venda Nova do Imigrante	-41° 08' 05"	-20° 20' 23"
46	VIAN	Viana	-40° 29' 46"	-20° 23' 25"
47	VVEL	Vila Velha	-40° 17' 33"	-20° 19' 47"
48	VITO	Vitória	-40° 20' 16"	-20° 19' 10"
99	CASR	Castelo	-41° 11' 05"	-20° 36' 13"

Continuação.

4.2.1 Aplicativo computacional

O aplicativo desenvolvido trata-se de uma solução para um Problema de Roteamento de Veículos (VRP). A solução proposta refere à otimização na escolha de trechos rodoviárias a serem utilizados para execução de um Plano de Entrega de Carne de Frango, que pode ter como destino 38 cidades localizadas no estado do Espírito Santo, a partir da cidade de Castelo, ES, onde está localizado o centro de distribuição vinculado ao matadouro frigorífico.

Na Figura 6 é apresentado o diagrama de blocos do modelo conceitual idealizado para o desenvolvimento do aplicativo computacional. Os blocos apresentados têm as seguintes finalidades:

- **Matriz de distâncias:** trata-se de uma matriz 40 x 40 que traz as distâncias em quilômetros entre os pontos de entregas conforme a configuração da malha rodoviária da região;
- **Plano de Entregas:** corresponde a uma planilha em que para cada ponto de entrega desejado é especificado quanto de carga deve ser expedida;
- **Tarifas de frete:** refere-se aos custos praticados mediante ao deslocamento e entregas de acordo com o caminhão utilizado;
- **Frota:** traz a relação de veículos disponíveis;
- **Otimização de Rotas:** trata-se de rotinas computacionais em que, a partir do Plano de Entregas definido pelo usuário, é processada a rota que corresponde à menor distância percorrida para o atendimento dos clientes.

- **Operacionalização das Rotas:** definida a rota a ser executada, e baseado na frota configurada pelo usuário, rotinas computacionais calculam o Plano de Entrega para cada veículo e são calculados custos e outros parâmetros logísticos.
- **Resultados:** traz valores calculados para Parâmetros de Logística de Transporte, como: custos, distâncias percorridas e momento do frete. São também disponibilizados mapa cartesiano da rota e o mapa geográfico empregando recursos do *Google Maps*.

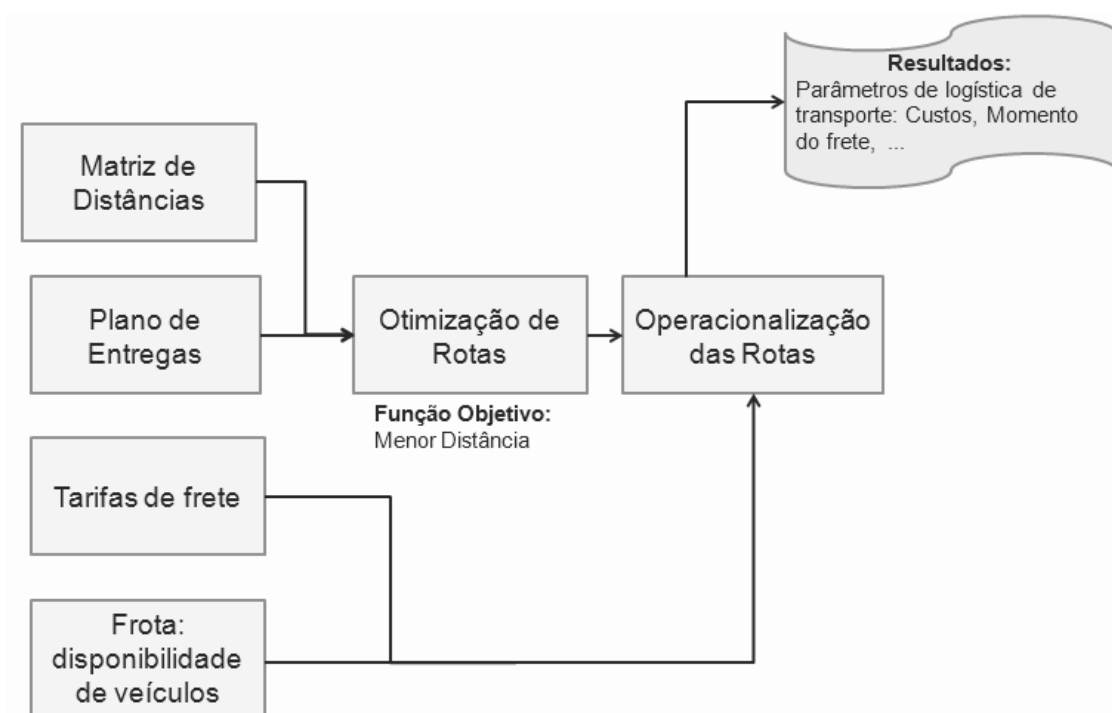


Figura 6 – Diagrama de blocos do modelo conceitual

4.3. Verificação do aplicativo computacional

Na verificação, os vinte planos reais de entrega foram processados sendo calculados os seguintes parâmetros logísticos: total de quilômetros percorridos; total de toneladas transportadas; número de pontos de entregas atendidos; menor distância percorrida para realizar uma entrega a partir do matadouro-frigorífico, em quilômetros; maior distância percorrida para realizar uma entrega a partir do matadouro-frigorífico, em quilômetros; total de quilômetros percorridos com carga; e total de quilômetros percorridos sem carga. Considerando cada um desses

parâmetros para os vinte planos reais foram aplicadas as ferramentas de estatística descritiva sendo calculadas medidas de posição e dispersão.

Igual procedimento foi realizado, só que empregando os dados dos vinte planos reais recalculados pelo aplicativo.

Para a verificação, foram então comparadas as medidas de posição e dispersão para os dois conjuntos de dados supradescritos.

4.4. Validação do aplicativo computacional

Para validação, foram realizadas duas experimentações com o aplicativo. A primeira refere-se à comparação de cada um dos vinte planos de entrega reais com os vinte planos recalculados pelo aplicativo. Os parâmetros logísticos comparados foram calculados por meio do aplicativo. Na comparação foram utilizadas as ferramentas de estatística descritiva relativas às medidas de posição e dispersão.

A segunda experimentação refere à operacionalização das rotas empregadas para as segundas-feiras. Neste caso, para os quatro planos de entrega reais e recalculados foram considerados a operacionalização das rotas ao utilizar, exclusivamente, um dos seguintes tipos de caminhão três quarto, toco ou truck. Ao final foram comparados parâmetros logísticos dos doze cenários gerados.

4.5. Experimentação com o aplicativo – avaliação de cenários

O experimento refere-se à análise da execução de plano de entregas proposto. Para esse plano foi calculada uma rota e para operacionalizá-la são considerados três cenários relativos ao emprego de caminhões: (i) um caminhão truck e um caminhão três quarto; (ii) dois caminhões toco; e (iii) um caminhão toco e dois caminhões três quarto. Os cenários foram comparados, segundo os parâmetros logísticos calculados por meio do aplicativo desenvolvido.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização do sistema

O sistema estudado foi o setor logístico de um matadouro-frigorífico do sul do estado do Espírito Santo.

Nas reuniões realizadas com o corpo técnico da empresa, foram levantadas quais as principais dificuldades do setor de distribuição de produtos. Nesse momento definiu-se que as principais dificuldades eram:

- A definição do trajeto a ser seguido, que fica a critério do motorista;
- A necessidade de atender mais de uma cidade;
- A necessidade de utilizar caminhões de maior capacidade, o que possibilitaria a redução do custo do frete; e
- A ausência de aplicativo computacional para auxiliar na decisão e avaliação de rotas. São utilizados aplicativos disponíveis em sítios na Internet.

O planejamento da logística de distribuição dos produtos acabados da empresa ocorre em quatro etapas principais:

1. **Pedido dos clientes:** as vendas ocorrem dentro da empresa pelo processo de televendas (vendas por telefone realizada por funcionário) e também pelos vendedores externo, que através de aparelho eletrônico, realizam os pedidos e os enviam para o sistema da empresa.
2. **Verificação cadastral dos clientes:** a empresa utiliza um software para a verificação dos dados do cliente. Nessa etapa realiza-se o processo de validação do cliente, ou seja, verifica-se se existe alguma restrição cadastral. Ainda nessa etapa, realiza-se conferência do limite de crédito que o cliente pode comprar. Com a situação verificada, o pedido segue para a montagem das cargas.
3. **Montagem das cargas:** essa etapa é realizada pelo profissional responsável pela logística, no caso dessa empresa, denomina-se operador logístico. Primeiramente, estudam-se os pedidos e faz-se o levantamento quantitativo de cargas nos pedidos. De acordo com as rotas pré-definidas utilizadas pela empresa define-se o número necessário de caminhões para

realização do transporte e as características inerentes a cada uma para que a carga possa ser atendida. Assim o operador de logística define as rotas que cada caminhão irá seguir, informam-se as cidades, pontos de entregas nas cidades e o quantitativo de entrega em cada ponto.

4. **Expedição:** os pedidos são conferidos e as cargas são disponibilizadas para carregamento nos caminhões. A conferência das cargas é feita através do sistema eletrônico da empresa e assim realiza-se a pesagem do caminhão para que possa seguir para entrega. Havendo diferença maior que 18 kg no peso da carga, o caminhão tem que voltar para a conferência do carregamento.

Observou-se que na etapa 3, montagem de cargas, é realizada sob responsabilidade do operador logística, de forma empírica. Assim, um modelo computacional capaz de reproduzir as atividades do operador e auxiliá-lo no gerenciamento desse processo tornou-se interessante.

5.1. Dados obtidos da empresa

A empresa trabalha com o transporte de produtos acabados de forma terceirizada, em contrato com uma empresa da região, que disponibiliza uma frota de quatorze veículos:

- 8 caminhões 3/4 (três quarto) com capacidade de carregamento de 4 toneladas;
- 4 caminhões toco com capacidade de carregamento de 8 toneladas; e
- 2 caminhões truck com capacidade de carregamento de 12 toneladas.

Havendo necessidade de veículos de maior capacidade, a empresa de transporte é comunicada, para contratação de outros veículos de terceiros. Esta situação, esporadicamente ocorre, quando são realizadas vendas em atacado, sendo então, necessárias carretas com capacidade de carregamento de 28 toneladas.

O cálculo do frete varia de acordo com o tipo de caminhão. Utiliza-se como parâmetros para cálculo do frete a quilometragem a ser percorrida, custo para descarga e imposto sob o frete. O valor do frete para o sistema logístico estudado, é calculado da seguinte forma:

- a) Caminhão 3/4:
 $(R\$1,40/\text{km rodado} + R\$20,00/\text{ton descarregada}) / 0,88$ Eq. 08
- b) Caminhão toco:
 $(R\$1,65/\text{km rodado} + R\$20,00/\text{ton descarregada}) / 0,88$ Eq.09
- c) Caminhão truck:
 $(R\$1,88/\text{km rodado} + R\$20,00/\text{ton descarregada}) / 0,88$ Eq.09

O fator 0,88 corresponde o imposto cobrado sobre o valor do frete contabilizado.

Devido à quantidade de pedidos e variedade de produtos nas entregas a montagem das cargas nos caminhões é realizada agrupando por produto dentro do caminhão, em que os de maiores quantidades são colocados ao fundo e toda a carga é mantida na mesma altura.

Após essas caracterizações foi acessado o banco de dados da distribuição de produtos, sendo obtidas as seguintes informações diárias:

- quantitativo de caminhões;
- custo do frete de cada caminhão;
- peso total de produtos por caminhão;
- quantidade de entregas por caminhão;
- cidades e bairros de cada entrega; e
- peso da mercadoria por entrega.

A Tabela 2 exemplifica como os dados obtidos do sistema da empresa foram organizados em uma planilha eletrônica por data de entrega e por caminhão, sendo as informações do frete, quantidade de produto e entregas organizadas para cada caminhão. A organização da planilha eletrônica foi com o objetivo de iniciar as análises dos dados, para que fosse possível identificar a organização das rotas e servir de base de dados para o desenvolvimento do aplicativo computacional, utilizando esses dados, de forma organizada, como entrada de informações.

O modelo da Tabela 2 foi aplicado para todos os dias do mês de janeiro de 2013, em que houveram entregas de produtos.

Tabela 2 – Exemplo de dados da distribuição de produtos acabados

Data		31/01/2013			
Caminhões	13				
Caminhão	1	Caminhão	2		
Frete (R\$)	605,25	Frete (R\$)	713,78		
Peso (kg)	4125,23	Peso (kg)	3620,23		
Entregas	21	Entregas	14		
Detalhes das entregas			Detalhes das entregas		
Cidade	Bairro	Peso (kg)	Cidade	Bairro	Peso (kg)
Vila Velha	Cristovão Colombo	607,53	Serra	Jardim Tropical	736,8
Vila Velha	São Torquato	661,77	Serra	Divinópolis	147,14
Vitória	Praia Do Suá	110,58	Serra	Jardim Carapina	110,49
Vitória	Praia Do Suá	165,69	Serra	Andre Carloni	386
Vitória	Santa Lucia	30,8	Serra	Jardim Tropical	124,16
Vitória	São Cristovão	36,79	Serra	Nossa Senhora De Fatima	147,32
Vitória	Grande Vitória	165,51	Serra	Jardim Carapina	129,18
Vitória	De Lourdes	124,25	Serra	Andre Carloni	55,2
Vitória	Jardim Camburi	73,64	Serra	Nossa Senhora De Fatima	55,2
Vitória	Bela Vista	128,77	Serra	Jardim Carapina	245,65
Vitória	Jardim Camburi	423,61	Serra	Rosario De Fatima N	503,8
Vitória	Ilha De Santa Maria	515,6	Serra	Novo Horizonte	551,75
Vitória	Jardim Camburi	36,82	Serra	Jardim Carapina	298,67
Vitória	São Pedro	239,03	Serra	Jardim Carapina	128,87
Vitória	Santo Antonio	55,14			3620,23

A coleta de dados foi realizada para todo o mês de janeiro de 2013, do dia 02 ao dia 31, totalizando 5 semanas incompletas. Com os dados organizados (Tabela 2), foi necessário realizar três novas organizações e análises dos dados, para que fosse possível o desenvolvimento do modelo computacional, como o volume de dados foi muito grande, agrupamento de dados fizeram-se necessários para melhor análise dos dados obtidos.

5.2. Primeira etapa da análise dos dados reais

A primeira análise realizada foi observar a frequência de entrega de produtos de acordo com os dias da semana. Desse modo, os dados foram agrupados por dia da semana e formaram-se cinco grupos (segunda a sexta-feira).

Em cada grupo, ou seja, para cada dia da semana, os dados foram agrupados por cidade. Desse modo, foi possível obter informações por cidade em cada dia da semana, verificando quantas entregas ocorreram, a quantidade e em quantos dias se repetiram no mês, dentro dos cinco grupos de dados formados.

Essa organização das entregas por cidade, dia da semana e pelas cinco semanas do mês (Tabela 3) que traz dados relativos ao grupo segunda-feira, para a cidade de Alegre.

Tabela 3 – Exemplo da segunda-feira e da cidade de Alegre com os dados organizados por dia da semana e por cidades.

Detalhes das entregas			
N° CAMINHÃO	CIDADE	BAIRRO	PESO (Kg)
C1	Alegre	Centro	18,39
C1	Alegre	Centro	197,96
C1	Alegre	Centro	86,26
C1	Alegre	Centro	36,78
C1	Alegre	Centro	55,20
C1	Alegre	Centro	12,69
C1	Alegre	Centro	18,40
C1	Alegre	Centro	1167,85
C1	Alegre	Centro	414,05
C1	Alegre	Rive	43,50
C1	Alegre	Centro	50,56
C1	Alegre	Rive	36,80
C2	Alegre	Centro	36,78
C2	Alegre	Centro	55,14
C2	Alegre	Centro	67,79
C2	Alegre	Centro	805,11
C2	Alegre	Centro	126,03
C2	Alegre	Centro	524,13
C2	Alegre	Centro	73,55
C2	Alegre	Centro	1238,58
C2	Alegre	Centro	135,49
C2	Alegre	Rive	49,84
C3	Alegre	Centro	142,58
C3	Alegre	Centro	98,88
C3	Alegre	Centro	40,05
C3	Alegre	Centro	86,21
C3	Alegre	Centro	524,19
C3	Alegre	Centro	25,33
C3	Alegre	Centro	368,20
C3	Alegre	Rive	36,79
C3	Alegre	Rive	126,63

Planilhas eletrônicas foram organizadas de acordo com a Tabela 3, de modo que foi possível analisar os dados detalhados por dia da semana e por cidades. Na Tabela 3, a primeira coluna refere-se ao caminhão que realizou a entrega na primeira (C1), segunda (C2) e terceira (C3) segunda-feira do mês. Utilizou-se a sigla C seguida de um número para evidenciar em qual semana do mês a entrega realizada, ou seja, o número 1 refere-se a entrega na primeira semana do mês, o número 2 refere-se a entrega na segunda semana do mês e assim por diante, o que permite visualizar nos grupos de segunda a sexta-feira, qual foi a repetição de acordo com as 5 semanas, para cada cidade. Por exemplo, na cidade de Alegre, no mês de janeiro de 2013, foi possível contabilizar qual o quantitativo de entregas na primeira segunda-feira do mês (C1), segunda segunda-feira do mês (C2) e terceira segunda-feira do mês (C3), de acordo com os dados da Tabela 3.

5.3. Segunda etapa da análise dos dados reais

A segunda etapa de análise dos dados foi realizada para verificar como os quantitativos de entrega variavam em relação às semanas do mês, ou seja, se a ordem da semana está correlacionada às quantidades entregues nas cidades. Assim, foi realizada essa análise para os cinco grupos definidos (segunda a sexta-feira) totalizando o peso das cargas destinadas às cidades e dividindo pelo total de entregas definindo a relação de peso por entrega. Feito isso, os dados foram organizados em planilha eletrônica, nos cinco grupos definidos, conforme a Tabela 4.

A Tabela 4 exemplifica a organização da planilha para o grupo segunda-feira, com algumas cidades. A coluna de semanas refere-se às quatro semanas do mês de janeiro de 2013.

Analisando cinco planilhas organizadas de acordo com o exemplo da Tabela 4, de segunda-feira a sexta-feira, buscou-se verificar se existia uma tendência de maior ou menor quantitativo de entregas em relação as semanas do mês estudado, por exemplo, verificar se a primeira e a última semana do mês teriam um maior quantitativo e também relação Peso/Entrega do que as outras semanas do mês, porém foi verificado que não há uma tendência definida de maior quantitativo de entregas no decorrer das semanas dentro de um mês. Essa conclusão foi considerada para a construção do modelo computacional.

Tabela 4 – Exemplo da relação Peso/Entrega para as segundas-feiras de janeiro de 2013

Segunda-feira		
SEMANA	CIDADE	Peso/Entrega
1	Alegre	178,20
2	Alegre	311,24
3	Alegre	160,98
4	Alegre	177,55
1	Anchieta	1012,70
1	Apiacá	332,44
2	Apiacá	241,67
3	Apiacá	157,66
4	Apiacá	171,92
4	Atílio Vivacqua	1078,25
1	Bom Jesus do Itabapoana	257,78
2	Bom Jesus do Itabapoana	135,28
3	Bom Jesus do Itabapoana	92,98
4	Bom Jesus do Itabapoana	180,75
1	Bom Jesus do Norte	67,66
2	Bom Jesus do Norte	110,46
3	Bom Jesus do Norte	112,63
1	Cachoeiro de Itapemirim	192,22
3	Cachoeiro de Itapemirim	310,88
4	Cachoeiro de Itapemirim	3082,76

5.4. Terceira etapa da análise dos dados reais

Nessa etapa realizou-se um novo agrupamento dos dados por cidade e por dia da semana, sendo que nessa análise, somou-se o total de entregas por cidade e agrupou-se por dia da semana em relação ao mês completo, obtendo assim cinco planilhas. As cidades que não tiveram entregas em todas as semanas do mês, foram agrupadas como a categoria outros, deixando evidenciado apenas as cidades que tiveram constância de entregas em todas as semanas do mês. Por exemplo, para a cidade de Alegre houve entregas em todas as semanas do mês estudado, portanto, somou-se o peso de todas as entregas realizadas no mês para compor a nova planilha eletrônica de dados desenvolvida.

O objetivo foi verificar as aglomerações quantitativas de entregas que podem ser utilizadas para avaliar as rotas existentes utilizadas pela empresa, se possível, propor novas rotas.

As Tabelas de 5 a 9 evidenciam os dados dos grupos segunda a sexta-feira, organizadas como acima descrito.

Tabela 5 – Quantitativo mensal total de entregas por cidade no grupo segunda-feira

CIDADE	Nº DE ENTREGAS	PESO (kg)	PESO/ENTREGA
ALEGRE	41	8475,33	206,72
APIACA	9	1874,30	208,26
BOM JESUS DO NORTE	7	694,12	99,16
CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM	16	32336,93	2021,06
CARIACICA	37	8251,09	223,00
GUAÇUI	13	7102,62	546,36
GUARAPARI	19	10414,04	548,11
ITAPEMIRIM	28	7519,09	268,54
JERÔNIMO MONTEIRO	21	7056,85	336,04
MARATAÍZES	26	20028,50	770,33
MIMOSO DO SUL	6	1291,34	215,22
PRESIDENTE KENNEDY	15	6164,44	410,96
RIO NOVO DO SUL	14	4397,22	314,09
SÃO JOSÉ DO CALÇADO	6	708,29	118,05
SERRA	15	10468,06	697,87
VARGEM ALTA	26	3934,58	151,33
VIANA	11	2935,23	266,84
OUTROS	25	148788,69	5951,55

Tabela 6 – Quantitativo mensal total de entregas por cidade no grupo terça-feira

CIDADE	Nº DE ENTREGAS	PESO (kg)	PESO/ENTREGA
CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM	17	15138,20	890,48
CARIACICA	65	17692,45	272,19
GUARAPARI	32	8019,77	250,62
PIUMA	7	2111,35	301,62
SERRA	132	50712,42	384,19
VIANA	13	5513,79	424,14
VILA VELHA	85	61199,03	719,99
VITÓRIA	136	34935,97	256,88
OUTROS	23	219638,94	9549,52

Tabela 7 – Quantitativo mensal total de entregas por cidade no grupo quarta-feira

CIDADE	Nº DE ENTREGAS	PESO (kg)	PESO/ENTREGA
ANCHIETA	25	9314,77	372,59
ATÍLIO VIVACQUA	6	3728,05	621,34
BREJETUBA	15	9416,53	627,77
CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM	144	71738,79	498,19
CASTELO	5	141,15	28,23
CONCEIÇÃO DO CASTELO	48	9265,94	193,04
DOMINGOS MARTINS	13	1965,98	151,23
GUARAPARI	89	42471,67	477,21

Tabela 7 – Quantitativo mensal total de entregas por cidade no grupo quarta-feira

CIDADE	Nº DE ENTREGAS	PESO (kg)	PESO/ENTREGA
IBATIBA	56	10254,47	183,12
IBITIRAMA	9	3438,34	382,04
ICONHA	12	1228,78	102,40
IRUPI	36	10831,22	300,87
ITAPEMIRIM	8	2911,29	363,91
IÚNA	50	9929,69	198,59
MARATAÍZES	9	5385,10	598,34
MUNIZ FREIRE	7	1435,46	205,07
PIUMA	18	8482,29	471,24
SERRA	10	9848,21	984,82
VENDA NOVA DO IMIGRANTE	61	8667,59	142,09
VIANA	6	5684,92	947,49
OUTROS	38	289694,55	7623,54

Continuação.

Tabela 8 – Quantitativo mensal total de entregas por cidade no grupo quinta-feira

CIDADE	Nº DE ENTREGAS	PESO (kg)	PESO/ENTREGA
CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM	63	21100,57	334,93
CARIACICA	74	34617,98	467,81
CONCEIÇÃO DO CASTELO	14	1996,97	142,64
MIMOSO DO SUL	24	19075,81	794,83
MUQUI	17	8396,07	493,89
SERRA	196	79505,73	405,64
VENDA NOVA DO IMIGRANTE	11	1139,70	103,61
VIANA	23	14354,24	624,10
VILA VELHA	111	67184,96	605,27
VITÓRIA	137	28798,19	210,21
OUTROS	22	145809,25	6627,69

Tabela 9 – Quantitativo mensal total de entregas por cidade no grupo sexta-feira

CIDADE	Nº DE ENTREGAS	PESO (kg)	PESO/ENTREGA
CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM	26	6100,85	234,65
CAMPOS DOS GOYTACAZES	20	5060,19	253,01
CARIACICA	10	8314,57	831,46
CASTELO	181	21045,77	116,27
COLATINA	15	23139,96	1542,66
GUARAPARI	17	10170,35	598,26
MIMOSO DO SUL	6	4048,96	674,83
MUQUI	6	2451,71	408,62
NOVA IGUAÇU	5	76947,62	15389,52
SERRA	66	51788,17	784,67
VILA VELHA	37	18162,63	490,88
VITÓRIA	23	14761,36	641,80
OUTROS	53	211379,1	3988,28

5.5. Caracterização das rotas utilizadas pela empresa

No levantamento de dados foi constatado que a empresa trabalha com rotas pré-definidas para cada dia da semana. Empregando o programa de computador ArcGIS® e a ferramenta Network Analyst®, foram elaborados mapas georeferenciados das rotas. Cinco mapas, Figuras 7 a 11, foram elaborados, um para cada dia da semana em que ocorreram as entregas de produtos. Os títulos dos mapas referem ao dia do carregamento, que são realizados no dia anterior, durante a noite, ou seja, se ocorre entregas na segunda-feira, o carregamento do veículo é realizado no domingo, e assim sucessivamente.

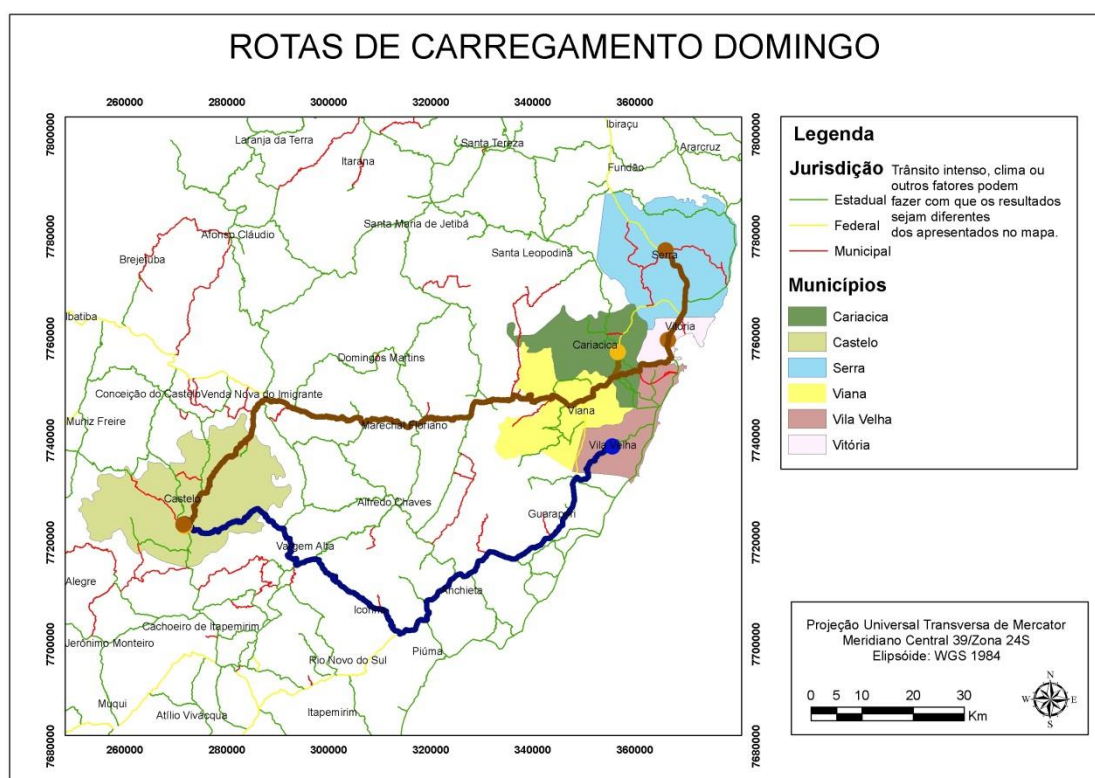


Figura 7 – Rota de entrega praticada pela empresa para a segunda-feira

As Figuras de 7 a 11 evidenciam as rotas praticadas pela empresa e as cores são utilizadas para diferenciar rotas existentes no mesmo dia. Por exemplo, na Figura 7, existem duas rotas pré-definidas, azul e marrom, em que a rota azul o ponto de entrega é na cidade de Vila Velha, enquanto que a rota marrom tem pontos de entrega em Cariacica, Vitória e Serra.

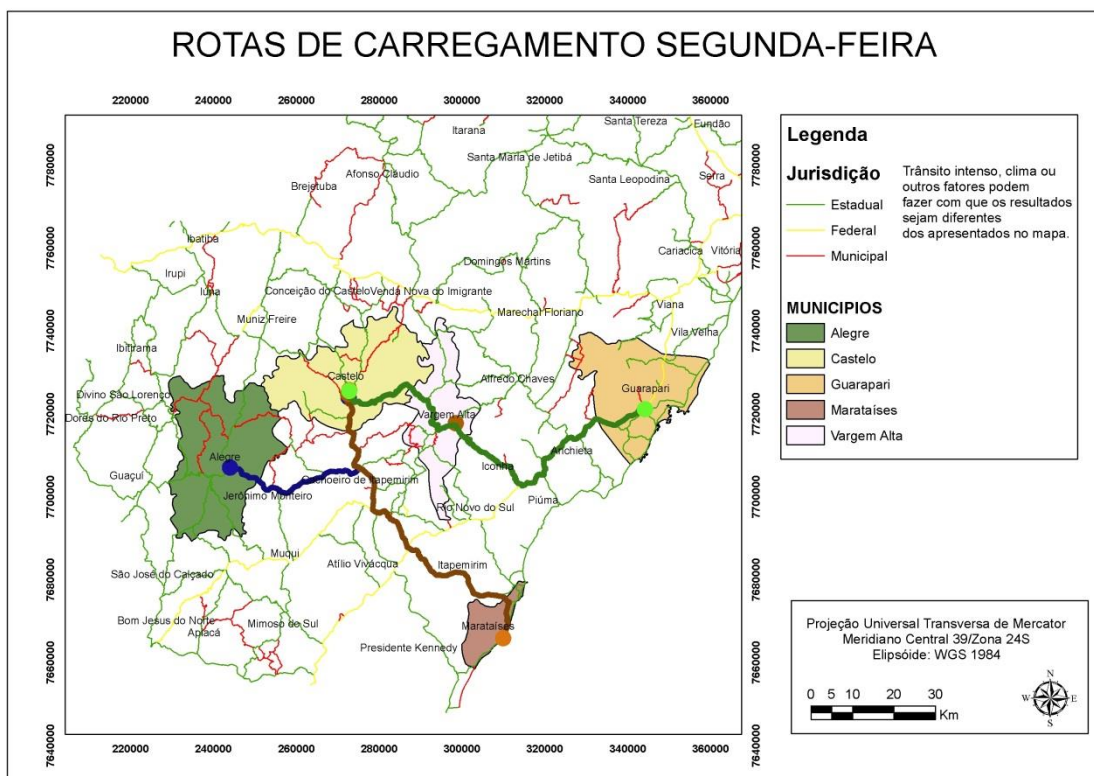


Figura 8 – Rota de entrega praticada pela empresa para a terça-feira

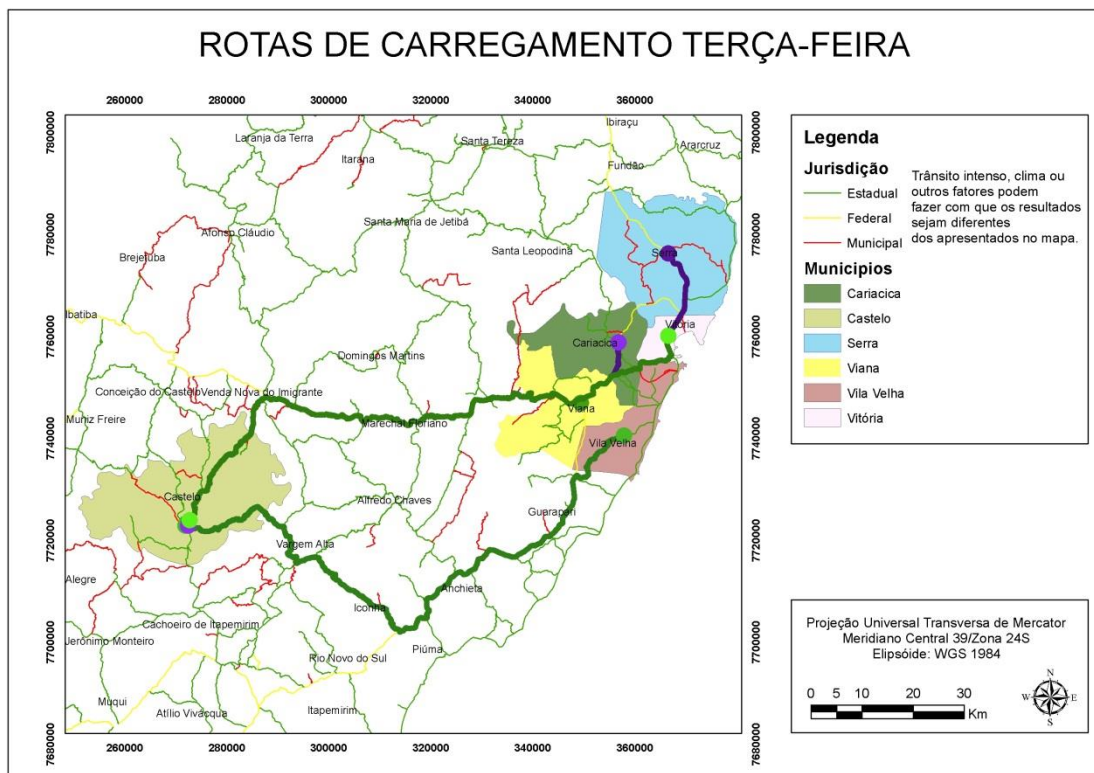


Figura 9 – Rota de entrega praticada pela empresa para a quarta-feira

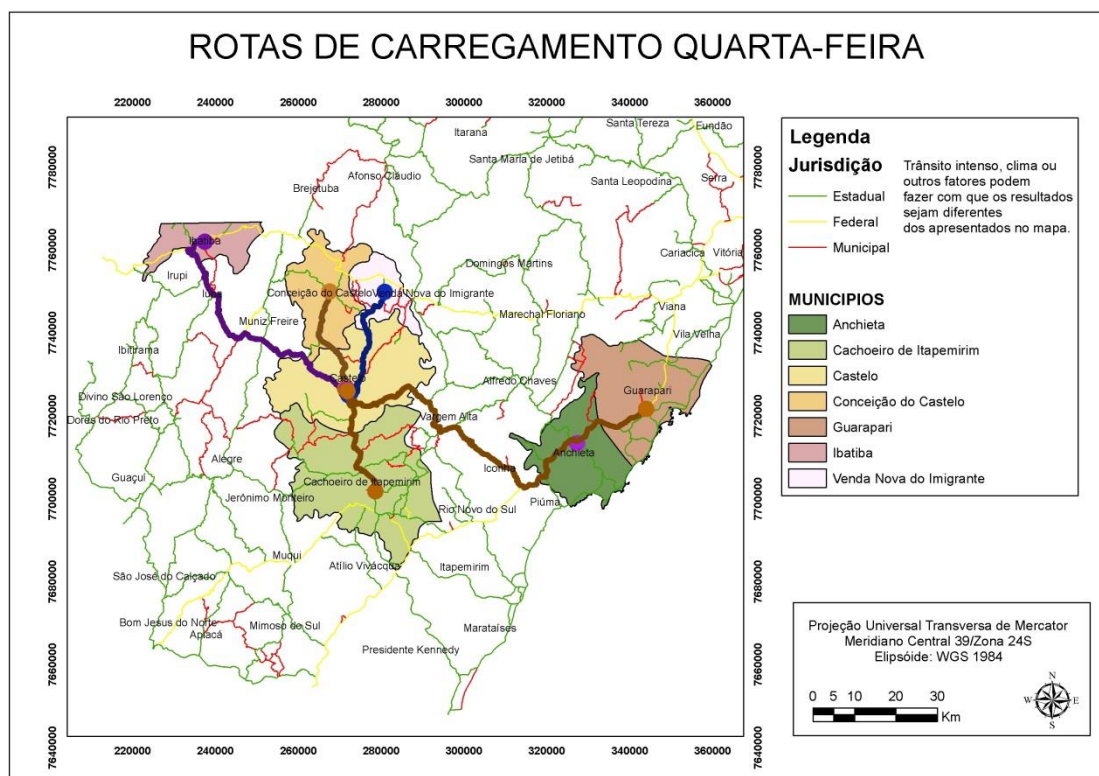


Figura 10 – Rota de entrega praticada pela empresa para a quinta-feira

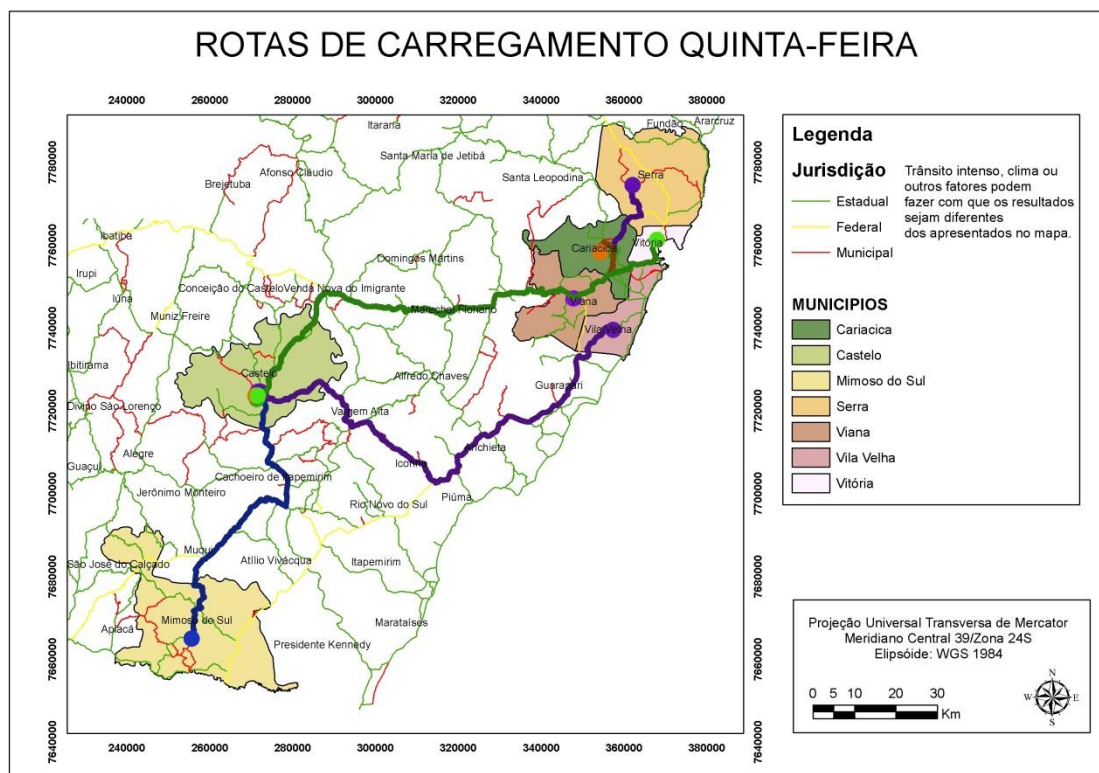


Figura 11 – Rota de entrega praticada pela empresa para a sexta-feira

Uma vez determinado o montante das cargas, são indicados os veículos para o transporte. Esses grupos de rotas pré-definidas foram úteis para construção do aplicativo computacional, abastecendo o banco de dados de rotas originais. Essas rotas foram utilizadas no processo de validação do aplicativo computacional e também na comparação de novas proposições de rotas perante as rotas atuais praticadas.

No trajeto das rotas podem ser feitas outras entregas além desses pontos que estão destacados na figura, desde que não seja necessário alteração do trajeto.

5.6. Aplicativo computacional desenvolvido

Na Figura 12 é apresentada a principal janela de diálogo do aplicativo.

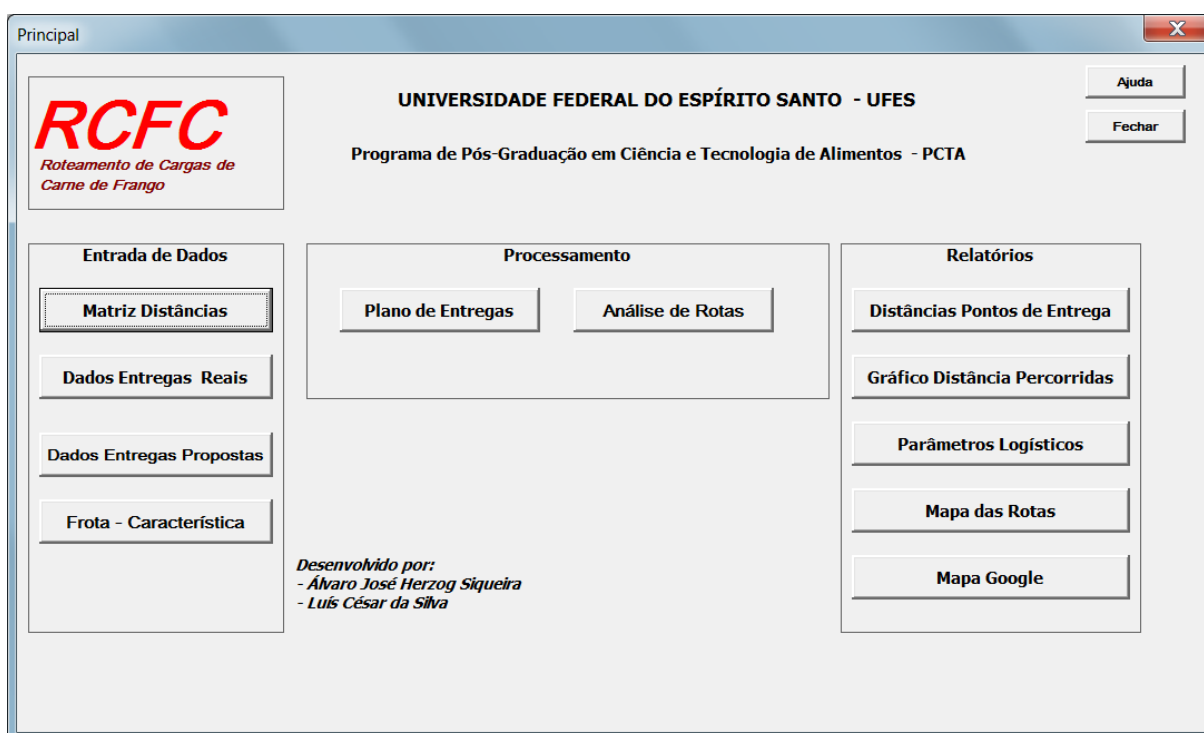


Figura 12 - Janela de diálogo principal.

A exceção dos botões “Help” e “Fechar”, ambos no canto superior à direita, os demais apresentam distribuídos em três categorias: Entrada de Dados, Processamento e Relatórios.

- **Entrada de Dados:** os botões desta categoria permitem o acesso a planilhas que contêm informações quanto a: (i) *Matriz de Distâncias* – traz a distância em quilômetros entre os pontos de entrega; (ii) *Dados de Entregas Reais* – refere-

se a dados de rotas praticadas pela empresa, as informações referem a ordem das entregas, distâncias entre os pontos, e carga a ser entregue em cada ponto; (iii) Dados de Entregas Propostas – traz dados de planos de entrega propostos pelo usuário, sendo listados para os pontos desejados as quantidades demandadas; e (iv) Frota – refere à caracterização da frota e às tarifas de frete praticadas.

- **Processamento:** nesta categoria o usuário poderá processar o Plano de Entregas desejado, bem como proceder às análises dos Planos de Entrega. Ao acionar o botão “Plano de Entregas de Cargas” o usuário é direcionado à janela de diálogo apresentada na Figura 13

No Plano de Entregas de Cargas é apresentada a ordem de execução das entregas, as distâncias em quilômetros entre os pontos de entrega ordenados e os pesos das cargas a ser entregues em cada ponto.

A imagem mostra uma janela de diálogo intitulada "Plano de Entregas de Cargas". No topo, há uma barra de título com o nome da janela e um ícone de fechar. O conteúdo da janela é organizado em seções:

- Limpar:** Contém dois botões: "Plano" e "Orderm & Distâncias".
- Abaixo disso, há dois botões: "Buscar Plano Existente" e "Analisar Plano Selecionado".
- Logo abaixo, há uma caixa de seleção com o rótulo "Inserir Novo Plano" e um ícone de seta para cima, que está marcada.
- Definir Plano:** Esta seção contém:
 - Um campo de texto rotulado "Nome da Rota:".
 - Um menu suspenso rotulado "Destino:".
 - Um campo de texto rotulado "Carga (kg):".
 - Dois botões: "Inserir" e "Salvar Rota".
- Na base da janela, há três botões: "Processar Rotas", "Principal" e "Fechar".

Figura 13 – Janela de diálogo do processamento do Plano de Entregas de Cargas.

Conforme apresentado na Figura 13, na parte superior o usuário tem as opções de apagar todo o Plano, ou apagar apenas as colunas contendo as ordens de entrega e distâncias entre os pontos.

Ao acionar o botão “Buscar Plano Existente”, o usuário pode resgatar um dos vinte planos reais levantados junto à empresa, ou os propostos pelo usuário. Os planos reais podem seguir para análise ao ser acionado o botão “Analisar Plano Selecionado”. Se o plano for proposto, necessariamente, deverá ser processado acionando o botão “Processar Rotas”. Então será calculada a ordem das entregas e determinadas as distâncias entre os pontos da rota proposta.

Na janela de diálogo Plano de Entregas (Figura 13), o usuário poderá também inserir um novo plano, basta marcar a opção “Inserir Novo Plano”, sendo então, abertas as caixas de diálogo para inserção do nome da rota, e definição da identificação do ponto de entrega e a carga demandada. Para cada ponto definido deve ser acionado o botão “Inserir” para que a informação seja repassada à planilha Plano de Entrega. Definido o último ponto, o usuário deve “Salvar Rota” e “Processar a Rota”.

Ao processar a rota será calculada a rota que atende aos clientes percorrendo a menor distância, e automaticamente é aberta a janela de diálogo “Emprego da Frota” (Figura 14).

A janela de diálogo "Emprego da Frota" apresenta os seguintes campos e controles:

- Plano de Entrega de Cargas:
- Carga total (kg):
- Distribuir a frota de caminhões
- Primeira Opção:
- Segunda Opção:
- Terceira Opção:
- Capacidade de Transporte (t):
- Ociosidade (%):
-

Figura 14 – Janela de diálogo Emprego da Frota.

Na janela de diálogo Emprego da Frota, Figura 14, o usuário poderá optar por analisar a rota sem proceder a distribuição dos veículos, ou se marcar a opção “Distribuir frota de caminhões” deverá definir os veículos e acionar o botão “Calcular”. Assim, será acionada uma rotina computacional que verificará se a capacidade de transporte dos veículos indicados é superior à quantidade de carga. Também

calculada a “Ociosidade” que corresponde ao índice percentual relativo ao espaço vazio para os caminhões indicados.

Para analisar a rota com ou sem a distribuição dos veículos o usuário deve acionar o botão “Rodar” que gerará o relatório Organização da Rota apresentada em uma planilha.

Após a consulta à planilha, o usuário deve retornar à janela de diálogo “Principal” para ter acesso aos relatórios descritos abaixo.

- **Relatórios:** os botões desta categoria (Figura 12) permitem o acesso a informações como: (i) Distância dos Pontos de Entrega – tabela com a distância em quilômetros entre os pontos de entrega da rota processada; (ii) Gráfico Distância Percorrida – gráfico de colunas que representa o acréscimo de quilômetros a cada deslocamento entre os pontos e o valor acumulado; (iii) Parâmetros Logísticos – planilha que traz informações quanto a distâncias percorridas, custo do frete, número de caminhões utilizados e momento do frete; (iv) Mapa de Rota – é a representação cartesiana dos pontos da rota processada segundo os valores de longitude e latitude; e (v) Mapa Google[®] – é gerado para a rota processada um mapa utilizando o aplicativo *Google Maps*[®] (essa opção só é executável, se o computador estiver conectado à Internet).

5.7. Verificação do aplicativo

A Tabela 10 contém os resultados da estatística englobando todas as vinte rotas reais levantadas e na Tabela 11 são apresentados os resultados estatísticos, para as mesmas rotas reais, porém recalculadas pelo aplicativo computacional.

As siglas utilizadas nas Tabelas 10 e 11 possuem as seguintes definições:

- TKM: total de quilômetros percorridos;
- TON: total de toneladas transportadas;
- PTATE: número de pontos de entregas atendidos;
- MinKm: menor distância percorrida para realizar uma entrega a partir do matadouro-frigorífico, em quilômetros;
- MaxKm: maior distância percorrida para realizar uma entrega a partir do matadouro-frigorífico, em quilômetros;

- KmCarga: total de quilômetros percorridos com carga; e
- KmVazio: total de quilômetros percorridos sem carga.

Tabela 10 – Análise estatística para os planos de entrega reais

Parâmetros	<i>TKM</i>	<i>TON</i>	<i>PTATE</i>	<i>MinKm</i>	<i>MaxKm</i>	<i>KmCarga</i>	<i>KmVazio</i>
Média	339,77	15,16	3,47	24,97	148,47	191,65	148,12
Erro padrão	18,97	1,79	0,27	4,23	9,87	10,57	9,99
Mediana	361,00	14,62	3,00	18,50	171,00	194,00	165,50
Desvio padrão	110,60	10,42	1,58	24,66	57,58	61,62	58,23
Variância	12232,61	108,47	2,50	608,15	3314,92	3797,51	3391,14
Mínimo	116,00	1,44	2,00	6,00	62,00	54,00	62,00
Máximo	664,00	42,52	7,00	140,00	323,00	341,00	323,00
Nível de confiança (95.0%)	38,59	3,63	0,55	8,61	20,09	21,50	20,32
Limite Inferior	301,17	11,53	2,92	16,37	128,38	170,15	127,80
Limite Superior	378,36	18,79	4,02	33,58	168,56	213,15	168,44

Tabela 11 – Análise estatística para os planos de entrega recalculada

Parâmetros	<i>TKM</i>	<i>TON</i>	<i>PTATE</i>	<i>MinKm</i>	<i>MaxKm</i>	<i>KmCarga</i>	<i>KmVazio</i>
Média	359,12	15,72	3,53	30,76	153,26	204,09	155,03
Erro padrão	20,68	1,77	0,27	3,91	10,39	11,39	11,24
Mediana	373,00	15,70	3,00	24,00	171,00	205,50	173,00
Desvio padrão	120,58	10,34	1,56	22,80	60,58	66,43	65,54
Variância	14540,29	106,87	2,44	519,94	3670,14	4412,99	4294,94
Mínimo	124,00	1,44	2,00	21,00	62,00	62,00	43,00
Máximo	694,00	42,51	7,00	150,00	323,00	371,00	323,00
Nível de confiança (95.0%)	42,07	3,61	0,54	7,96	21,14	23,18	22,87
Limite Inferior	317,04	12,12	2,98	22,81	132,13	180,91	132,16
Limite Superior	401,19	19,33	4,07	38,72	174,40	227,27	177,90

Observando os dados das Tabelas 10 e 11 é possível verificar que para as variáveis analisadas existem diferenças, porém as amplitudes das variações são diminutas comprovando a eficiência do aplicativo.

Os parâmetros logísticos avaliados são expostos em gráficos do tipo box-plot, que permite uma visualização das amplitudes e como os dados estão variando em torno da média. As Figuras 15 e 16 são os gráficos do tipo box-plot para as variáveis TKM e TON nas situações de rotas reais e rotas calculadas pelo aplicativo.

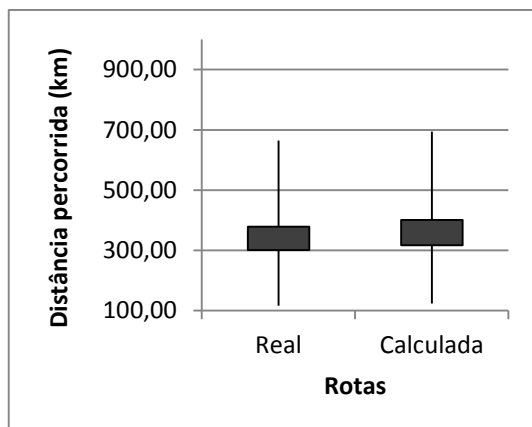


Figura 15 – Gráfico tipo box-plot para distância percorrida (TKM) na rota real e calculada

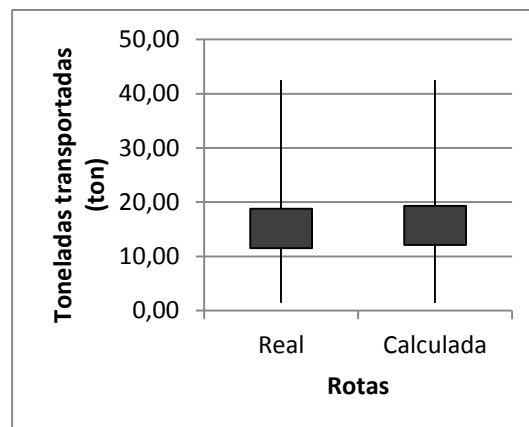


Figura 16 – Gráfico tipo box-plot para toneladas transportadas (TON) na rota real e calculada

De acordo com as análises estatística e o gráfico tipo box-plot das Figuras 15 e 16, fica evidente que os pontos de máximo e mínimo estão concentrados em extremidades bastante próximas e que a média dos dados, para um nível de confiança de 95%, também estão muito próximos. A rota calculada percorreu uma maior quilometragem, e teve maior quantidade de toneladas transportadas, que justifica melhor aproveitamento de uso do caminhão, já que com o mesmo custo está sendo transportado mais produto.

As Figuras 17 e 18 são relacionadas às variáveis MinKm e MaxKm e estão expostas em gráficos tipo box-plot.

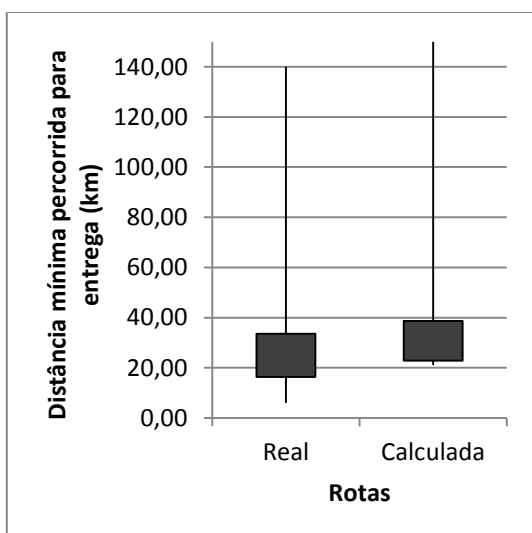


Figura 17 – Gráfico tipo box-plot para distância mínima percorrida para entrega (MinKm) na rota real e calculada

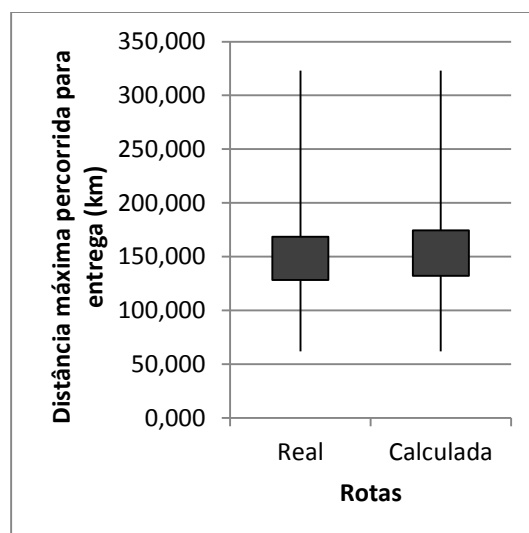


Figura 18 – Gráfico tipo box-plot para distância máxima percorrida para entrega (MaxKm) na rota real e calculada

Pode-se verificar que a distância mínima percorrida apresenta diferença em relação à rota real e calculada, como é apresentada na Figura 17, o que é justificado pelo fato da rota calculada pelo aplicativo computacional buscar soluções de menores distância com maior transporte de carga, o que pode implicar em seguir sequências de entregas diferentes para atender a mesma rota, em que nem sempre o ponto mais próximo se torna interessante para atingir a menor distância da rota total. Já em relação a distância máxima, Figura 18, percorrida para entrega a diferença é muito pequena, devido as duas rotas, tanto real quanto calculada, sempre atenderem todos os pontos, então o ponto mais distante sempre será o mesmo para os dois tipos de configuração de rotas.

As duas últimas variáveis KmCarga e KmVazio também estão em gráficos do tipo box-plot, representados nas Figuras 19 e 20, respectivamente.

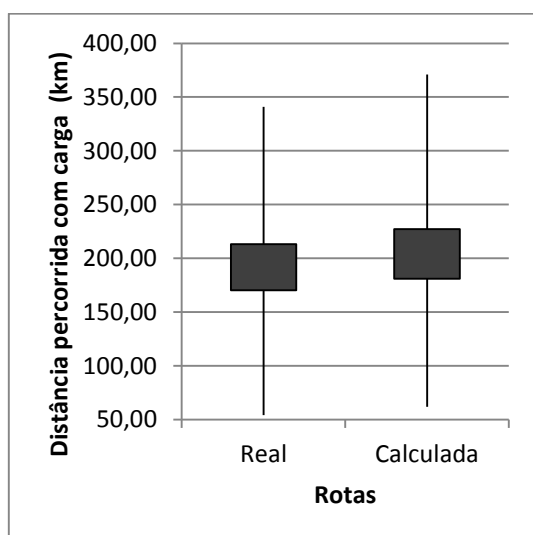


Figura 19 – Gráfico tipo box-plot para distância percorrida com carga (KmCarga) na rota real e calculada

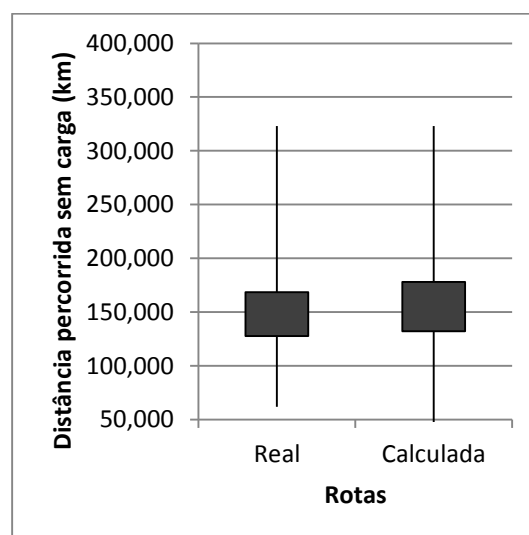


Figura 20 – Gráfico tipo box-plot para distância percorrida sem carga (KmVazio) na rota real e calculada

Para a distância percorrida com carga, a rota calculada pelo aplicativo mostra-se mais eficiente, já que o caminhão percorre maior distância com carga, ou seja a rota foi dimensionada de modo que os caminhões estejam sempre transportando o produto, buscando reduzir o trânsito sem carga (Figura 19). Para a situação de distância percorrida sem carga (Figura 20), ou seja, retorno do caminhão após a entrega para o matadouro-frigorífico as rotas reais tiveram índices ligeiramente

menores, o que demonstra que, em média, o último ponto de entrega está situado mais próximo do matadouro-rigorífico do que a rota calculada pelo aplicativo.

5.8. Validação do aplicativo

As cargas médias foram utilizadas no aplicativo desenvolvido, que seguiu a sua lógica de busca pela menor distância definiu-se a sua sequência de pontos de entregas, sendo possível também calcular os parâmetros logísticos para esses dados e compará-los com os dados reais praticados pela empresa estudada.

São apresentadas nas Tabelas de 12 a 16 quatro planos de entregas reais e recalculadas.

Tabela 12 – Parâmetros logísticos dos planos de entrega de segunda-feira para dados reais e calculados

Plano de Entrega Real	1	2	3	4
Parâmetros Logísticos	<i>SEG_1R</i>	<i>SEG_2R</i>	<i>SEG_3R</i>	<i>SEG_4R</i>
Total de quilômetros rodados (km):	296,00	301,00	279,00	325,00
Total de toneladas transportada (t):	6,80	14,14	18,59	10,83
Número de pontos atendidos:	7	7	6	6
Menor distância entre os pontos (km):	14,00	14,00	6,00	6,00
Maior distância entre os pontos (km):	97,00	115,00	91,00	97,00
Distância percorrida com carga (km):	199,00	186,00	188,00	228,00
Distância percorrida sem carga (km):	97,00	115,00	91,00	97,00
Índice de tráfego com carga (%):	67,23	61,79	67,38	70,15
Plano de Entrega Calculado	1	2	3	4
Parâmetros Logísticos	<i>SEG_1C</i>	<i>SEG_2C</i>	<i>SEG_3C</i>	<i>SEG_4C</i>
Total de quilômetros rodados (km):	342,00	322,00	306,00	360,00
Total de toneladas transportada (t):	6,80	14,14	18,59	10,83
Número de pontos atendidos:	7	7	6	6
Menor distância entre os pontos (km):	21,00	21,00	22,00	22,00
Maior distância entre os pontos (km):	97,00	115,00	77,00	97,00
Distância percorrida com carga (km):	245,00	207,00	263,00	263,00
Distância percorrida sem carga (km):	97,00	115,00	43,00	97,00
Índice de tráfego com carga (%):	71,64	64,29	85,95	73,06

Tabela 13 – Parâmetros logísticos dos planos de entrega de terça-feira para dados reais e calculados

Plano de Entrega Real	1	2	3	4
Parâmetros Logísticos	TER_1R	TER_2R	TER_3R	TER_4R
Total de quilômetros rodados (km):	279,00	424,00	424,00	420,00
Total de toneladas transportada (t):	2,53	42,51	42,51	18,48
Número de pontos atendidos:	2	5	5	3
Menor distância entre os pontos (km):	49,00	10,00	10,00	20,00
Maior distância entre os pontos (km):	130,00	171,00	171,00	204,00
Distância percorrida com carga (km):	149,00	264,00	253,00	216,00
Distância percorrida sem carga (km):	130,00	160,00	171,00	204,00
Índice de tráfego com carga (%):	53,41	62,26	59,67	51,43
Plano de Entrega Calculado	1	2	3	4
Parâmetros Logísticos	TER_1C	TER_2C	TER_3C	TER_4C
Total de quilômetros rodados (km):	268,00	488,00	488,00	430,00
Total de toneladas transportada (t):	2,53	42,51	42,51	18,48
Número de pontos atendidos:	2	5	5	3
Menor distância entre os pontos (km):	36,00	22,00	22,00	27,00
Maior distância entre os pontos (km):	130,00	204,00	204,00	204,00
Distância percorrida com carga (km):	138,00	284,00	284,00	226,00
Distância percorrida sem carga (km):	130,00	204,00	204,00	204,00
Índice de tráfego com carga (%):	51,49	58,20	58,20	52,56

Tabela 14 – Parâmetros logísticos dos planos de entrega de quarta-feira para dados reais e calculados

Plano de Entrega Real	1	2	3	4
Parâmetros Logísticos	QUA_1R	QUA_2R	QUA_3R	QUA_4R
Total de quilômetros rodados (km):	305,00	116,00	276,00	256,00
Total de toneladas transportada (t):	25,44	15,09	12,05	13,38
Número de pontos atendidos:	5	2	3	5
Menor distância entre os pontos (km):	12,00	20,00	12,00	24,00
Maior distância entre os pontos (km):	130,00	62,00	130,00	95,00
Distância percorrida com carga (km):	175,00	54,00	146,00	161,00
Distância percorrida sem carga (km):	130,00	62,00	130,00	95,00
Índice de tráfego com carga (%):	57,38	46,55	52,90	62,89
Plano de Entrega Calculado	1	2	3	4
Parâmetros Logísticos	QUA_1C	QUA_2C	QUA_3C	QUA_4C
Total de quilômetros rodados (km):	329,00	124,00	292,00	274,00
Total de toneladas transportada (t):	25,44	15,09	12,05	13,38
Número de pontos atendidos:	5	2	3	5
Menor distância entre os pontos (km):	25,00	25,00	28,00	21,00
Maior distância entre os pontos (km):	130,00	62,00	130,00	95,00
Distância percorrida com carga (km):	199,00	62,00	162,00	179,00
Distância percorrida sem carga (km):	130,00	62,00	130,00	95,00
Índice de tráfego com carga (%):	60,49	50,00	55,48	65,33

Tabela 15 – Parâmetros logísticos dos planos de entrega de quinta-feira para dados reais e calculados

Plano de Entrega Real	1	2	3	4
Parâmetros Logísticos	QUI_1R	QUI_2R	QUI_3R	QUI_4R
Total de quilômetros rodados (km):	184,00	424,00	424,00	420,00
Total de toneladas transportada (t):	12,42	23,66	23,66	4,46
Número de pontos atendidos:	3	4	4	2
Menor distância entre os pontos (km):	18,00	10,00	10,00	20,00
Maior distância entre os pontos (km):	97,00	171,00	171,00	204,00
Distância percorrida com carga (km):	87,00	228,00	233,00	196,00
Distância percorrida sem carga (km):	97,00	196,00	191,00	224,00
Índice de tráfego com carga (%):	47,28	53,77	54,95	46,67
Plano de Entrega Calculado	1	2	3	4
Parâmetros Logísticos	QUI_1C	QUI_2C	QUI_3C	QUI_4C
Total de quilômetros rodados (km):	197,00	488,00	488,00	488,00
Total de toneladas transportada (t):	12,42	23,66	23,66	23,66
Número de pontos atendidos:	3	4	4	2
Menor distância entre os pontos (km):	28,00	22,00	22,00	22,00
Maior distância entre os pontos (km):	97,00	204,00	204,00	204,00
Distância percorrida com carga (km):	100,00	257,00	257,00	257,00
Distância percorrida sem carga (km):	97,00	231,00	231,00	231,00
Índice de tráfego com carga (%):	50,76	52,66	52,66	52,66

Tabela 16 – Parâmetros logísticos dos planos de entrega de sexta-feira para dados reais e calculados

Plano de Entrega Real	1	2	3	4
Parâmetros Logísticos	SEX_1R	SEX_2R	SEX_3R	SEX_4R
Total de quilômetros rodados (km):	184,00	421,00	664,00	430,00
Total de toneladas transportada (t):	3,15	6,22	1,44	25,80
Número de pontos atendidos:	3	2	2	5
Menor distância entre os pontos (km):	18,00	60,00	140,00	10,00
Maior distância entre os pontos (km):	97,00	211,00	323,00	175,00
Distância percorrida com carga (km):	87,00	210,00	341,00	255,00
Distância percorrida sem carga (km):	97,00	211,00	323,00	175,00
Índice de tráfego com carga (%):	47,28	49,88	51,36	59,30
Plano de Entrega Calculado	1	2	3	4
Parâmetros Logísticos	SEX_1C	SEX_2C	SEX_3C	SEX_4C
Total de quilômetros rodados (km):	197,00	425,00	694,00	434,00
Total de toneladas transportada (t):	3,15	6,22	1,44	25,80
Número de pontos atendidos:	3	2	2	5
Menor distância entre os pontos (km):	28,00	64,00	150,00	22,00
Maior distância entre os pontos (km):	97,00	211,00	323,00	175,00
Distância percorrida com carga (km):	100,00	214,00	371,00	259,00
Distância percorrida sem carga (km):	97,00	211,00	323,00	175,00
Índice de tráfego com carga (%):	50,76	50,35	53,46	59,68

Realizando a análise global das Tabelas de 12 a 16 é possível constatar que os parâmetros logísticos do plano de entrega com dados reais e do plano de entrega com dados calculados são próximos, havendo pequena diferença de valores e em algumas rotas os valores são iguais, o que reforça a confiabilidade do aplicativo.

Com exceção das rotas de terça-feira (Tabela 13), as rotas geradas a partir do aplicativo obtiveram um Índice de tráfego com carga maior que na situação das rotas reais, evidenciando melhor aproveitamento do trajeto escolhido.

Esses dados apresentam a comparação de rotas por dia da semana, sem considerar qual veículo que será utilizado para efetuar essas entregas. O aplicativo computacional também permite que o veículo seja escolhido, para que seja possível buscar situações ótimas de parâmetros logísticos, aliando a isso o custo do frete envolvido.

Na Tabela 17 são apresentados os parâmetros logísticos quando do uso dos caminhões para realizar as entregas das rotas de segunda-feira. Nesse caso, para exemplificar os parâmetros logísticos de avaliação que o aplicativo computacional calcula, foi colocado como situação que para realizar as entregas necessários fossem utilizados somente caminhões três quarto, toco ou truck, não havendo a diversificação de caminhões, que ocorre no cotidiano.

O aplicativo possibilita ao usuário optar por distribuir a frota de veículos em busca da melhor configuração para atingir melhores índices dos parâmetros logísticos, podendo gerar diversas combinações dos três tipos de veículos disponibilizados pela empresa.

Na Tabela 17 fica evidente que o custo do frete é bastante alterado de acordo com o veículo utilizado, para este caso estudado, as três primeiras rotas teriam o menor custo do frete e menor distância percorrida utilizando os caminhões Toco e a quarta rota, o caminhão Truck obteve o menor valor de custo de frete e a menor distância percorrida.

As configurações de rotas que tiveram o menor custo de frete e menor distância percorrida também tiveram o maior índice de tráfego com carga. Reforçando a melhor configuração da rota, pode-se verificar também que nessas rotas utilizou menor quantitativo de caminhões que as outras configurações.

Esses tipos de informações fornecidas, ou seja, os parâmetros logísticos, para os gestores em logística de empresas tornam-se muito úteis, devido a tornar uma

avaliação bastante detalhada de uma possível configuração de uma rota ou de uma nova conformação de uma rota já existente.

Tabela 17 – Parâmetros logísticos das rotas de segunda-feira atendidas exclusivamente por cada tipo de caminhão disponível

Rota - Caminhão Três Quarto	1	2	3	4
Parâmetros Logísticos	SEG_1TQ	SEG_2TQ	SEG_3TQ	SEG_4TQ
Total de quilômetros rodados (km):	556,00	684,00	810,00	716,00
Total de toneladas transportada (t):	6,80	14,14	18,59	10,83
Número de pontos atendidos:	8	10	10	8
Menor distância entre os pontos (km):	21,00	21,00	22,00	22,00
Maior distância entre os pontos (km):	107,00	115,00	93,00	97,00
Distância percorrida com carga (km):	352,00	388,00	515,00	441,00
Distância percorrida sem carga (km):	204,00	296,00	295,00	275,00
Índice de tráfego com carga (%):	63,31	56,73	63,58	61,59
Custo do frete (R\$):	884,55	1.088,18	1.288,64	1.139,09
Custo do frete por quilômetro rodado (R\$):	1,59	1,59	1,59	1,59
Momento do frete incluso retorno (R\$/t.km):	0,23	0,11	0,09	0,15
Número de Caminhões Disponibilizados:	2	4	5	3
Capacidade Total de Carga dos Caminhões (t)	8,00	16,00	20,00	12,00
Espaço Vazio (%)	15,04	11,63	7,04	9,74
Rota - Caminhão Toco	1	2	3	4
Parâmetros Logísticos	SEG_1TO	SEG_2TO	SEG_3TO	SEG_4TO
Total de quilômetros rodados (km):	342,00	396,00	550,00	530,00
Total de toneladas transportada (t):	6,80	14,14	18,59	10,83
Número de pontos atendidos:	7	8	8	7
Menor distância entre os pontos (km):	21,00	21,00	22,00	22,00
Maior distância entre os pontos (km):	97,00	115,00	85,00	97,00
Distância percorrida com carga (km):	245,00	244,00	385,00	348,00
Distância percorrida sem carga (km):	97,00	152,00	165,00	182,00
Índice de tráfego com carga (%):	71,64	61,62	70,00	65,66
Custo do frete (R\$):	641,25	742,50	1.031,25	993,75
Custo do frete por quilômetro rodado (R\$):	1,88	1,88	1,88	1,88
Momento do frete incluso retorno (R\$/t.km):	0,28	0,13	0,10	0,17
Número de Caminhões Disponibilizados:	1	2	3	2
Capacidade Total de Carga dos Caminhões (t)	8,00	16,00	24,00	16,00
Espaço Vazio (%)	15,04	11,63	22,53	32,31
Rota - Caminhão Truck	1	2	3	4
Parâmetros Logísticos	SEG_1TK	SEG_2TK	SEG_3TK	SEG_4TK
Total de quilômetros rodados (km):	342,00	536,00	492,00	360,00
Total de toneladas transportada (t):	6,80	14,14	18,59	10,83
Número de pontos atendidos:	7	8	7	6
Menor distância entre os pontos (km):	21,00	21,00	22,00	22,00
Maior distância entre os pontos (km):	97,00	115,00	93,00	97,00
Distância percorrida com carga (km):	245,00	314,00	356,00	263,00
Distância percorrida sem carga (km):	97,00	222,00	136,00	97,00
Índice de tráfego com carga (%):	71,64	58,58	72,36	73,06
Custo do frete (R\$):	730,64	1.145,09	1.051,09	769,09
Custo do frete por quilômetro rodado (R\$):	2,14	2,14	2,14	2,14
Momento do frete incluso retorno (R\$/t.km):	0,31	0,15	0,11	0,20
Número de Caminhões Disponibilizados:	1	2	2	1
Capacidade Total de Carga dos Caminhões (t)	12,00	24,00	24,00	12,00
Espaço Vazio (%)	43,36	41,09	22,53	9,74

Essas informações irão auxiliar para que a melhor decisão seja tomada nos processos de logística, baseada em parâmetros logísticos para cada plano de entrega e configuração de rota estabelecida.

5.9. Experimentação com o aplicativo

Foi proposto um cenário fictício, com o seguinte plano de entregas:

- Jerônimo Monteiro: 1675 kg;
- Alegre: 5500 kg;
- Guaçuí: 4325 kg;
- São José do Calçado: 1100 kg; e
- Bom Jesus do Norte: 2985 kg.

Com os dados da demanda de carga para as cidades, o aplicativo permite a avaliação do plano de entrega e a avaliação das configurações possíveis. Para atender às demandas, foram criadas três combinações de veículos:

- i. Um caminhão Truck e um caminhão Três Quarto;
- ii. Dois caminhões Toco; e
- iii. Um caminhão Toco e dois caminhões Três Quarto.

Os parâmetros logísticos calculados para as três combinações estão expostos nas Tabelas 18 a 20.

Tabela 18 – Parâmetros logísticos da rota realizada por um caminhão Truck e um caminhão Três Quarto

Parâmetros Logísticos	Valores simulados
Total de quilômetros rodados (km):	548,00
Total de toneladas transportada (t):	15,59
Número de pontos atendidos:	6
Menor distância entre os pontos (km):	21,00
Maior distância entre os pontos (km):	140,00
Distância percorrida com carga (km):	290,00
Distância percorrida sem carga (km):	258,00
Índice de tráfego com carga (%):	52,92
Custo do frete (R\$):	1.016,36
Custo do frete por quilômetro rodado (R\$):	1,85
Momento do frete incluso retorno (R\$/t.km):	0,12
Número de Caminhões Disponibilizados:	2
Capacidade Total de Carga dos Caminhões (t)	16,00
Espaço Vazio (%)	2,59

Tabela 19 – Parâmetros logísticos da rota realizada por dois caminhões Toco

Parâmetros Logísticos	Valores simulados
Total de quilômetros rodados (km):	526,00
Total de toneladas transportada (t):	15,59
Número de pontos atendidos:	6
Menor distância entre os pontos (km):	21,00
Maior distância entre os pontos (km):	140,00
Distância percorrida com carga (km):	279,00
Distância percorrida sem carga (km):	247,00
Índice de tráfego com carga (%):	53,04
Custo do frete (R\$):	986,25
Custo do frete por quilômetro rodado (R\$):	1,88
Momento do frete incluso retorno (R\$/t.km):	0,12
Número de Caminhões Disponibilizados:	2
Capacidade Total de Carga dos Caminhões (t)	16,00
Espaço Vazio (%)	2,59

Tabela 20 – Parâmetros logísticos da rota realizada por um caminhão Toco e dois caminhões Três Quarto

Parâmetros Logísticos	Valores simulados
Total de quilômetros rodados (km):	762,00
Total de toneladas transportada (t):	15,59
Número de pontos atendidos:	7
Menor distância entre os pontos (km):	21,00
Maior distância entre os pontos (km):	140,00
Distância percorrida com carga (km):	397,00
Distância percorrida sem carga (km):	365,00
Índice de tráfego com carga (%):	52,10
Custo do frete (R\$):	1.271,65
Custo do frete por quilômetro rodado (R\$):	1,67
Momento do frete incluso retorno (R\$/t.km):	0,11
Número de Caminhões Disponibilizados:	3
Capacidade Total de Carga dos Caminhões (t)	16,00
Espaço Vazio (%)	2,59

Com os dados apresentados nas Tabelas 18 a 20, é possível analisar qual é a melhor alternativa proposta para atender à rota demandada. Os parâmetros logísticos expostos nas Tabelas 18 a 20 permitem uma análise mais ampla, objetivando que vários fatores sejam considerados no momento da tomada de decisão.

Diante dos dados apresentados a segunda configuração da frota de veículos (dois caminhões toco) visto ser a rota, em que percorreu a menor distância para atender todas as entregas em que se atinge o menor custo do frete. A primeira

configuração da rota (um caminhão truck e um caminhão três quarto) também teve resultados satisfatórios, porém com distância percorrida e custo do frete superiores. Já na terceira configuração dos veículos (um caminhão toco e dois caminhões três quarto) a rota obtida apresentou uma maior distância percorrida de 236 quilômetros a mais do que na segunda configuração e também um custo do frete maior, sendo 285 reais mais caro.

O objetivo de buscar as melhores condições de transporte para atender as entregas dos clientes necessita de parâmetros que possam permitir comparações entre variações propostas. Nesse caso, diante dos dados apresentados e das diferenças observadas a melhor maneira de atender à demanda de entregas é com a configuração de um caminhão truck e um caminhão três quarto.

Vários autores buscam ferramentas que sejam possíveis avaliar Problemas de Roteamento de Veículos (VRP) e suas variações. Guerreiro (2009) utilizou soluções de metaheurística para buscar a otimização de rotas de veículos em uma empresa de distribuição de produtos, para isso utilizou metodologia de um VRP em um algoritmo em um ambiente computacional. O objetivo da otimização foi reduzir o número de veículos utilizados, a distância percorrida e o tempo de viagem necessários para satisfazer os pedidos de todos os clientes para o horizonte temporal estabelecido, comparando-se com o presente estudo, também foi possível reduzir a distância total percorrida. Foi constatado que o método de planejamento atual da empresa tem muito por ser melhorado, sendo possível redução da distância total percorrida, tempo total de operação e do número de rotas necessárias para abastecer todos os clientes, ao mesmo tempo abastecendo todos os cliente, sendo possível a redução dos custos operacionais.

Jiang et al. (2014) estudaram um VRP com intervalos de tempo para entrega e frota heterogênea de entrega, em que foi desenvolvido um algoritmo para fosse possível a realização de testes com as variantes do problema e obtiveram-se resultados satisfatórios que a partir do algoritmo permitem avaliação das variações desse tipo de sistema estudado.

6. CONCLUSÕES

O aplicativo para o Roteamento de Cargas de Carne de Frango (RCFC) pode ser utilizado na definição de rotas, pois na etapa de verificação reproduziu com alto grau de confiabilidade os dados reais coletados do matadouro-frigorífico, garantindo a confiabilidade dos dados gerados pelo mesmo.

Nos estudos das rotas de distribuição de produtos, o aplicativo apresentou-se útil por: (i) auxiliar na configuração de novas rotas, (ii) avaliar a configuração da frota de veículos destacada para atendimento da rota, (iii) calcular parâmetros logísticos importantes na gestão de sistemas logísticos que buscam a minimização de custos, redução de quilometragem percorrida, melhor utilização dos veículos e diminuição da ociosidade de espaço no transporte de cargas.

De acordo com os parâmetros logísticos da frota de caminhões utilizada na empresa estudada, torna-se possível buscar situações de redução de custos do frete, melhor utilização da capacidade dos caminhões, menor distância percorrida sem carga e menor distância percorrida para realizar todas as entregas programadas.

Para o matadouro-frigorífico e os gestores de logística, o aplicativo desenvolvido torna-se interessante pelo fato do fornecimento de parâmetros logísticos, e o emprego na proposição de novas rotas no estado, visto os planos de expansão da empresa.

O aplicativo apresentado para o VRP pode ser aprimorado, principalmente na opção de configuração da frota de veículos utilizada para atendimento do plano de entrega proposto. A configuração tem que ser feita indicando a combinação da frota de veículos, portanto, uma melhoria do aplicativo é criar uma rotina computacional que seja capaz de definir a melhor configuração da frota para o atendimento do plano de entrega em questão.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, F. **Projeções de produção, consumo e exportação de carne bovina no longo prazo** – 2013-2023. 2013. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/especiais/confira-as-projecoes-de-producao-consumo-e-exportacao-de-carne-bovina-no-longo-prazo-2013-2023-relatorio-mapa>>. Acesso em: 20 de Janeiro de 2014.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. São Paulo: Editora Bookman, 2006.

BRUSTELLO, A. C.; SALGADO, M. H. **Elementos básicos de uma cadeia de suprimentos**. Bauru, 2006. Anais do SIMPEP. Disponível em: http://ww.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/677.pdf>. Acesso em 08 Out. 2012.

BRUSTOLIN, J. R. e SILVA, E. M. Simulação do Processo de Congelamento em uma Unidade Produtora de Aves. In: **Anais... XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. 2007.

BUENO, M. P.; ARAÚJO, G. C.; BUENO, V. P.; SAUER, L.; SPROESSER, R. L. Gestão da qualidade no frigorífico de abate de frangos: sua dinâmica evolutiva ante as exigências e necessidades dos consumidores. **Revistas de estudos de administração**. v. 8, n. 15, p. 71-96, 2007.

CALGARO, J. T.; BOIAGO, M. M. Carne de Frango: mesmo sendo a mais consumida no país, ainda é criticada erroneamente. **Jornal Sul Brasil – Caderno Rural**. Ed 75. 2011.

CARVALHO, J. M. C. de - **Logística**. Lisboa: Edições Silabo, 2002.

CHARLES R. H, JACK R. A. M, ROBERT E. B, ROYCE G. B e THOMAS J. G. **Simulação, otimizando sistemas**, São Paulo, Belge Simulação, 2002.

CHING, H. Y. **Gestão de estoque na cadeia logística integrada: Supply chain**. São Paulo: Atlas, 1999. 196p.

COELHO, F. F. GIASSON, E. Comparação de métodos para mapeamento digital de solos com utilização de sistema de informação geográfica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2099-2106, 2010.

COOPER, M. C.; LAMBERT, D. M.; PAGH, J. D. Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. **International Journal of Logistics Management**, v. 8, n. 1, 1997.

COOPER, M.; ELRAM, L. Characteristics of supply chain management and the implication for purchasing and logistics strategy. **The International Journal of Logistics Management**, v. 4, n. 2, 1993.

CORDEAU, J. F.; LAPORTE, G. E MERCIER, A. A unified tabu search heuristic for vehicle routing problems with windows. **Journal of the Operational Research Society**, v. 52, p. 928-936, 2001.

CORDEAU, J. F.; LAPORTE, G.; SAVELSBERGH, M.W.P.; Vigo, D. 2007. Chapter 6 Vehicle Routing, in: Cynthia Barnhart and Gilbert Laporte (Ed.), **Handbooks in Operations Research and Management Science, Transportation**. Elsevier, p. 367–428.

DANTZIG, G.B., RAMSER, J.H., 1959. The Truck Dispatching Problem. **Management Science**, v. 6, p. 80–91.

DIAS, M. C. **Antecedentes do impacto da tecnologia de informação na cadeia de suprimentos e efeitos desse impacto na performance de cooperativas agroindustriais**. 2007. Tese (Doutorado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

EBERT, D. C.; SILVA, L. C.; VILAS BOAS, M. A. Simulação da dinâmica operacional de um processo industrial de abate de aves. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, 2009.

FELLOUS, S. M. **Gestão da cadeia de suprimentos no Brasil e a utilização de instrumentos de contabilidade gerencial: uma avaliação sob a perspectiva dos profissionais envolvidos**. 2007. 218 f. Dissertação (Mestrado em Contabilidade) – Faculdade de Economia Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FERREIRA, G.C.; PADULA, A. D. Gerenciamento de cadeias de suprimentos: novas formas de organização na cadeia de carne bovina no Brasil. **Revista de Administração**, v.6, n.2, p. 167-185, 2002.

FIGUEIREDO, F. **Planeamento de Rotas de Veículos com Entregas Fraccionadas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial). Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2007.

FREITAS, A. A.; NOBRE JÚNIOR, E. F. Gestão da Cadeia de Suprimentos (Supply Chain Management): **Considerações para aplicação na Cadeia de Produção Agroindustrial do Biodiesel da Mamona**. Anais do SIMPEP, Bauru, São Paulo, 2004.

GOVERNO DO ESPÍRITO SANTO. **PORTAL DO GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**. Disponível em: <<http://www.es.gov.br/Noticias/153420/detalhes.htm>> Acesso em: 26/09/2012

GUERREIRO, A. F. M. **Construção de uma Metaheurística de Otimização de Rotas de Veículos - Aplicação na Indústria de Distribuição**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial). Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2009.

JIANG, J.; NG, K. M.; POH, K. L.; TEO, K.M. 2014. Vehicle routing problem with a heterogeneous fleet and time windows. **Expert Systems with Applications**, v. 41, p. 3748–3760.

LAMBERT, D. M.; PAGH, J. D. Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. **International Journal of Logistics Management**, v. 8, n. 1, 1997.

MARTINS, R. S.; LOBO, D. S.; SALVADOR, E. L.; PEREIRA, S. M. Características do mercado de fretes rodoviários para produtos do agronegócio nos corredores de exportação do centro-sul brasileiro. **Teoria e Evidência Econômica**, v. 12, n. 22, p. 35-50, 2004.

MORAIS, V.W.C., MATEUS, G.R., NORONHA, T.F., 2014. Iterated local search heuristics for the Vehicle Routing Problem with Cross-Docking. **Expert Systems with Applications**. v. 41, p. 7495–7506.

POIRIER, C. C.; REITER, S. E. **Otimizando sua rede de negócios**. São Paulo: Futura, 1997.

RIECK, J.; ZIMMERMANN, J. Exact Solutions to the Symmetric and Asymmetric Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick-Up (May 6, 2013). **Business Research Journal**, Vol. 6, No. 1, May 2013.

RODRIGUES, A. C. A.; PINTO, P. S. A.; VANETTI, M. C. D.; BEVILACQUA, P. D.; PINTO, M. S.; NERO, L. A. Análise e monitoramento de pontos críticos no abate de frangos utilizando indicadores microbiológicos. **Ciências Rural**, Santa Maria v. 38, n. 7, 2008.

RUI, B. R.; ANGRIMANI, D. S. R.; SILVA, M. A. A. Pontos críticos no manejo pré-abate de frango de corte: jejum, captura, carregamento, transporte e tempo de espera no abatedouro. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, p. 1290-1296, 2011.

SALGADO JR, A. P.; LIMA, N. C.; PACAGNELLA JÚNIOR, A. C.; OLIVEIRA, J. H. C. Um estudo da logística para o escoamento da produção pecuária do sul do Pará. **P&D em Engenharia de Produção**, Itajubá, v. 9, n. 2, p. 94-107, 2011.

SANT'ANNA, V. **Análise dos fatores que afetam a temperatura e absorção de água das carcaças de frango em chiller industrial**. 2008, 54p. Monografia (Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2008.

SANTOS, A. R.; VAREJAO, A. S.; SILVA, K. G. Modelagem do impacto da ampliação da Avenida Fernando Ferrari (Vitória - ES) na qualidade do ar em sua redondeza. **Sociedade e Natureza**. Uberlândia, v. 23, n. 2, 2011.

SCANDIUZZI, F. **Integração da cadeia de suprimentos no Brasil: um estudo em empresas de grande porte**. 2011. Tese (Doutorado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SINDIAVIPAR. **Sindicato das indústrias de produtos avícolas do estado do Paraná**. Disponível em:

<<http://www.sindiavipar.com.br/index.php?modulo=8&acao=frango>>. Acesso em: 12 set. 2012.

UBABEF. União Brasileira de Avicultura e Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frangos. **Relatório anual 2013**. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/732e67e684103de4a2117dda9ddd280a.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2013.

VIDAL T., CATTARUZZA, D., ABSI, N., FEILLET, D. 2014. A memetic algorithm for the Multi Trip Vehicle Routing Problem. **European Journal of Operational Research** v. 236, p. 833–848.