

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS
PARA O AGRONEGÓCIO

EDUARDO SGANDERLA

APLICAÇÃO WEB PARA LOGÍSTICA NA CAPTAÇÃO DE LEITE

DISSERTAÇÃO

MEDIANEIRA-PR

2018

EDUARDO SGANDERLA

APLICAÇÃO WEB PARA LOGÍSTICA NA CAPTAÇÃO DE LEITE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio – PPGTCA – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campus Medianeira, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio / Área de Concentração: Tecnologias Computacionais Aplicadas à Produção Agrícola e Agroindústria.

Orientador(a): Prof. Dr. Everton Coimbra de Araújo

Co-Orientador: Prof. Dr. Claudio Leones Bazzi

MEDIANEIRA-PR

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

S473a

Sganderla, Eduardo

Aplicação web para logística na captação de leite / Eduardo
Sganderla - 2018
75 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Everton Coimbra de Araújo.

Coorientador: Claudio Leones Bazzi.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do
Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais
para o Agronegócio. Medianeira, 2018.

Inclui bibliografias.

1. Software livre. 2. Otimização matemática. 3. Transportes. 4.
Tecnologias Computacionais - Dissertações. I. Araújo, Everton
Coimbra de. orient. II. Bazzi, Claudio Leones, coorient. III.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-
Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio. IV.
Título.

CDD: 004

Biblioteca Câmpus Medianeira
Marci Lucia Nicodem Fischborn 9/1219



TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO WEB PARA LOGÍSTICA NA CAPTAÇÃO DE LEITE

Por

EDUARDO SGANDERLA

Essa dissertação foi apresentada às catorze horas e trinta minutos, do dia dezesseis de maio de dois mil e dezoito, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio, Linha de Pesquisa Tecnologias Computacionais Aplicadas à Agroindústria, no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio - PPGTCA, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Everton Coimbra de Araújo (Orientador – PPGTCA)

Prof. Dr. José Ailton Azevedo dos Santos (Membro Interno – PPGTCA)

Profa. Dra. Cláudia Brandelero Rizzi (Membro Externo – UNIOESTE, com participação à distância, sendo a assinatura no presente Termo dispensada conforme Regulamento da Pós-Graduação *Stricto Sensu* da UTFPR)

A via original com as assinaturas encontra-se na secretaria do programa.

Dedico este trabalho...

A Deus, que permitiu que tudo pudesse ser realizado.

A minha mãe Mariza Welter.

Ao meu pai João Carlos Sganderla,

pelo apoio incondicional em todos os momentos.

A meu irmão João Marcos Sganderla, pelo seu apoio e compreensão.

Aos meus colegas de classe.

Ao orientador Everton Coimbra de Araújo, pela sua ajuda.

E a minha companheira de todas as horas e momentos
Kyetlyn de Castro da Costa, que sempre me apoiou e acreditou em mim.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Orientador Everton Coimbra de Araújo, pela paciência, compreensão em todas as etapas deste.

À Fundação Parque Tecnológico de Itaipu (FPTI) e ao Centro Internacional de Hidroinformática (CIH), por contribuírem para o meu estudo e aperfeiçoamento dos meus conhecimentos e ainda permitirem que eu me ausentasse dos meus deveres.

A minha família, pela confiança e motivação, em especial, João Carlos, João Marcos, Milton, Ilidia e Kyetlyn.

Aos amigos e colegas, pela força e pelo companheirismo nesta jornada.

Aos professores e colegas de Curso, pois juntos trilhamos uma etapa importante de nossas vidas.

"Se existe uma forma
de fazer melhor, descubra-a."

Thomas Edison

RESUMO

SGANDERLA, Eduardo. **Aplicação web para logística na captação de leite**. 2018. Dissertação (Tecnologias Computacionais para o Agronegócio) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

À medida que a complexidade dos problemas de logística aumenta no agronegócio, surge a necessidade de se estudar e utilizar novas abordagens para possibilitar melhorias no processo. O desenvolvimento de novas ferramentas tecnológicas tem auxiliado os ciclos do processo logístico, como por exemplo, o ciclo do transporte, que utiliza sistemas computadorizados com o intuito de viabilizar a redução dos custos por meio da roteirização otimizada. Embora os softwares para a roteirização possam trazer inúmeras vantagens, o custo envolvido pode inviabilizar a sua aquisição em empresas de pequeno porte, principalmente as que necessitem de um sistema (customizado) para uma área específica, como a coleta do leite. Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi desenvolver e disponibilizar de maneira gratuita, uma ferramenta computacional em ambiente web, que permite gerar rotas otimizadas para a coleta do leite. Para o desenvolvimento foram utilizados métodos estatísticos sugeridos na literatura (Algoritmo de Dijkstra - problema do caminho de custo mínimo). O software foi testado com dados reais de uma agroindústria localizada na região Oeste do estado do Paraná, a qual faz a coleta e o beneficiamento do leite em três cidades da região. Os resultados obtidos mostraram que o uso do software permitiu que fossem geradas rotas otimizadas a partir de variáveis referentes às características físicas das estradas e dos veículos. O relatório adicionado ao sistema possibilitou avaliar a distribuição geográfica de cada propriedade rural, assim como sua respectiva produção e trajeto, o que auxiliou na identificação de possíveis causadores de ineficiência e custos. Por estar instalado em servidor com recursos sob demanda, o software possui desempenho satisfatório do ponto de vista funcional e pode ser acessado de qualquer ambiente web (browser).

Palavras-chave: Software livre; coleta de leite; programação de veículos.

ABSTRACT

SGANDERLA, Eduardo. **Web application for logistics in milk collection**. 2018. Monografía (Computational Technologies for Agribusiness) - Federal University of Technology - Paraná.

As the complexity of logistics problems increases in agribusiness, the need to study and use new approaches to improve this process raises. The development of new technological tools has helped the logistics chain process, such as the transportation cycle, which uses computerized systems aiming cost reduction by using routing optimization. Although software for routing has many benefits, the cost of implementation can make it unfeasible for small businesses, especially those that require a customized system for a specific area (milk collection, for example). In this context, the objective of this work was to develop and make available, free of charge, a computational tool in a web environment, that allows create optimized routes for milk collection. In the development process, we used statistical methods suggested in the literature (Dijkstra Algorithm - minimum cost path problem). The software was tested with real data from an agroindustry located in the western region of the state of Paraná, which collects and processes milk in three cities. The results showed that the use of the software allowed the creation of optimized routes based on variables (physical characteristics) of roads and vehicles. The report function, added to the system, makes it possible to evaluate the geographical distribution of each rural property crossing its respective production and route, allowing the user to identify possible causes of inefficiency and costs. Because it is installed on a server with on-demand resources, the software, in a functional point of view, has satisfactory performance, and can be accessed from any browser.

Key-words: Free software; milk collection; vehicle programming.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Microrregiões da Mesorregião Oeste do Paraná..... | 18 |
| Figura 2 - Hierarquia dos Diagramas UML | 32 |
| Figura 3 - Hierarquia dos Diagramas UML..... | 33 |
| Figura 4 - Fluxograma..... | 38 |
| Figura 5 - Caso de uso (Propriedade)..... | 45 |
| Figura 6 - Caso de uso (Estrada)..... | 46 |
| Figura 7 - Caso de uso (Rota)..... | 47 |
| Figura 8 - Diagrama de classe..... | 48 |
| Figura 9 - Pseudocódigo de Dijkstra..... | 50 |
| Figura 10 - Ferramenta mapa para localização de propriedades rurais..... | 52 |
| Figura 11 - Módulo para cadastro de informações de propriedades rurais..... | 53 |
| Figura 12 - Ferramenta mapa com a localização das propriedades rurais..... | 54 |
| Figura 13 - Cadastro de informações das estradas..... | 55 |
| Figura 14 - Ligação entre vértices..... | 56 |
| Figura 15 - Trechos com problemas..... | 56 |
| Figura 16 - Solução para o cadastro dos trechos..... | 57 |
| Figura 17 - Representação correta para o cadastro de viadutos..... | 57 |
| Figura 18 - Vértices de ligamento..... | 58 |
| Figura 19 - Módulo para cadastro de veículos..... | 59 |
| Figura 20 - Módulo Roteirização/ Selecionar veículo e algoritmo..... | 60 |
| Figura 21 - Módulo Roteirização /Selecionar propriedades rurais..... | 60 |
| Figura 22 - Módulo Roteirização / Lista de propriedades rurais..... | 61 |
| Figura 23 - Módulo Roteirização/ Lista de propriedades rurais selecionadas para a visitação..... | 62 |
| Figura 24 - 1/3 Módulo Roteirização/ Rota proposta..... | 62 |
| Figura 25 - 2/3 Módulo Roteirização/ Rota proposta..... | 63 |
| Figura 26 - 3/3 Módulo Roteirização/ Rota proposta..... | 63 |
| Figura 27 - Tela de seleção das camadas visíveis..... | 64 |
| Figura 28 - Tela principal e camada base dados cadastrados selecionados..... | 65 |
| Figura 29 - Relatórios de distâncias entre as propriedades rurais e instituição..... | 66 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Divisão de atividades..... | 39 |
| Quadro 2 - (RF-01) Cadastrar propriedade..... | 40 |
| Quadro 3 - (RF-02) Listar propriedades..... | 40 |
| Quadro 4 - (RF-03) Excluir propriedade. | 40 |
| Quadro 5 - (RF-04) Editar propriedade..... | 40 |
| Quadro 6 - (RF-05) Cadastrar estrada..... | 41 |
| Quadro 7 - (RF-06) Listar estradas..... | 41 |
| Quadro 8 - (RF-07) Excluir estrada..... | 41 |
| Quadro 9 - (RF-08) Editar estrada. | 41 |
| Quadro 10 - (RF-09) Gerar rota. | 42 |
| Quadro 11 - (RF-10) Relatórios. | 42 |
| Quadro 12 - (RF-11) Visualização das rotas..... | 43 |
| Quadro 13 - (RNF-01) Tempo limite para o processamento das rotas. | 43 |
| Quadro 14 - (RNF-02) Disponibilidade da aplicação. | 43 |
| Quadro 15 - (RNF-03) Controle de acesso..... | 44 |
| Quadro 16 - (RNF-04) Segurança contra invasões. | 44 |
| Quadro 17 - (RNF-05) Banco de dados..... | 44 |
| Quadro 18 - (RNF-06) Backup..... | 44 |
| Quadro 19 - (RNF-07) Interface gráfica responsável..... | 45 |
| Quadro 20 - (RNF-08) Compatibilidade com os navegadores..... | 45 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|---------|--|
| ABIPTI | Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica |
| CIH | Centro Internacional de Hidroinformática |
| CLM | <i>Council of Logistics Management</i> |
| CSS | <i>Cascading Style Sheets</i> |
| ECR | <i>Efficient Consumer Response</i> |
| EDI | <i>Electronic Data Interchange e Internet</i> |
| EMATER | Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado |
| ERP | Enterprise Resource Planning |
| IAP | Instituto Ambiental do Paraná |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IPARDES | Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social |
| GB | <i>GigaByte</i> |
| GHZ | <i>Gigahertz</i> |
| GPS | Sistemas de Rastreamento Via Satélite |
| HTML | <i>HyperText Markup Language</i> |
| IDEs | <i>Integrated Development Environment</i> |
| MRPI | <i>Materials Requirements Planning</i> |
| PHP | <i>Personal Home Page</i> |
| PPM | Produção da Pecuária Municipal |
| RF | Requisitos Funcionais |
| RNF | Requisitos Não Funcionais |
| SEAB | Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento |
| SETI | Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior |
| SIG | Sistema de Informação Geográfica |
| TB | <i>Terabyte</i> |
| TMS | <i>Transportation Management System</i> |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 OBJETIVO GERAL | 15 |
| 1.2 OBJETIVO ESPECIFICOS | 15 |
| 1.3 JUSTIFICATIVA..... | 16 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 18 |
| 2.1 AGRONEGÓCIO DO LEITE - OESTE DO PARANÁ..... | 18 |
| 2.2 LOGÍSTICA..... | 20 |
| 2.3 ROTEIRIZAÇÃO..... | 25 |
| 2.4 GEOPROCESSAMENTO | 27 |
| 2.5 SISTEMA PARA O GEOPROCESSAMENTO..... | 28 |
| 2.6 DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE..... | 30 |
| 2.7 TECNOLOGIAS..... | 33 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS | 36 |
| 3.1 DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE..... | 36 |
| 3.2 HOSPEDAGEM DO AMBIENTE | 36 |
| 3.3 COLETA DOS DADOS PARA A PESQUISA..... | 37 |
| 3.4 DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA | 38 |
| 3.5 DOCUMENTOS DE REQUISITOS | 39 |
| 3.6 FUNCIONALIDADES DO SOFTWARE | 48 |
| 3.7 MÉTODOS PARA A DEFINIÇÃO DE ROTAS..... | 49 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 52 |
| 5 CONCLUSÃO | 67 |
| REFERÊNCIAS | 70 |

1 INTRODUÇÃO

A cadeia do agronegócio é bastante expressiva para a economia brasileira e entre os produtos agropecuários de maior destaque está o leite bovino. No oeste do estado paranaense, onde está localizada a microrregião geográfica de Foz do Iguaçu, a atividade leiteira possui importante representatividade para a economia local. Nessa localidade a atividade está fundamentada na existência de um grande número de propriedades rurais e na presença de agroindústrias que fazem a coleta e o beneficiamento do leite.

Desde a estabilização da economia no país, devido a implantação do Plano Real, houve um significativo crescimento na sua demanda. A partir desse período, o agronegócio do leite tem sido marcado por transições substanciais, impulsionadas pela competitividade e a globalização da economia mundial.

O processo de reorganização tem ocorrido internamente nas empresas e nas formas de organização da cadeia produtiva com o propósito de tornar-se mais ágil, inovadora e moderna. No plano operacional, o foco das mudanças foi na qualidade da matéria-prima, materializadas na granelização da coleta do transporte e no resfriamento do leite na propriedade.

A utilização de equipamentos de alta tecnologia vem permitindo o desenvolvimento de novas ferramentas que têm auxiliado os ciclos do processo logístico, como por exemplo, o ciclo do transporte, que faz uso de sistemas de informações geográficas com o intuito de viabilizar redução dos custos por meio da roteirização.

Não obstante, no Brasil somente as maiores empresas do setor estão implantando processos de racionalização de custos com uso de ferramenta específica para a cadeia leiteira. Devido a falta de alternativas que considerem as características nacionais do agronegócio do leite, estas empresas fazem uso de *softwares* importados que geralmente possuem alto custo de aquisição ou fazem uso de ferramentas desenvolvidas para se trabalhar com problemas genéricos de roteirização.

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um sistema Web capaz de auxiliar gestores com o georreferenciamento das propriedades e das rotas de transporte a serem executadas para a recolha da produção leiteira de forma otimizada.

1.2 OBJETIVO ESPECIFICOS

- a) Desenvolver e disponibilizar um sistema Web de roteirização, capaz de gerar mapas e relatórios contendo descrições de rotas a serem executadas;
- b) Cadastrar as propriedades que fornecem a matéria prima para a indústria;
- c) Cadastrar as estradas que estão dentro da área de atuação da empresa;
- d) Aplicar e testar as funcionalidades do ambiente em agroindústria localizada na região oeste paranaense;
- e) Aplicar treinamento *in loco*, e auxiliar os responsáveis no processo de cadastramento do banco de dados com as informações disponibilizadas e utilizadas na agroindústria;
- f) Georreferenciar as propriedades fornecedoras de leite;
- g) Executar uma caracterização do meio viário onde o estudo será aplicado;
- h) Analisar a eficiência do sistema sob a perspectiva de experiência do usuário.

1.3 JUSTIFICATIVA

De acordo a Oliveira et al. (2004), a coleta de leite a granel implica inúmeras transformações no agronegócio do leite. O processo de granelização da coleta do produto consiste na transferência diretamente do resfriador das propriedades para os caminhões-tanques isotérmicos. Esse tipo de procedimento de coleta traz inúmeras vantagens, como a redução dos custos de captação da matéria-prima. Além disso, possibilita a eliminação dos postos de resfriamento, aumenta a produtividade na fazenda e ainda permite que o produto de origem animal conserve suas propriedades devido ao resfriamento imediato, e conseqüentemente, apresenta uma sensível melhora na qualidade do leite que chega para o processamento nas indústrias, bem como diminui as perdas por acidificação do leite (JANK e GALAN, 1998; CORREIA et al. 2010; SOUZA et al., 2009; MATTIODA, 2011).

Correia et al. (2010) ressaltam a importância da utilização das técnicas de logística de transporte no agronegócio do leite e como a logística de coleta e distribuição pode contribuir para um melhor desempenho competitivo de pequenos processadores de leite, sendo considerada uma forma de estratégia para a empresa que visa garantir a sua competitividade, redução de custos e garantia da qualidade do produto.

O transporte é uma das mais importantes áreas em matéria de planejamento de rede logística, pois as decisões nela tomadas causam impacto direto na lucratividade. Seus custos chegam a representar dois terços dos custos totais logísticos (BULLER, 2012).

Segundo Galvão (2003), o gerenciamento da distribuição física se dá em três níveis: estratégico, tático e operacional. Para que a otimização da distribuição seja eficaz, o sistema de roteirização e programação devem ser bem planejados e bem dimensionados nos níveis estratégicos e táticos, nos quais ocorre a definição de composição de frota e zoneamento. Além dessas observações, Valente et al. (2003) acrescentam que é necessário examinar a capacidade física dos veículos de coleta e distribuição, a fim de evitar desperdício de recursos.

Para evitar gastos desnecessários, otimizar a coleta e a distribuição de produtos, Brasileiro et al. (2008) explicam que as rotas dos veículos podem ser

definidas utilizando técnicas matemáticas que fazem uso de algoritmos para a roteirização. Esse procedimento pode ser realizado de duas maneiras: a) método manual, onde geralmente é realizado de acordo com a experiência prática dos profissionais envolvidos; e b) método computacional, onde o algoritmo é integrado a um *software* denominado roteirizador.

Esse tipo de programa define a melhor rota segundo a variável que se deseja otimizar (distância ou tempo de viagem). Outros *softwares* ainda permitem gerar um mapeamento computadorizado, modificar o banco de dados, criar diferentes rotas e proporcionar a escolha do melhor trajeto por meio de um estudo de diversos cenários.

Há vários *softwares* no mercado que permitem analisar de maneira eficaz uma variedade de problemas e estudos de caso logísticos. Entretanto, estes geralmente possuem alto custo de aquisição. Já as versões livres de licença são genéricas ou limitadas, não sendo eficientes para casos específicos como a coleta de produtos a granel, processo que deve considerar questões como a capacidade de armazenamento de caminhões e volume de coleta de cada propriedade, além dos demais problemas relacionados ao controle de rotas de distribuição (MARTINS et al. 2004). Entre os softwares para a roteirização existentes estão: o Software otimizado de rotas Revolog Transporte, feito especialmente para indústrias; Territory Planner que permite planejar estrategicamente territórios e rotas mediante a incorporação de simulação de cenários construídos; Roadnet Anywhere um software de roteirização de veículos que centraliza o histórico das rotas em nuvem, e utiliza regras específicas de entrega salvas na aplicação para criar rotas mais eficientes e Target WMS, utilizado para otimizar processos de entrada, armazenagem e saída dos produtos, tomando decisões que diminuem os percursos e tempos para o fluxo de produtos no seu depósito. Os *softwares* analisados não disponibilizam valores em suas páginas de divulgação, os custos de implantação e utilização são informados através de orçamentos direcionados ao cenário da empresa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AGRONEGÓCIO DO LEITE - OESTE DO PARANÁ

A região oeste do Paraná é formada por 51 municípios e compreende as microrregiões de Toledo, Foz do Iguaçu e Cascavel (Figura 1). O processo da ocupação dessa região ocorreu principalmente pela atuação das empresas colonizadoras (PRIORI et al., 2012). E pela grande entrada de imigrantes alemães e italianos, que se estabeleceram em pequenas propriedades familiares rurais na década de 20 (NADALIN, 2001). No entanto, foi após o ano de 1940, que a ocupação aconteceu com maior força, dada a ampliação dos centros urbanos que gerou uma grande demanda de trabalhadores na produção agrícola (GREGORY, 2002).



Figura 1 - Microrregiões da Mesorregião Oeste do Paraná.
Fonte: Instituto Ambiental do Paraná (IAP), 1997.

Conforme levantado pelo Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES (2004), no Paraná, a mesorregião Oeste, dentre as demais do estado, pode ser considerada aquela na qual melhor se visualiza o

processo de desenvolvimento tecnológico na produção agropecuária. Essa localidade destaca-se na produção de grãos e lidera na produção de carne suína, leite e carne de frango.

Na agropecuária, as maiores rendas obtidas no oeste paranaense com relação ao estado, de acordo com relatório apresentado pela Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Paraná (2015), são constatadas na suinocultura, avicultura e bovinocultura de leite. A suinocultura é responsável por mais da metade da renda da carne suína produzida no estado, verifica-se também a grande produção de leitões para recria e de Matrizes. Ainda sobre a suinocultura, a região tem 41% da geração de adubos orgânicos do estado. A avicultura apresentou cerca de 30% da renda gerada e conta com uma significativa produção de 26% de ovos férteis do total do estado. A bovinocultura de leite também é bastante expressiva na região, somando 23% da produção do estado.

Com relação a bovinocultura de leite, registros da Produção da Pecuária Municipal – PPM (IBGE, 2016), mostram que o estado do Paraná garantiu a segunda posição no ranking nacional dos principais estados produtores de leite em 2016, contribuindo com 4,7 bilhões de litros da produção de origem animal, antecedido por apenas Minas Gerais, com 8,97 bilhões de litros (1º colocado).

O relatório Caracterização Socioeconômica da Atividade Leiteira no Paraná, elaborado pelo IPARDES, em convênio com a Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (SETI) e a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado (EMATER), estimou em 114.488 o número de produtores de leite com o total de 1.383.374 de vacas ordenhadas no estado no ano de 2007, sendo que desses, 99.573 produtores faziam a comercialização do produto. Desde então o número de vacas ordenhadas no Estado do Paraná entre os anos de 2008 a 2013, cresceu 29%. No mesmo período, a produção estadual cresceu 54% de acordo com Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, (SEAB, 2014). Já em 2017 o volume de produção chegou a 3.945 toneladas gerando para a economia do estado uma somatória de R\$7.744.026,00 com a importações de lácteos (SEAB 2017).

Na microrregião geográfica de Foz do Iguaçu, a atividade leiteira possui importante representatividade para a economia local. Dados do IBGE (2013) apontam que nos onze municípios da microrregião, a produção anual atingiu 227 milhões de litros de leite, resultando em um montante de R\$ 196,66 milhões de

reais. Nessa localidade a atividade está fundamentada na existência de um grande número de propriedades rurais, e na presença de agroindústrias que fazem a coleta e o beneficiamento do leite a granel (SCHUTZ et al., 2016).

A coleta do leite a granel ou granelização, consiste na transferência diretamente do resfriador das propriedades para os caminhões-tanques isotérmicos. Devido ao resfriamento imediato que ocorre nesse processo, a qualidade do leite que chega para o processamento nas indústrias apresenta uma sensível melhora, bem como diminui as perdas por acidificação (JANK e GALAN, 1998; CORREIA et al. 2010; MATTIODA, 2011). Entretanto, para a eficiência desse processo, o leite deve ser armazenado o mais rápido possível e em temperaturas adequadas para inibir o crescimento microbiano (MATTIODA et al., 2011).

Além das questões relacionadas ao resfriamento do leite, Correia et al. (2010) ressaltam que a utilização das técnicas de logística de transporte no agronegócio do leite também podem contribuir para um melhor desempenho competitivo de pequenos processadores para garantir a sua competitividade, redução de custos e garantia da qualidade do produto.

2.2 LOGÍSTICA

Com relação à conceituação formal referente a logística, pode-se citar três: a palavra Logística vem da língua francesa, *logistique*, é parte da arte militar, se refere ao planejamento, transporte e suprimentos das tropas em operação. A partir dessas definições formais, pelo que se observa da logística moderna, pode-se constatar que ela avançou para muitas outras áreas, transformando-se numa ferramenta operacional que possui uma ampla área de atuação, nos mais variados sistemas produtivos e industriais, dada a sua importância estratégica (CAMPOS, 2009).

Segundo o Conselho de Gestão da Logística ou *Council of Logistics Management* - CLM (1991), a logística está inserida na cadeia de suprimentos como o processo que planeja, implementa e controla o efetivo fluxo e armazenagem de mercadorias, serviços e informações relacionadas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, sendo seu principal objetivo, o atendimento às necessidades

dos clientes.

Desde a antiguidade, os líderes militares já se utilizavam da logística para planejar guerras, o conceito estava essencialmente ligado às operações militares, pois para que acontecesse o deslocamento das tropas, os generais precisavam providenciar munição, alimentos, equipamentos e socorro médico no momento exato e onde quer que as tropas estivessem (BULLER, 2012; NOVAES, 2015).

Segundo Martins e Alt (2009), a logística foi desenvolvida para colocar os recursos corretos no local e hora certa com o único propósito de vencer batalhas. Para os autores, foi devido ao sucesso que as forças armadas obtiveram, fazendo uso das técnicas de logística, que setores governamentais aderiram a prática, fazendo com que a Logística não ficasse restrita apenas aos campos de batalhas.

Dessa maneira, no período entre a primeira e a segunda guerra mundial, o desenvolvimento da logística permaneceu em estado latente. No entanto, após 1945, seus conceitos foram aprimorados e inseridos no mundo dos negócios como uma ferramenta de gestão (SILVA; MUSETTI, 2003).

Após a Segunda Guerra Mundial, observou-se um grande avanço nas questões ligadas a logística no âmbito empresarial. Ballou (1993) afirma que os fatores determinantes para o surgimento da logística empresarial foi devido as suas características reinantes, como: a afinidade que a logística desenvolvida para batalhas tinha com as questões empresariais; as alterações nos padrões e atitudes da demanda dos consumidores; a grande pressão por reduções de custo; e os avanços na tecnologia e na comunicação devido a experiência militar.

Segundo Campos (2009), à medida que os anos passaram, as empresas começaram a dar mais atenção na administração de suprimentos e ao conjunto de procedimento relativos ao fluxo de materiais. Com a inclusão da manufatura na logística relacionada às atividades de administração e distribuição de materiais, a logística passou a ter uma nova perspectiva abrangendo todas as etapas da cadeia (CAMPOS 2009; KAMINSKY; SIMCHI - LEVI, 2010; NOVAES, 2015).

A logística empresarial moderna no ponto de vista de Christopher (2012), é o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, a movimentação e a estocagem de materiais e produtos acabados, bem como seus relativos fluxos, a fim de maximizar a lucratividade por meio da redução dos custos.

Em concordância ao autor, Matinho et al. (2015), após analisarem as

etapas do projeto de construção de uma construtora, constataram que, a ausência de processos logísticos nos empreendimentos e a não padronização no processamento de pedido de materiais, resultava em compras sem planejamento, atrasos, erros e gastos abusivos. Como resultado, a pesquisa demonstra a possibilidade de melhorar o processo por meio da aplicação dos conceitos de logística. Dessa maneira, os autores concluem que a implantação de um sistema logístico é de grande importância para gerar lucros, reduzir custos e efetivar os controles de qualidade.

Pozo (2010) acrescenta que ao aplicar a logística, uma empresa pode atingir uma posição de superioridade sobre os concorrentes em relação aos clientes e suas preferências.

Nessa perspectiva, a partir das pesquisas direcionadas ao estudo da logística, Santos (2017) afirma que as empresas estão buscando se destacar diante dos seus concorrentes, adotando a eficiência nos processos logísticos e ressalta que é por meio da logística que as organizações ofertam seus produtos e serviços, para adequar às necessidades e expectativas dos clientes.

Segundo Garcia et al. (2006), a logística integrada pode ser dividida em três áreas principais:

- a) Logística *Inbound* relacionada a gestão de suprimentos;
- b) Logística Industrial que representa as operações de planejamento, programação e controle de produção; e
- c) Logística *Outbound*, que representa a distribuição física de produtos e a interação entre empresa e clientes.

Segundo Ballou (2006), a logística integrada é formada por funções fundamentais, as quais influenciam na maior parte dos custos logísticos, sendo elas: os estoques em interação com a armazenagem e o transporte.

A logística integrada engloba o processo de estocagem de matéria-prima (PIRES, 1999). Segundo Brenzan et al. (2015), manter certo nível de estoque é importante para que as empresas atendam bem seus clientes, com a disponibilidade de seus produtos, em quantidade e variedade por eles desejados. Para Rodrigues (2011), o estoque é necessário para garantir a matéria-prima para a produção e para o transporte de grandes quantidades, o que possibilita a redução do custo (RODRIGUES, 2011).

A armazenagem se destaca quando existe a necessidade de altos níveis de serviço logístico. A armazenagem engloba o aumento da variedade de produtos, lotes menores com entregas mais frequentes, menores tempos de atendimento e menor tolerância a erros de separação de pedidos (FLEURY et al., 2000). As atividades envolvidas no processo são: recebimento, inspeção, endereçamento, estocagem, separação, embalagem, carregamento, expedição, emissão de documentos e inventários (Guarnieri et al. 2006). A armazenagem e movimentação de materiais de forma eficiente traz vantagens como a redução de espaço e necessidade de volume, entretanto apresenta desvantagens como o aumento nos custos de mão-de-obra e movimentação de inventário (FLEURY et al., 2000).

Segundo Bowersox et al. (2014), o transporte é a área operacional da logística que movimenta e posiciona os estoques geograficamente. O transporte é considerado uma das mais importantes áreas em matéria de planejamento de rede logística (BOWERSOX; CLOSS, 2001). As decisões tomadas nessa etapa causam impacto direto na lucratividade. Mais de 60% do custo logístico total está relacionado aos serviços de transporte (BALLOU, 2006).

Em concordância ao autor, Silveira et al. (2010) apresentaram em sua pesquisa de otimização da coleta de leite por meio do levantamento de custos logísticos, que devido à modificação da ordem de coleta e redistribuição dos pontos que eram utilizados, foi possível reduzir o custo em até 54,5%. Isso comprova que uma boa gestão de custos logísticos pode auxiliar as empresas no gerenciamento de seus gastos, a fim de otimizá-los.

Para Meixell e Norbis (2008), sem a utilização da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) seria inviável atingir uma sinergia eficaz entre os recursos logísticos. O desenvolvimento tecnológico tornou possível gerenciar a logística como um processo integrado e coordenado às diversas atividades operacionais, sustentando a prioridade na eficiência da cadeia como um todo (BRANSK; LAURINDO, 2013).

Para Fleury et al. (2000), os sistemas de informações logísticos são responsáveis por unir as atividades logísticas em um processo integrado, conciliando hardware e software para controlar, medir e gerenciar os ciclos e operações. A tecnologia da informação também possui um importante papel para viabilizar a redução dos estoques, uma vez que ela permite reunir, agrupar e analisar os dados de forma rápida e consistente (MEIXELL; NORBIS, 2008).

Nessa perspectiva, Ferreira e Alves (2005) analisaram os impactos na logística pela troca eletrônica de informações entre empresas (EDI – *Electronic Data Interchange* e Internet). A informação em tempo real permitiu uma redução nos níveis de estoque e custos de estoque de R\$ 6.750,00 (empresa 1), R\$ 500,00 (empresa 2) e R\$ 900,00 (empresa 3), respectivamente. Na gestão de transportes foram verificados redução de custos de fretes adicionais nas três empresas pesquisadas, sendo de R\$ 72.000,00 a redução mais significativa. O uso do EDI proporcionou também redução em horas gastas com digitação e redução no tempo de processamento do pedido, o que resultou na economia de R\$ 26.208,00 (empresa 1), R\$ 3.952,00 (empresa 2) e R\$ 2.392,00 (empresa 3). O estudo mostrou que o uso de EDI trouxe benefícios relevantes, superando os gastos com a adoção e o uso.

Branski e Laurindo (2013) classificaram as tecnologias e suas aplicações na logística integrada em três categorias: os aplicativos que atendem às necessidades estratégicas e operacionais da empresa; a comunicação relacionada aos equipamentos ou aplicativos para armazenar coletar e transmitir informações; e o transporte ou tecnologia embarcada que dão suporte para as atividades envolvidas no transporte, como roteirização, rastreamento, entre outras.

De acordo com Vieira (2009), no contexto da logística, as tecnologias operacionais são os softwares ou pacotes de softwares utilizados para gerenciar atividades, simular situações, realizar iniciativas estratégicas com amplo respaldo tecnológico, a fim de conquistar o melhor desempenho, produtividade e nível de serviço, dentre estas tecnologias destacam-se:

- d) Sistema de Gerenciamento do Armazém - WMS (*Warehousing Management System*);
- e) Planejamento das Necessidades de Materiais - MRPI (*Materials Requirements Planning*);
- f) Planejamento dos Recursos Empresariais - ERP (*Enterprise Resource Planning*);
- g) Sistemas de Rastreamento Via Satélite (GPS);
- h) Resposta Eficiente ao Consumidor - ECR (*Efficient Consumer Response*);
- i) Sistemas de Gerenciamento de Transportes - TMS (*Transportation Management System*);

j) Sistemas Roteirizadores.

2.3 ROTEIRIZAÇÃO

Segundo Cunha (2000), o termo roteirização, embora não encontrado nos dicionários de língua portuguesa, tem sido utilizado como equivalente da palavra da língua inglesa *routing* (ou *routeing*), utilizada para denominar o processo que determina um ou mais roteiros ou sequências de paradas a serem cumpridos por veículos de uma frota, cujo objetivo é visitar um grupo de pontos pré-determinados que possuem localização geográfica distintas entre si. O termo roteamento de veículos também é utilizado por alguns autores.

Para Campbell et al. (2002), o propósito da roteirização é definir rotas de veículos que minimizem os custos de transporte, de maneira que as necessidades de todos os clientes sejam atendidas e as restrições de capacidade dos veículos sejam respeitadas.

De acordo com Galvão (2003), o gerenciamento da distribuição física se dá nos níveis estratégico, tático e operacional. Para que a otimização da distribuição seja eficaz, o sistema de roteirização e programação devem ser bem planejados e bem dimensionados nos primeiros níveis (estratégico e tático), assim como considerar a composição da frota e o zoneamento.

Para que este processo seja concluído de maneira econômica, deve-se analisar quais são as reais necessidades de cada empresa. Segundo Bowersox et al. (2007), com relação aos recursos de tempo opera-se com economia de escala e economia de distância. A economia de escala está relacionada à redução do custo por unidade de peso com o aumento do tamanho da carga, já na economia de distância, a diminuição do custo de transporte por unidade de peso ocorre à medida que a distância aumenta. O propósito pelo ponto de vista dos transportes é maximizar tanto o tamanho da carga como a distância a percorrer.

Segundo Galvão (2003), o desenvolvimento tecnológico, a popularização da utilização de computadores e o crescimento da capacidade de processamento dos mesmos, possibilitou o desenvolvimento de novos programas computacionais que possuem a finalidade específica de resolver os problemas de roteirização, são

os denominados roteirizadores.

Brasileiro et al. (2008) explicam que as rotas dos veículos podem ser definidas utilizando métodos empíricos ou por técnicas matemáticas que fazem uso de algoritmos para a roteirização. Esse procedimento pode ser realizado por meio computacional ou manual. No método computacional, o algoritmo é integrado a um software denominado roteirizador. Esse tipo de programa define a melhor rota segundo a variável que se deseja otimizar como a distância ou tempo de viagem.

Na literatura, métodos e técnicas utilizadas para solucionar os problemas de roteirização mais discutidos são os métodos heurísticos, problema do caixeiro viajante, método de varredura, método de Clarke e Wright (SOUZA et al. 2014) e o Algoritmo de (Pacheco, 2008) é um dos algoritmos que calcula o caminho de custo mínimo entre vértices de um grafo.

Com relação as técnicas matemáticas, Rodrigues et al. (2016) utilizaram em sua pesquisa o *software* de resolução de problemas de programação linear SOLVER da planilha eletrônica MS Excel. Os autores realizaram a criação e análise de um planejamento sistêmico de todo o processo de entrega das mercadorias de uma empresa revendedora de tubos e conexões. A otimização do planejamento de transportes recomendado e aplicado após o estudo, tornou possível reduzir os custos em aproximadamente 13,0%. Para os autores isso foi possível devido a utilização da programação linear em diagrama de rede.

Por outro lado, Pereira et al. (2016) aplicaram o Problema Clássico de Transporte, um método matemático para revisar a rede logística. O objetivo foi realocar os clientes considerados estratégicos pela empresa à uma nova configuração da rede logística utilizando como critério o custo de transporte otimizado. Para esse estudo também foi realizado o uso da ferramenta Solver. Para os autores, o alcance dos objetivos se deu a partir dos resultados gerados pela aplicação do Problema Clássico de Transporte em simulações de cenários.

Ainda em relação aos métodos computacionais, segundo Brasileiro et al.(2008), os softwares denominados SIG (Sistema de Informação Geográfica), permitem gerar um mapeamento computadorizado, criar diferentes rotas e proporcionar a escolha da melhor, por meio de um estudo de diversos cenários.

Em concordância, vale citar o trabalho de Amaral et al. (2014) que utilizaram o SIG ArcGIS® para desenvolver uma proposta de roteirização para uma nova malha com quinze rotas para o abastecimento dos vinte e oito centros de

distribuição de uma empresa de grande porte de transporte e distribuição de mercadorias.

2.4 GEOPROCESSAMENTO

Segundo Rocha (2000), o geoprocessamento é uma tecnologia transdisciplinar que integra várias disciplinas, processos, entidades, equipamentos, programas, dados, metodologias, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados. Esse processo é realizado por meio da utilização axiomática da localização e do processamento de dados geográficos.

As informações de natureza geográfica de acordo com Mendonça (2011), são aquelas que podem ser associadas ou referenciadas a uma localização por meio de coordenadas (X, Y, Z). A partir do trabalho com tais fenômenos ou informações, são produzidos os dados geográficos, os quais dentro do ramo de geoprocessamento, se tornam o principal objeto de trabalho.

Sob o ponto de vista de Silva (2003), os dados espaciais são definidos como elementos que possuem localização no espaço e estão relacionadas a determinado sistema de coordenada, como por exemplo, a Projeção de Mercator (longitude-latidade). A estes elementos, podem estar associados inúmeras características ou atributos. Um determinado dado espacial pode estar relacionado, por exemplo, a um tipo de rocha, solo, vegetação, profundidade entre outras variáveis.

O uso de uma base de dados georreferenciados possibilita gerar análises para a produção de informações relevantes, que podem servir de apoio no processo de tomada de decisão. Para que isso seja possível, o uso de técnicas computacionais é indispensável devido a necessidade de manipulação de grandes volumes de dados, os quais, devem ser identificados e estruturados para gerar essas informações, (SILVA, 2009).

Sob essa perspectiva, Carvalho (2014) explica que as informações coletadas no geoprocessamento por meio de recursos como o sensoriamento remoto, fotogrametria, entre outros, são tratadas e analisadas fazendo uso dos

Sistemas de Informação Geográfica. Para Câmara (2002), um dos principais objetivos do geoprocessamento é fornecer ferramentas computacionais para que diferentes analistas determinem as evoluções espaciais e temporais de um fenômeno geográfico e as correlações entre diferentes fenômenos.

Muitos autores interpretam o geoprocessamento como um conjunto de tecnologias capazes de coletar e tratar informações georreferenciadas. Entretanto, Medeiros (2012) ressalta que não se deve pensar que o termo geoprocessamento é um sinônimo para geotecnologias ou mesmo para os Sistemas de Informações Geográficas.

Geoprocessamento é um campo da área do conhecimento da geomática e engloba um conjunto de técnicas que utilizam a informação espacial para coleta, armazenamento, tratamento e análise de dados. Essas técnicas são as denominadas geotecnologias, sendo assim, o sensoriamento remoto, o posicionamento por satélite, o banco de dados geográficos, WebMapping e o SIG, são alguns exemplos de geotecnologias, ou seja, são parte do conjunto maior de técnicas - o Geoprocessamento (MEDEIROS, 2012).

2.5 SISTEMA PARA O GEOPROCESSAMENTO

As tecnologias voltadas para a coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico estão inseridas no contexto do geoprocessamento. As atividades envolvendo o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos mais comumente chamados de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Os Sistemas de Informação Geográfica, constituem um conjunto de módulos computacionais destinados à recolha, armazenamento, transformação e saída de dados espacialmente distribuídos, os quais representam objetos do mundo real por meio da disposição de um sistema de coordenadas (BURROUGH, 1986).

Segundo Santos e Muller (2014), os Sistemas de Informação Geográfica Web (SIG Web) têm-se destacado nos últimos anos, pois possibilitam visualizar consultar e manipular a informação geográfica de diferentes locais com diferentes perfis de usuários por meio da internet. Entre estas tecnologias estão o WebGis,

que possui a característica de disponibilizar a visualizações de informações geográficas na Web e as aplicações SIG baseadas na Web. O SIG Web é um sistema armazenado por base computacional em nuvem, que oferece os mesmos recursos de um SIG *desktop* completo, possibilitando ao usuário realizar análises e aplicações de técnicas de geoprocessamento em um servidor remoto via Internet.

Para Cosme (2012), os SIGs, surgiram da necessidade humana de analisar a informação georreferenciada. Ainda, para o autor, pode-se concluir que existe um SIG sempre que há um conjunto de componentes que fornecem dados e informação geográfica, que permite analisar, interpretar, decidir, agir, monitorizar e disponibilizar esses dados.

Segundo Mota (1999), os SIGs, como ferramentas de análise espacial, utilizam a modelagem e simulação de cenários como recurso à elaboração de alternativas para a decisão da política de uso e ocupação do solo, equipamentos urbanos e ordenamento territorial, entre outras aplicações complexas que envolvem diferentes componentes dinâmicos.

Como característica principal, esse tipo de sistema permite incorporar em uma única base de dados as referências espaciais, redes e modelos numéricos de terreno e imagens de satélite, para então agrupar as várias informações por intermédio de algoritmos de manipulação e gerar mapeamento (CÂMARA, 1993).

Segundo Cosme (2012), desde seu surgimento, os SIGs estão cada vez mais especializados, evoluindo muitas vezes para Sistemas de Apoio à Decisão Espacial (SADE), amparando decisões como: a alocação de recursos; localização de novos equipamentos; gestão de estruturas para priorização de intervenções. O intuito é suportar a produção de itinerários e percursos ótimos para dar suporte prático ao planejamento territorial e a gerência de redes tão diversas como as de distribuição de encomendas ou coleta de lixo.

Em corroboração ao autor, pode-se citar o Sistema de Informação Geográfica para Transportes (SIG-T) privativo TransCAD, que permite desenvolver rotas, utilizando o algoritmo Arc Routing. O sistema foi utilizado por Brasileiro et al. (2008), em sua pesquisa para analisar o uso do SIG no roteamento dos veículos de coleta de resíduos sólidos domiciliares. O objetivo foi minimizar a distância total de viagem. A aplicação apresentou, por meio dos resultados obtidos, reduções percentuais de até 41% na distância total percorrida e de 68% no tempo total de percurso.

2.6 DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE

De acordo com Rezende (2005), a Engenharia de Software é a área da computação responsável pela metodologia de desenvolvimento e manutenção de sistemas modulares. Para Sommerville (2007), é uma disciplina que está ligada a todos os processos de construção de *software*, desde a especificação até a manutenção. Complementa-se que para Gonçalves (2014), a Engenharia de Software, torna possível a construção de um sistema de forma racional e no prazo estabelecido.

O desenvolvimento de *software* compreende cinco atividades estruturais: comunicação, planejamento, modelagem, desenvolvimento e entrega (PRESSMAN E MAXIM, 2016). Com relação as etapas, Gonçalves (2014) explica que na comunicação, os requisitos são definidos diretamente com o cliente, no planejamento, o desenvolvedor ou a equipe define os métodos para aplicar esses requisitos, na modelagem é realizado a escolha do modelo que será usado para o desenvolvimento como por exemplo, o modelo cascata, incremental, espiral, entre outros.

Para Booch et al. (2000), a modelagem do sistema é a parte central de todas as atividades para a elaboração de um *software* de qualidade, pois a utilização de modelos permite observar e controlar a arquitetura do sistema, gerenciar os riscos, visualizar e compreender todos os seus requisitos.

A modelagem de requisitos sob o ponto de vista de Pressman e Maxim (2016), é a primeira representação técnica que um sistema deve conter. Para elaborar essa modelagem, utiliza-se uma combinação de formas textuais e diagramas para representar os requisitos de uma forma que permita o seu entendimento. Com relação aos requisitos, podem ser funcionais ou não-funcionais. O primeiro corresponde a uma lista de todas as atividades que o sistema executa. Já os não-funcionais, correspondem as restrições que se coloca sobre como o *software* deve realizar os requisitos funcionais (WAZLAWICK, 2004). O documento de requisitos é uma etapa importante no desenvolvimento de *softwares*. O documento é utilizado para especificar funcionalidades, requisitos, entidades, atributos, relacionamentos, atores, ordem de execução, entre outros aspectos que o desenvolvedor deverá respeitar no desenvolvimento do *software*. Para o

desenvolvedor o documento de requisitos é a principal etapa para um *software* bem-sucedido (Turine et al. 1996).

Segundo Pressman e Maxim (2016), a modelagem de *software* baseada em cenários faz uso de um “caso de uso” que representa uma interação específica do sistema por meio da notação gráfica. Bezerra (2007) explica que para uma visão mais procedural da interação, o caso de uso pode ser complementado com vários diagramas UML (Linguagem Unificada de Modelagem), uma linguagem gráfica visual utilizada para modelar sistemas orientados a objetos que permite construir diagramas para representar diversas perspectivas de um sistema.

Segundo Bezerra (2015), a linguagem UML pode ser utilizada para a modelagem de sistemas, independente da linguagem de programação utilizada na implementação do sistema, ou o processo de desenvolvimento aplicado, sendo esta característica uma vantagem, pois diferentes sistemas de *software* requerem abordagens diversas de desenvolvimento.

A UML para Booch et al. (2006), disponibiliza uma forma-padrão para preparar os planos de arquitetura de projetos de sistemas e incluir aspectos conceituais como as funções, processos de negócios, além de itens concretos, como esquemas de banco de dados, classes escritas em determinada linguagem de programação e os componentes do *software*. Ainda para os autores, os diagramas que permitem visualizar as partes estáticas de sistema são os: de classes, de componentes, de estrutura composta, de objetos, de implementação e de artefatos. Desses o diagrama de classes o mais encontrado em sistemas de modelagem orientado a objetos. Já para visualizar as partes dinâmicas, são utilizados os diagramas: de sequência, de caso de uso, comunicação, de gráfico de estados e de atividades. A Figura 2, apresenta a hierarquia dos diagramas UML.

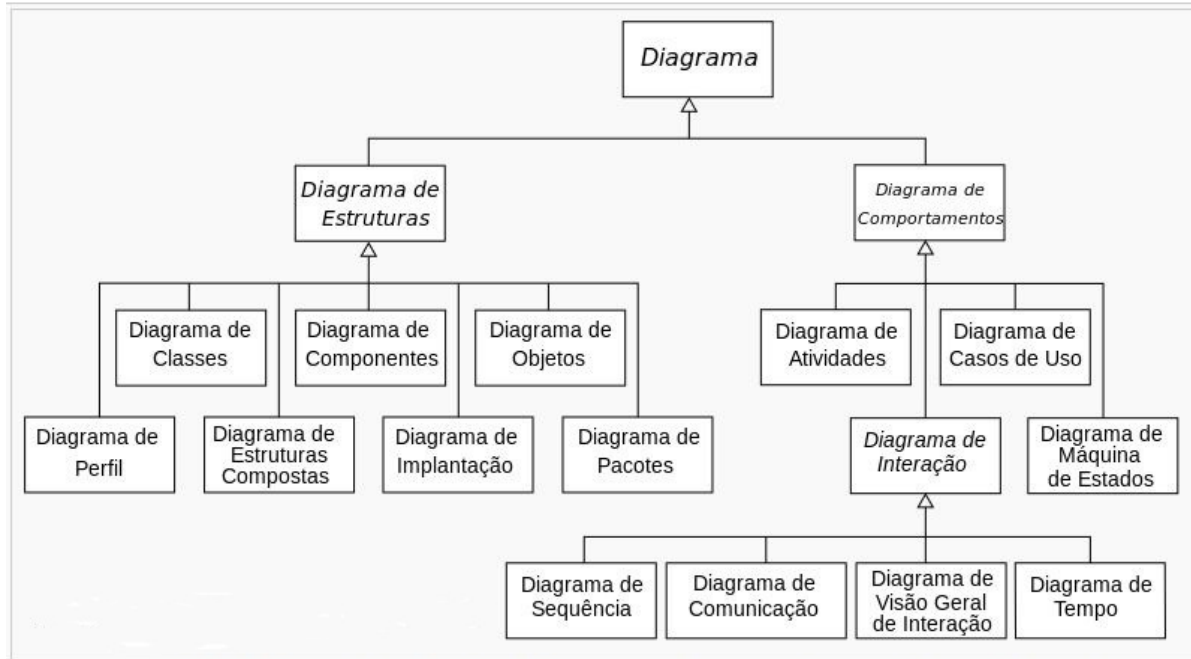


Figura 2 - Hierarquia dos Diagramas UML

Fonte: Adaptado de OMG Unified Modeling Language, p.683, 2015.

Com relação aos diagramas de sequência e de caso de uso, segundo Pender (2004), o diagrama de sequência faz uso da visualização orientada para o tempo. Esse diagrama utiliza um conjunto de ícones de objeto e linhas de tempo associadas (linhas de tempo do objeto). O diagrama de caso de uso mostra um conjunto de casos de uso, atores e seus relacionamentos. Esse diagrama proporciona uma visão de suporte para o comportamento de um sistema. Com ele, é possível visualizar o que está fora do assunto e como ele reage com algo extremo (BOOCH et al., 2006).

A Figura 3 ilustra um diagrama de caso de uso. Observa-se que a notação utilizada para representar os autores é a figura de um boneco. Esta notação, entretanto, não corresponde ao significado de autor em sua plenitude, pois nem sempre corresponde a seres humanos como a notação leva a entender, já os relacionamentos de comunicação são representados por uma seta que interliga o autor ao caso de uso. O relacionamento de extensão é representado por uma seta direcionada em que o caso de uso estende a outro caso de uso, a seta tracejada é predefinida pela UML para ilustrar a representação desse relacionamento. A fronteira do sistema também pode ser representada no caso de uso por meio de um retângulo, os atores são posicionados do lado de fora do retângulo, para evidenciar a parte externa do sistema a parte interna (BEZERRA, 2015).

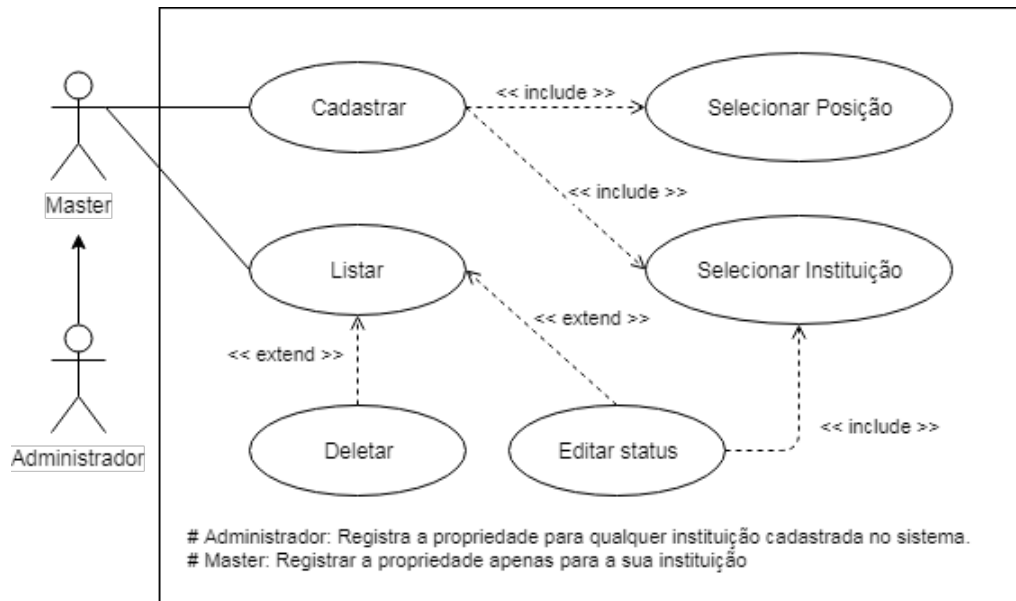


Figura 3 - Hierarquia dos Diagramas UML.
Fonte: Autoria própria.

2.7 TECNOLOGIAS

As tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do projeto possuem código aberto, o que permite a liberdade de realizar as alterações necessárias em seu código-fonte. Também possui a vantagem de não ter custos com licenças, permitindo assim a redução de custos durante e após o desenvolvimento.

O sistema Web é uma ferramenta com acesso disponível em qualquer dispositivo com acesso à Internet, utilizando autenticação de usuário e senha, assim garantindo a segurança dos dados fornecidos pelos parceiros. Dessa maneira as informações estão disponíveis para qualquer pessoa envolvida no âmbito do projeto. O sistema Web foi desenvolvido utilizando as tecnologias citadas a seguir:

PostgreSQL é um sistema banco de dados objeto-relacional de código aberto com suporte a dados geográficos. Este sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) foi utilizado devido a sua flexibilidade, gratuidade e sua facilitação na utilização da extensão PostGis, que possui funções para o tratamento de dados geográficos (THE POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMEND GROUP, 2015). O PgRouting, uma extensão do banco de dados PostgreSQL / PostGIS foi agregado

por permitir a utilização da funcionalidade de roteamento geoespacial (PGROUTING, 2016).

Na camada de comportamentos, a linguagem de programação Java foi utilizada para manipulação e processamento de dados. Java é uma linguagem de programação orientada a objetos desenvolvida inicialmente pela empresa Sun Microsystems e lançada em 1995, e atualmente mantida pela empresa Oracle Corporation (PROGRESSIVA, 2011). O JavaScript é uma linguagem de programação interpretada. Foi originalmente implementada como parte dos navegadores Web para que *scripts* pudessem ser executados do lado do cliente e interagem com o usuário sem a necessidade deste script passar pelo servidor.

Na camada de estruturação de conteúdo da página Web foi utilizado o HTML, abreviação para a expressão inglesa *HyperText Markup Language*, que significa Linguagem de Marcação de Hipertexto. É uma linguagem de marcação utilizada na construção de páginas na Web, ou seja, permite definir o tipo de documento simples, como, por exemplo, cabeçalhos, listas, ilustrações e algumas possibilidades para hipertexto e multimídia em uma página de Internet (ALMEIDA, 2002).

Para a camada de apresentação que é constituída pelas folhas de estilos, foi utilizado a linguagem CSS (*Cascading Style Sheets*), uma linguagem de folhas de estilo utilizada para definir a apresentação de documentos escritos em uma linguagem de marcação, como o HTML.

Para a comunicação entre a linguagem de desenvolvimento e o banco de dados, foi utilizado o *framework* de licença livre Hibernate, por ser considerado confiável, altamente configurável, extensível e apresentar vantagens como a escalabilidade em qualquer ambiente e o foco na persistência dos dados que permite aos desenvolvedores escrever aplicativos com mais facilidade (HIBERNATE, 2016).

O framework brasileiro VRaptor 3 desenvolvido pela empresa Caelum, foi escolhido por trazer alta produtividade para o desenvolvimento de aplicações Java Web utilizando a metodologia de injeção de dependências. Trata-se de um *framework* MVC (*Model View Controller*) *open source* que possui suporte amplo da comunidade de desenvolvedores (VRAPTOR, 2015).

Para a manipulação de eventos como animações foi utilizado a biblioteca JQuery. Esta Biblioteca de JavaScript é rápida, pequena e rica em recursos,

manipula eventos, animação e Ajax, com uma combinação de versatilidade e capacidade de extensão (JQUERY, 2015).

Devido a necessidade de se trabalhar com dados georreferenciados, a biblioteca Java de código aberto GeoTools que fornece ferramentas para dados geoespaciais (GEOTOOLS, 2016) foi adicionada na lista de ferramentas necessárias para auxiliar o desenvolvimento do sistema.

Para o desenvolvimento da aplicação foi utilizado o Ambiente de Desenvolvimento Integrado Eclipse que fornece uma IDE e plataformas para praticamente todas as linguagens e arquiteturas. O Eclipse é famoso por sua IDE Java, C/C++, JavaScript e IDEs PHP construídos em plataformas extensíveis para criar aplicações *desktop*, Web e IDEs de nuvem. Essas plataformas oferecem a mais extensa coleção de ferramentas adicionais disponíveis para desenvolvedores de *software*. O Tomcat é um servidor Web Java, mais especificamente, um contêiner de *servlets*. O Tomcat foi utilizado em conjunto com o IDE Eclipse para compilar o programa.

As imagens de satélite exibidas no *software* e utilizadas no ambiente de desenvolvimento são de licença livre e disponibilizados pela biblioteca OpenLayers. Trata-se de uma biblioteca JavaScript de código aberto para exibir ou editar dados geoespaciais em qualquer navegador Web. O OpenLayers foi desenvolvido para promover o uso de informação geográfica de todos os tipos e permite exibir ou manipular recursos a partir de qualquer fonte (BOUNDLESSGEO, 2015).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE

Segundo Kauark (2010), é primordial que o pesquisador conheça os tipos de pesquisas existentes para que possa escolher de maneira correta os procedimentos e instrumentos para planejar a pesquisa. Neste seguimento a classificação da pesquisa do presente projeto pode ser classificada como descritiva com abordagem quantitativa. A natureza da pesquisa pode ser definida como aplicada, os objetivos são descritivos e por fim os procedimentos técnicos classificam a pesquisa como operacional.

Para Dalton (2002), a pesquisa descritiva é utilizada para discernir informações referentes a um determinado fenômeno, como suas características, frequência de ocorrência e sua relação com outros fenômenos, a partir da observação, análise e registro desses dados, entretanto o faz sem manipulá-los.

Gil (2010) destaca que a pesquisa aplicada, está diretamente relacionada às características práticas. Sua preocupação está focada para as aplicações imediatas em uma realidade relativa, ou seja, o interesse na aplicação, utilização e consequências práticas dos conhecimentos são suas principais características. Nesse sentido a pesquisa pode ser considerada aplicada, uma vez que serão aplicados os conhecimentos da bibliografia referente a roteirização e logística de precisão, para o desenvolvimento do *software*.

3.2 HOSPEDAGEM DO AMBIENTE

A aplicação desenvolvida foi armazenada no servidor do Centro Internacional de Hidroinformática (CIH), que é um centro binacional de categoria 2 da UNESCO, resultado de uma parceria entre a ITAIPU Binacional, a Fundação Parque Tecnológico Itaipu e o Programa Hidrológico Internacional (PHI) da UNESCO. Considerando e analisando as diversas interações existentes em um

território, o CIH cria e aplica soluções que aprimoram e auxiliam o processo de gestão/tomada de decisão, tendo como foco a preservação dos recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável. O centro atua com o desenvolvimento de sistemas Web que permitem a visualização espacial e a correlação de dados no território, com estudos e metodologias de análise e gestão ambiental e também com a construção de conhecimento para aplicação de técnicas e ferramentas de geoprocessamento e geotecnologias para análise territorial.

O ambiente foi virtualizado e configurado a fim de que permitisse expansão dos recursos de *hardware* necessários para execução do sistema. A aplicação foi hospedada em um dos servidores do CIH (Apêndice A), o servidor disponibilizado contém as seguintes configurações:

- a) Sistema operacional: CentoOS-7;
- b) Memória: 32GB;
- c) Processamento: 16 núcleos com 3.2GHz;
- d) Armazenamento: 1TB;
- e) Banco de dados: PostgreSQL 9.3;
- f) Extensão espacial: Postgis 2.0;
- g) Extensão: PgRouting 2.3;
- h) Servidor Web Java: Apache Tomcat 8.0.43.

3.3 COLETA DOS DADOS PARA A PESQUISA

A aplicação desenvolvida foi testada utilizando dados disponibilizados por uma agroindústria localizada na cidade de Serranópolis do Iguaçu. A empresa executa a coleta a granel do leite *in natura* em quarenta e nove propriedades rurais localizadas nas cidades de Medianeira, Serranópolis do Iguaçu e São Miguel do Iguaçu, para realizar o processamento da matéria-prima na indústria.

O sistema foi alimentado pelos responsáveis na própria empresa com as seguintes informações:

- a) Localização geográfica de todas as propriedades;
- b) Estradas dentro da área de atuação;
- c) Média de produção diária, por propriedade;

- d) Frequência da recolha (período em dia);
- e) Capacidades de carga por caminhão.
- f) Consumo médio dos caminhões, carregados e vazios.

3.4 DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA

O sistema consiste em uma ferramenta para auxiliar empresas que trabalham na coleta de leite bovino nas propriedades rurais. Conforme fluxograma (Figura 3), para executar a roteirização é necessário realizar o levantamento de todas as propriedades vinculadas a instituição. Após registrar as propriedades, o sistema recebe todas as estradas que estão localizadas dentro do retângulo envolvente do projeto. Para o registro de uma estrada é importante levar em conta vários aspectos do trecho, à vista disso, foram definidos os seguintes parâmetros para o usuário informar no momento do cadastro: existência de pontes, pedágios, curvas perigosas, tipo de malha viária do trecho, e qual o sentido do trânsito ou seja, os aspectos que podem atrapalhar ou dificultar a recolha da matéria prima na propriedade.

Os relatórios seguem algumas regras como, a capacidade do caminhão-tanque, prioridade das estradas, quantidade de leite produzida pela propriedade a partir da quantidade de recolhas por semana. Os relatórios são gerados como arquivo, permitindo impressão e em formato de mapa.

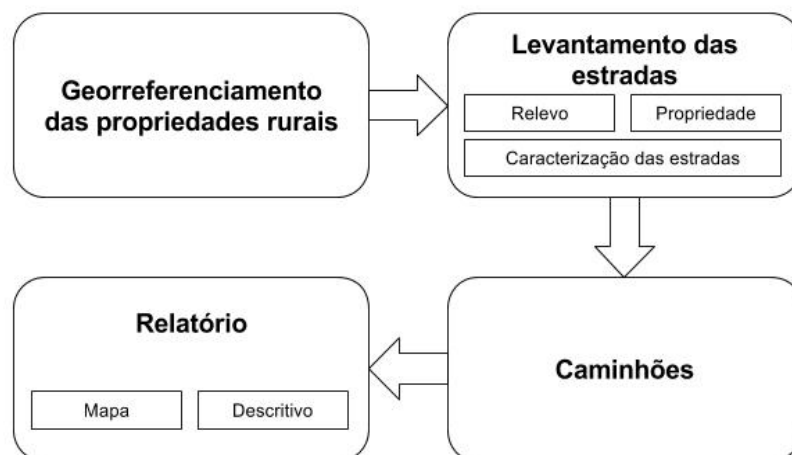


Figura 4 - Fluxograma.
Fonte: Autoria própria.

O *software* proposto foi desenvolvido baseado em conceitos de Engenharia de Software, sendo dividido nas seguintes fases: requisito, análise, desenvolvimento e transição, permitindo um melhor gerenciamento, conforme demonstrado no Quadro 1.

| Fase | Descrição |
|-----------------|--|
| Requisito | Visitas técnicas com o intuito de conhecimento do ambiente da empresa. |
| Análise | Organização dos requisitos levantados; Elaboração dos diagramas. |
| Desenvolvimento | Codificação do sistema de acordo com o que foi levantado nas fases de requisito e análise; Cadastro de propriedades rurais e estradas para a criação do Banco de Dados; Validação dos dados levantados; Testes de <i>stress</i> ; Entrega do <i>software</i> à empresa para teste. |
| Transição | Treinamento aos usuários. |

Quadro 1 - Divisão de atividades.

Fonte: A autoria própria.

3.5 DOCUMENTOS DE REQUISITOS

Foram gerados os documentos de requisitos para serem utilizados como método de análise e documentação do processo de desenvolvimento.

Os requisitos funcionais (RF) são uma forma de definir a função e o comportamento que o *software* deverá respeitar. Nos RF descreve-se os valores de entrada, saída e comportamento. A seguir será exibido os principais RF do sistema.

| [RF-01] Cadastrar propriedades | |
|---------------------------------------|---|
| Descrição | Permite registrar as propriedades atendidas pela indústria. As propriedades devem ser vinculadas a uma instituição e a um ponto geográfico. A propriedade será representada por um ponto. |
| Prioridade | Essencial |
| Entradas e pré-condições | Login |
| Saída e pós-condições | Uma nova propriedade no sistema |
| Execução | Administrador + Master |

Quadro 2 - (RF-01) Cadastrar propriedade.

Fonte: Autoria própria.

| [RF-02] Listar propriedades | |
|------------------------------------|--|
| Descrição | Permite listar todas as propriedades registradas no sistema. |
| Prioridade | Essencial |
| Entradas e pré-condições | Login + Cadastrar propriedade |
| Saída e pós-condições | Lista das propriedades do sistema |
| Execução | Administrador + Master |

Quadro 3 - (RF-02) Listar propriedades.

Fonte: Autoria própria.

| [RF-03] Excluir propriedade | |
|------------------------------------|--|
| Descrição | Permite eliminar uma propriedade do sistema a partir do seu identificador. |
| Prioridade | Desejável |
| Entradas e pré-condições | Login + Listar propriedades |
| Saída e pós-condições | Propriedade é eliminada do sistema |
| Execução | Administrador + Master |

Quadro 4 - (RF-03) Excluir propriedade.

Fonte: Autoria própria.

| [RF-04] Editar propriedade | |
|-----------------------------------|--|
| Descrição | Permite editar uma propriedade do sistema a partir do seu identificador. Não permitir a edição do georreferenciamento da propriedade. |
| Prioridade | Desejável |
| Entradas e pré-condições | Login + Listar propriedades |
| Saída e pós-condições | Registro atualizado no sistema |
| Execução | Administrador + Master |

Quadro 5 - (RF-04) Editar propriedade.

Fonte: Autoria própria.

| [RF-05] Cadastrar estrada | |
|----------------------------------|---|
| Descrição | Permite registrar estrada. As estradas devem ser vinculadas a uma instituição e a um conjunto de pontos geográficos. A estrada será representada por uma linha. |
| Prioridade | Essencial |
| Entradas e pré-condições | Login + Cadastrar propriedade |
| Saída e pós-condições | Uma nova estrada no sistema |
| Execução | Administrador + Master |

Quadro 6 - (RF-05) Cadastrar estrada.

Fonte: Autoria própria.

| [RF-06] Listar estradas | |
|--------------------------------|--|
| Descrição | Permite listar todas as estradas registradas no sistema. |
| Prioridade | Essencial |
| Entradas e pré-condições | Login + Cadastrar estrada |
| Saída e pós-condições | Lista das estradas do sistema |
| Execução | Administrador + Master |

Quadro 7 - (RF-06) Listar estradas.

Fonte: Autoria própria.

| [RF-07] Excluir estrada | |
|--------------------------------|--|
| Descrição | Permite eliminar uma entrada do sistema a partir do seu identificador. |
| Prioridade | Desejável |
| Entradas e pré-condições | Login + Listar estrada |
| Saída e pós-condições | Estrada é eliminada do sistema |
| Execução | Administrador + Master |

Quadro 8 - (RF-07) Excluir estrada.

Fonte: Autoria própria.

| [RF-08] Editar estrada | |
|-------------------------------|--|
| Descrição | Permite editar uma estrada do sistema a partir do seu identificador. Não permitir a edição do georreferenciamento da estrada. |
| Prioridade | Desejável |
| Entradas e pré-condições | Login + Listar estradas |
| Saída e pós-condições | Registro atualizado no sistema |
| Execução | Administrador + Master |

Quadro 9 - (RF-08) Editar estrada.

Fonte: Autoria própria.

| [RF-09] Gerar rota | |
|---------------------------|--|
| Descrição | A partir das informações como: Propriedades, algoritmo e veículo. O sistema processará as informações e sugerirá uma rota a ser seguida. A lista das propriedades sempre apareceram por ordem de distancia, levando sempre em consideração o algoritmo selecionado e a indústria ou a ultima propriedade informada. |
| Prioridade | Essencial |
| Entradas e pré-condições | Login + Cadastrar instituição + Cadastrar veículo + Cadastrar propriedade + Cadastrar estrada |
| Saída e pós-condições | Sugestão da rota para ser seguida |
| Execução | Administrador + Master |

Quadro 10 - (RF-09) Gerar rota.
Fonte: Autoria própria.

| [RF-10] Relatórios | |
|---------------------------|---|
| Descrição | Permitir a exibição das informações gerais da instituição. Informações como: Quantidade de trechos em unidade e quilometragem por pavimentação, quantidade de animais, quantidade de propriedades, maior produtor, menor produtor, distancia para cada propriedade em linha reta, menor rota e melhor rota, produção media por propriedade e produção media por animal. |
| Prioridade | Essencial |
| Entradas e pré-condições | Login + Cadastrar instituição + Cadastrar veículo + Cadastrar propriedade + Cadastrar estrada |
| Saída e pós-condições | Informações sobre o cenário da propriedade |
| Execução | Administrador + Master |

Quadro 11 - (RF-10) Relatórios.
Fonte: Autoria própria.

| [RF-11] Visualização das rotas | |
|---------------------------------------|---|
| Descrição | Após gerar a rota, o sistema exibira um mapa com todos os trechos a serem seguidos. Os trechos para cada propriedade aparecera com cores diferentes. Além do mapa o sistema exibirá um conjunto de informações descritivas: distancia, quantidade de animais atendidos, quantidade recolhida e custos da recolha. |
| Prioridade | Essencial |
| Entradas e pré-condições | Login + Cadastrar instituição + Cadastrar veículo + Cadastrar propriedade + Cadastrar estrada + Gerar rota |
| Saída e pós-condições | Rota sugerida |
| Execução | Administrador + Master |

Quadro 12 - (RF-11) Visualização das rotas.

Fonte: Autoria própria.

Os requisitos não-funcionais são todos os comportamentos que o *software* deverá respeitar. Os requisitos não funcionais são cálculos, manipulação de processamento, desempenho desejado, confiabilidade e segurança.

| [RNF-01] Tempo limite para o processamento das rotas | |
|---|---|
| Categoria | Desempenho |
| Prioridade | Essencial |
| Descrição | O processamento para a roteirização não deverá exceder um minuto. |

Quadro 13 - (RNF-01) Tempo limite para o processamento das rotas.

Fonte: Autoria própria.

| [RNF-02] Disponibilidade da aplicação | |
|--|--|
| Categoria | Disponibilidade |
| Prioridade | Essencial |
| Descrição | A aplicação ficará disponível 95% do ano, sendo que 5% do tempo, o servidor ou a aplicação estará em manutenção. |

Quadro 14 - (RNF-02) Disponibilidade da aplicação.

Fonte: Autoria própria.

| [RNF-03] Controle de acesso | |
|------------------------------------|---|
| Categoria | Segurança |
| Prioridade | Essencial |
| Descrição | Qualquer ação realizada pelo usuário na aplicação, deverá passar por um conjunto de algoritmos que garantirá a segurança e a confidencialidade dos dados cadastrados no <i>software</i> . |

Quadro 15 - (RNF-03) Controle de acesso.
Fonte: Autoria própria.

| [RNF-04] Segurança contra invasões | |
|---|--|
| Categoria | Segurança |
| Prioridade | Essencial |
| Descrição | A aplicação não poderá ter “portas abertas” para invasão. Garantido segurança e confiabilidade em sua implantação e implementação. |

Quadro 16 - (RNF-04) Segurança contra invasões.
Fonte: Autoria própria.

| [RNF-05] Banco de dados | |
|--------------------------------|--|
| Categoria | Segurança |
| Prioridade | Essencial |
| Descrição | O banco de dados e a aplicação deverão ser mantidos em servidores separados. |

Quadro 17 - (RNF-05) Banco de dados.
Fonte: Autoria própria.

| [RNF-06] Backup | |
|------------------------|--|
| Categoria | Segurança |
| Prioridade | Essencial |
| Descrição | Todo dia no período noturno deverá ser executado <i>backup</i> do banco de dados e da aplicação. É necessário manter cópia dos últimos sete dias. |

Quadro 18 - (RNF-06) Backup.
Fonte: Autoria própria.

| [RNF-07] Interface gráfica responsável | |
|---|---|
| Categoria | Usabilidade |
| Prioridade | Essencial |
| Descrição | Por se tratar de um <i>software</i> Web, é necessário garantir um <i>layout</i> responsivo. |

Quadro 19 - (RNF-07) Interface gráfica responsável.
Fonte: Autoria própria.

| [RNF-08] Compatibilidade com os navegadores | |
|--|---|
| Categoria | Compatibilidade |
| Prioridade | Essencial |
| Descrição | O sistema poderá ser acessado dos navegadores: FireFox Mozilla, Google Chrome e Safari. |

Quadro 20 - (RNF-08) Compatibilidade com os navegadores.
Fonte: Autoria própria.

Os diagramas de caso de uso demonstram cenários, onde é possível verificar as ações de um ator e sua funcionalidades dentro do sistema. A seguir são apresentados os diagramas de caso de uso com importância para o desenvolvimento do sistema. Os diagramas de usuário e veículo seguem a mesma lógica das Figura 5, 6 e 7.

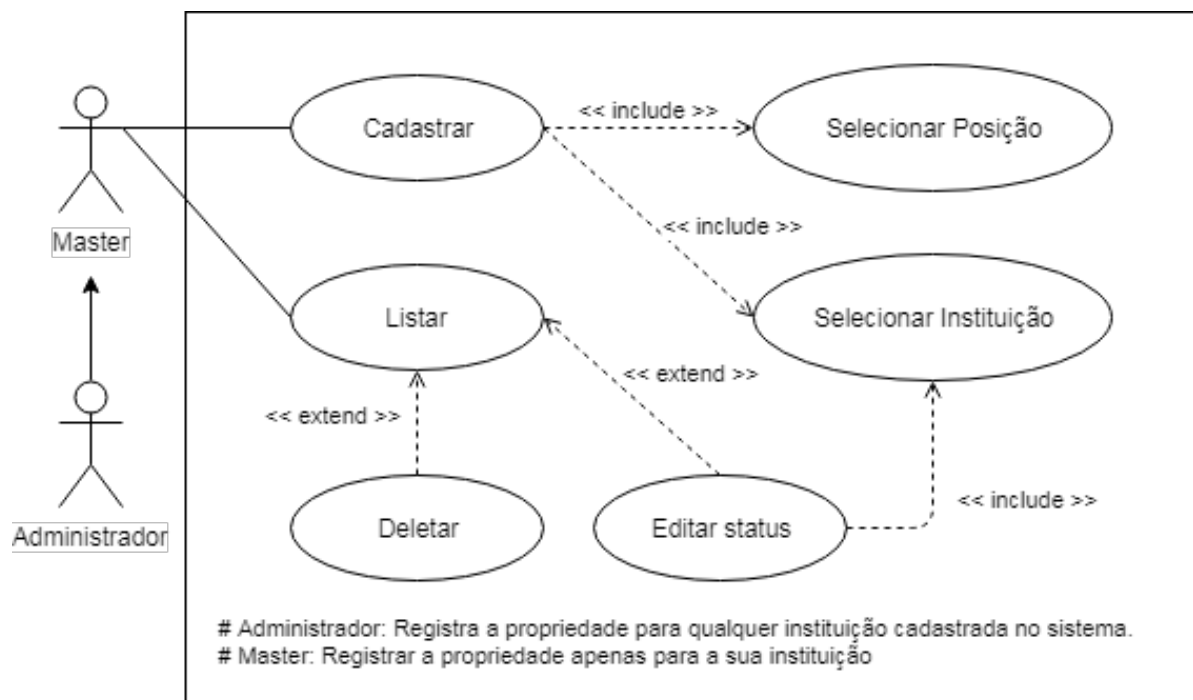


Figura 5 - Caso de uso (Propriedade).
Fonte: Autoria própria.

A Figura 5 ilustra o caso de uso de propriedades. Para registrar uma propriedade é necessário selecionar uma instituição e informar a localidade geográfica da propriedade.

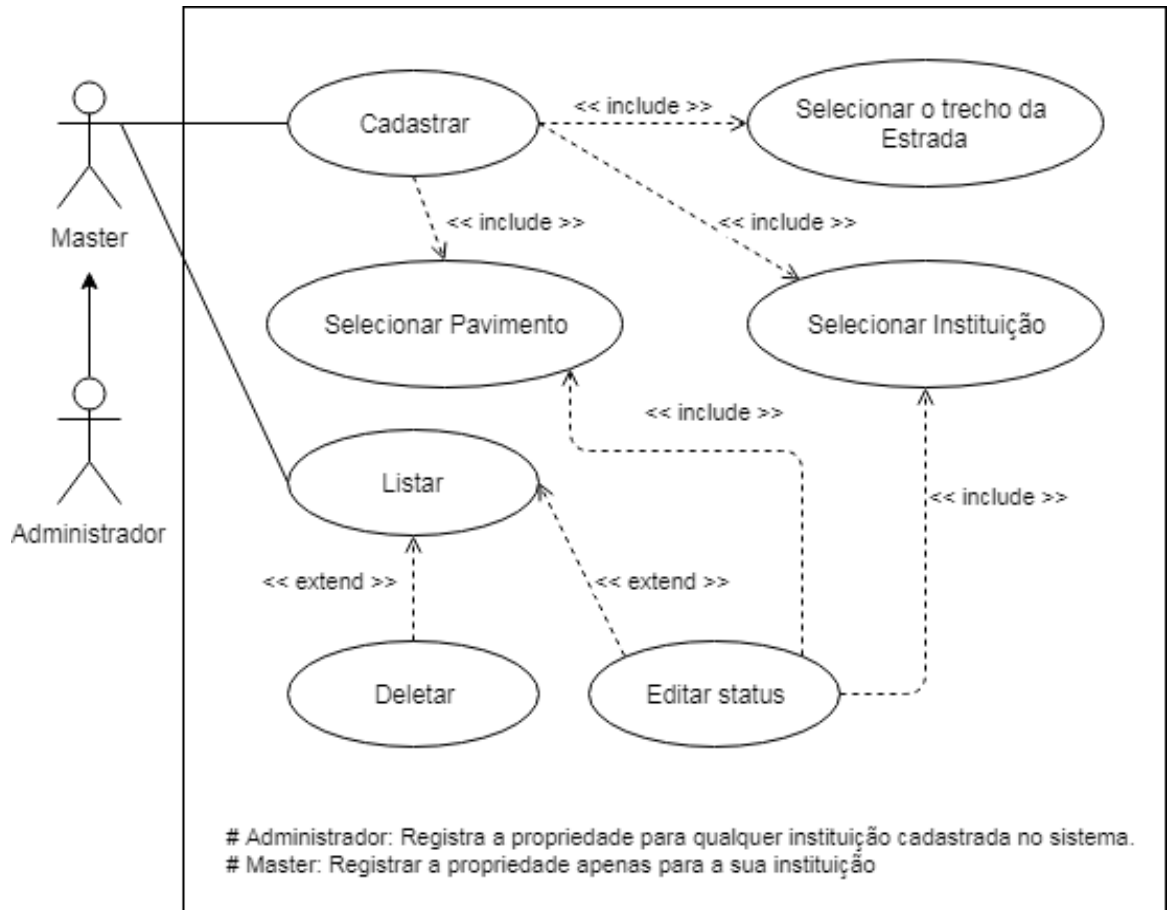


Figura 6 - Caso de uso (Estrada).
 Fonte: Autoria própria.

A Figura 6 ilustra o caso de uso de estradas. Para registrar uma nova estrada é necessário traçar o trecho informando o ponto inicial e o ponto final.

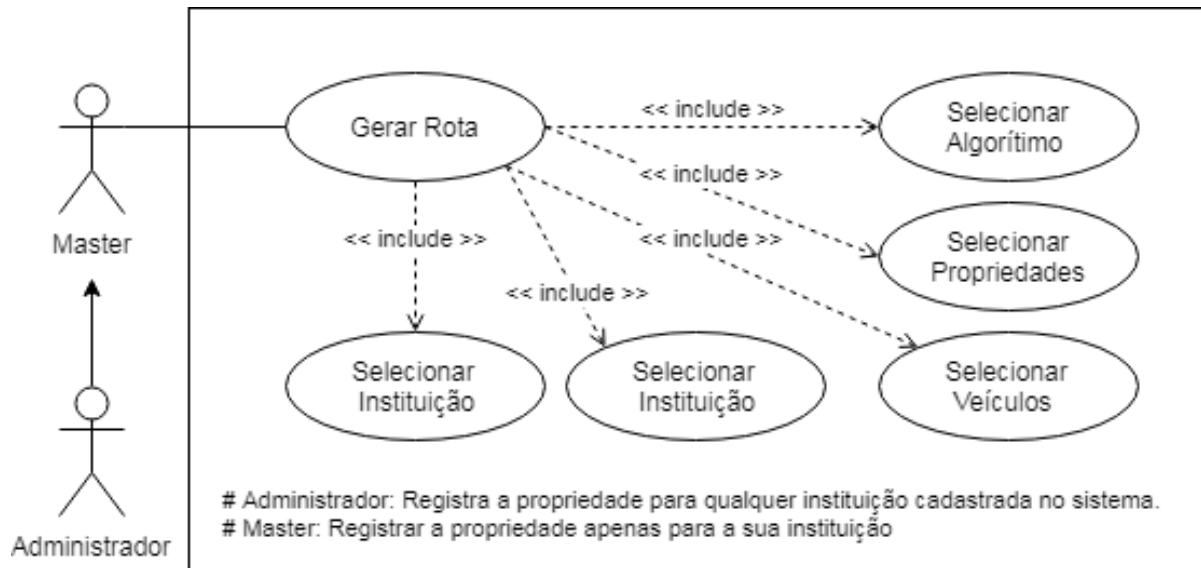


Figura 7 - Caso de uso (Rota).
Fonte: Autoria própria.

A Figura 7 ilustra o caso de uso para rotas. Para gerar uma rota é necessário selecionar um veículo e propriedades.

O diagrama de classes (Figura 8) utilizado para auxiliar a etapa de desenvolvimento do sistema é apresentado a seguir. O diagrama ilustra as classes, atributos e interação do sistema desenvolvido:

Usuário: Classe “*user*” é usada para o gerenciamento dos usuários, seus perfis e o seu acesso ao sistema.

Instituição: Classe “*institution*” é utilizada para o gerenciamento das instituições, posição geográfica da instituição, informações do custo do litro de leite pago ao produtor, custo médio por litro de combustível utilizado nos caminhões da instituição.

Veículo: Classe “*vehicle*” é aplicada para o gerenciamento dos veículos utilizados para o transporte da matéria prima, ela também é utilizada para gerenciar a capacidade de carga, a média do consumo em quilômetros por litro de combustível, com sua capacidade total de carga e vazio.

Pontos Críticos: Classe “*pointCritical*” é usada para controlar os pontos críticos encontrados durante o mapeamento das estradas.

Estrada: Classe “*road*” é usada para gerenciar as estradas do projeto, ela também é usada para controlar as características das estradas, como: distância, ponte, curva perigosa, pedágio e peso de importância.

Pavimento: Classe “*paving*” é usada para gerenciar e agrupar os

pavimentos utilizados no projeto.

Rotas: Classe “*routing*” é usada para gerenciar as rotas, sugerida.

Pontos da Rota: Classe “*roadPoint*” controla todos os vértices do trecho.

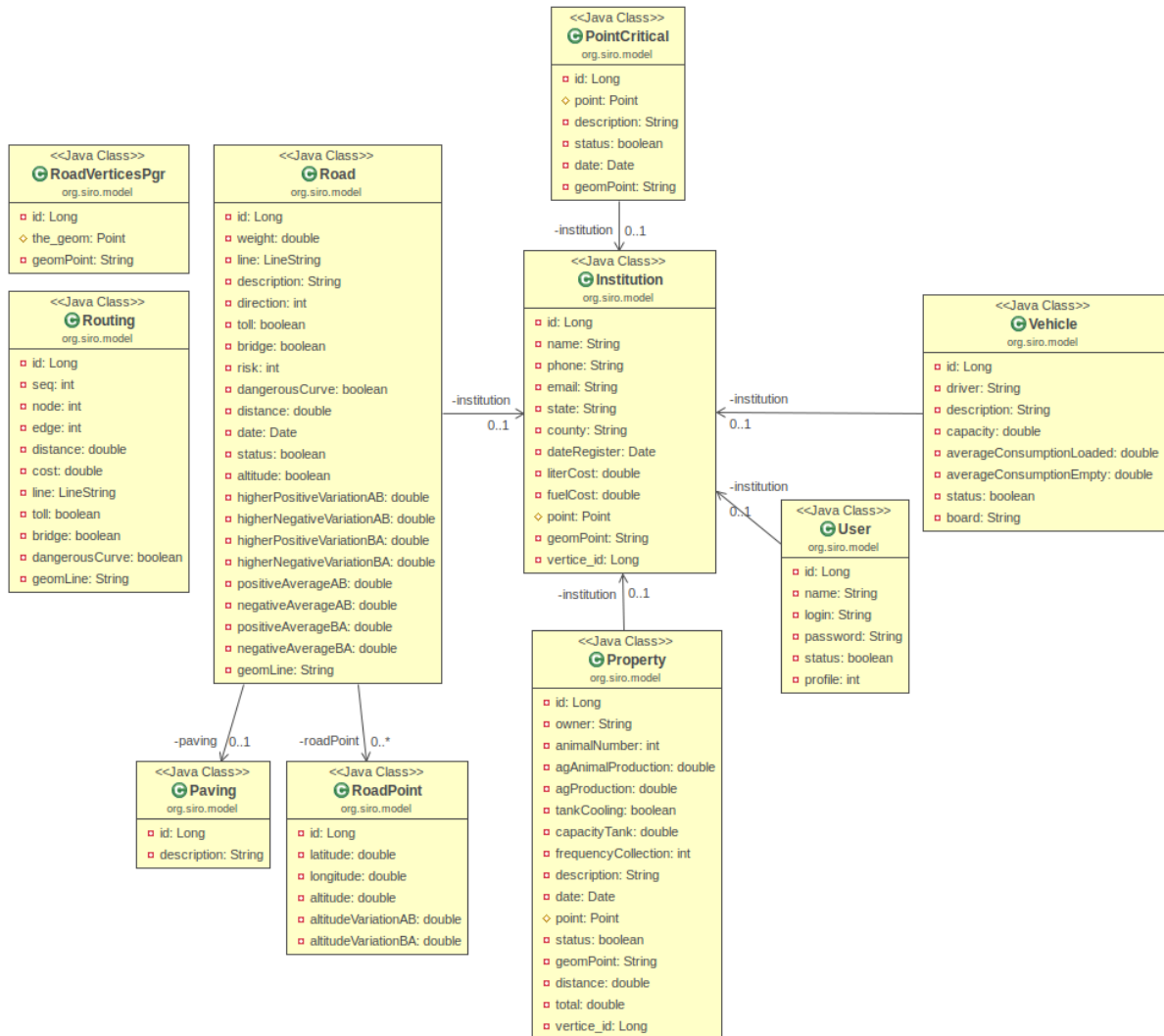


Figura 8 - Diagrama de classe.
 Fonte: Autoria própria.

3.6 FUNCIONALIDADES DO SOFTWARE

De acordo com a abordagem utilizada pelo sistema, o usuário deve ser capaz de incluir dados referentes a localidade de cada propriedade dispondo de ferramentas que permitem navegar sobre Imagens de satélite disponíveis na

plataforma Web. O cadastro da propriedade demanda informações como o nome do proprietário, quantidade de animais (cabeça de gado) produção em litros por animal, produção em litros da propriedade, se a propriedade possui tanque de resfriamento, qual a capacidade dos tanques, e qual a frequência de coleta.

O cadastro de estradas a serem percorridas durante a coleta do leite, pode ser realizada no sistema por meio da ferramenta de desenho e imagens de satélite. Esta funcionalidade permite ao usuário realizar a localização e delimitação do trecho no próprio mapa tornando a tarefa mais simples. O cadastro de estradas permite incluir informações como, o sentido da estrada (duplo, esquerda, direita), pavimentação (asfalto, paralelepípedo, pedra irregular, cascalho ou terra), nível da dificuldade (quanto maior a dificuldade menor será sua prioridade) e se o trecho possui pedágio, ponte(s) ou curva(s) acentuadas.

3.7 MÉTODOS PARA A DEFINIÇÃO DE ROTAS

Este estudo trata o problema de percurso de veículos em cada propriedade rural, como o objetivo é minimizar o percurso da frota passando por uma lista de propriedades selecionada, o uso de um modelo matemático para calcular o melhor caminho é indispensável. Neste sentido, para propor uma nova rota que possibilite a redução de custos foi implementado ao sistema a técnica de Caminhos Mínimos (Algoritmo de Dijkstra).

O Algoritmo de Dijkstra (Figura 9) desenvolvido em 1959 por Edsger Wybe Dijkstra encontra, a partir de um nó escolhido (Laticínio que realiza a captação do leite), o caminho mínimo deste nó para todos os demais nós da rede (Propriedades Rurais). Para a dinâmica de execução do algoritmo, ele mantém uma lista de conjunto de nós cujos pesos (de valores positivos) desde a origem já foram calculados. Quando o vértice é visitado, este passa a pertencer à lista de vértices de estado “fechados” indicando que já foi obtido um caminho de custo mínimo do vértice tomado como raiz da busca até ele, caso contrário possui o estado “aberto”. Após eliminar os seus laços e arestas múltiplas (deixando apenas a de peso mínimo), o algoritmo seleciona repetidamente o nó que possui a menor estimativa (peso) e calcula os pesos dos nós adjacentes. Quando todos os vértices tiverem

sido visitados e adicionados à lista de vértices fechados, os valores obtidos serão os custos dos caminhos mínimos que partem do vértice tomado como raiz da busca até os demais vértices do grafo. O caminho propriamente dito é obtido a partir dos vértices chamados acima de precedentes.

No sistema desenvolvido, o nível de dificuldade cadastrado para a estrada é um dos fatores que atribui peso aos nós, dessa forma a rota final não é baseada apenas na menor distância, mas sim no caminho mais adequado. O pseudocódigo do algoritmo é apresentado a seguir:

```

1  Seja G (V, E) um grafo orientado e R um vértice de G
2  Atribua valor zero à estimativa do custo mínimo do vértice R
3  Atribua valor infinito às demais estimativas
4  Atribua um valor positivo aos ancestrais
5  Enquanto houver vértice aberto
6  Seja K um vértice ainda aberto cuja estimativa seja menos dentre todos os vértices abertos
7  Feche o vértice K
8  Para todo vértice J ainda aberto que seja filho do K faça
9  Some a estimativa do vértice K com o custo do arco que une K a J
10 Caso esta soma seja melhor que a estimativa anterior para o vértice J
11 Substitua-a e anote K com o pai de J

```

Figura 9 - Pseudocódigo de Dijkstra.

Fonte: Autoria própria.

Para o módulo de roteirização foram implementados ao sistema métodos matemáticos que permitem calcular o consumo médio de combustível baseado na quantidade de carga do veículo (Equação 1), a quantidade de combustível consumido (Equação 2) e valor do gasto durante o trajeto (Equação 3). O sistema também apresenta o valor total pago a propriedade de acordo com o preço do leite informado no momento do cadastro da instituição.

$$R = \frac{\frac{Km}{L} Vaz - \sum \frac{Km}{L} Car}{Capacidade} \quad (1)$$

Em que,

R – Corresponde à média de combustível gasto, baseado na quantidade de carga;

$\frac{Km}{L} Vaz$ – Corresponde ao consumo de combustível em litros por quilometragem percorrida com o caminhão sem carga (conforme informação de cadastro do caminhão selecionado);

$\sum \frac{Km}{L} Car$ - Corresponde ao consumo de combustível (litros) por quilometragem percorrida com carga (conforme informação de cadastro do caminhão selecionado);
Capacidade - Corresponde a capacidade de carga do veículo.

$$LG = \frac{(QL * R - Km/L Vaz)}{Dist} \quad (2)$$

Em que,

LG – Corresponde a quantidade de combustível gasto;

R – Corresponde à média de combustível gasto baseado na quantidade de carga;

Km/L Vaz – Corresponde ao consumo de combustível em litros por quilometragem percorrida com o caminhão sem carga;

QL – Quantidade de leite recolhido;

Dist – Distância até a próxima propriedade.

$$C = LG * Valor \quad (3)$$

Em que,

C – Corresponde ao consumo de combustível em dinheiro;

LG – Corresponde a quantidade de combustível gasto;

Valor – Corresponde ao preço do combustível informado no cadastro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo a arquitetura organizacional do ambiente, após o cadastro de usuário e a realização do login no sistema, foi cadastrado por meio do menu **Instituição** o laticínio que faz a coleta do leite. Em seguida, vinculado a esta instituição, foi criada uma nova propriedade rural para cada ponto de coleta por meio da interface, a qual pode ser acessada pelo menu principal utilizando o botão **Propriedades** (Figura 10). Nesta etapa foi utilizada a opção **Nova Propriedade** e a ferramenta de mapa para encontrar e cadastrar a sua localização georreferenciada por meio de um clique sobre a mesma.

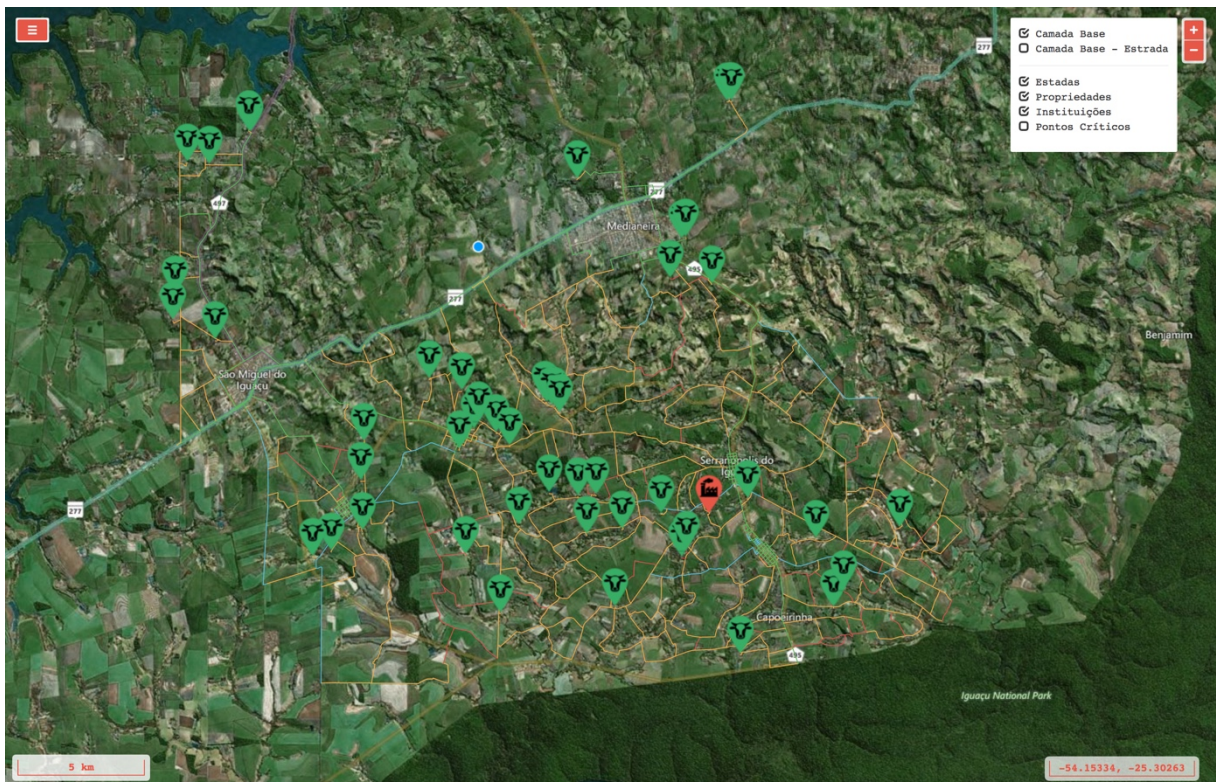


Figura 10 - Ferramenta mapa para localização de propriedades rurais.
Fonte: Autoria própria.

Após localizar cada propriedade no mapa e clicar sobre a mesma, o sistema dispara a abertura de uma tela que permite cadastrar suas informações. Para cada propriedade encontrada foi informado o nome do proprietário, quantidade de animais, produção em litros por animal, produção em litros da propriedade, se propriedade possui tanque de resfriamento, qual a capacidade do tanque e qual a

frequência de coleta (Figura 11). Na figura 12 é possível visualizar a localização georreferenciada de todas as propriedades cadastradas no sistema para o estudo.

Cadastrar Propriedade

Olá Administrador. Você pode selecionar uma Instituição para o novo Usuário que será registrado.

Instituição *
Laticínio Lactomil

Proprietário *

Quantidade de Animais * C Produção por Animal/Dia * L Produção da Propriedade/Dia * L

Tanque Refrigeração * Capacidade do Tanque * L Frequência de Coleta *

Sim Não

Descrição

Figura 11 - Módulo para cadastro de informações de propriedades rurais.
Fonte: Autoria própria.

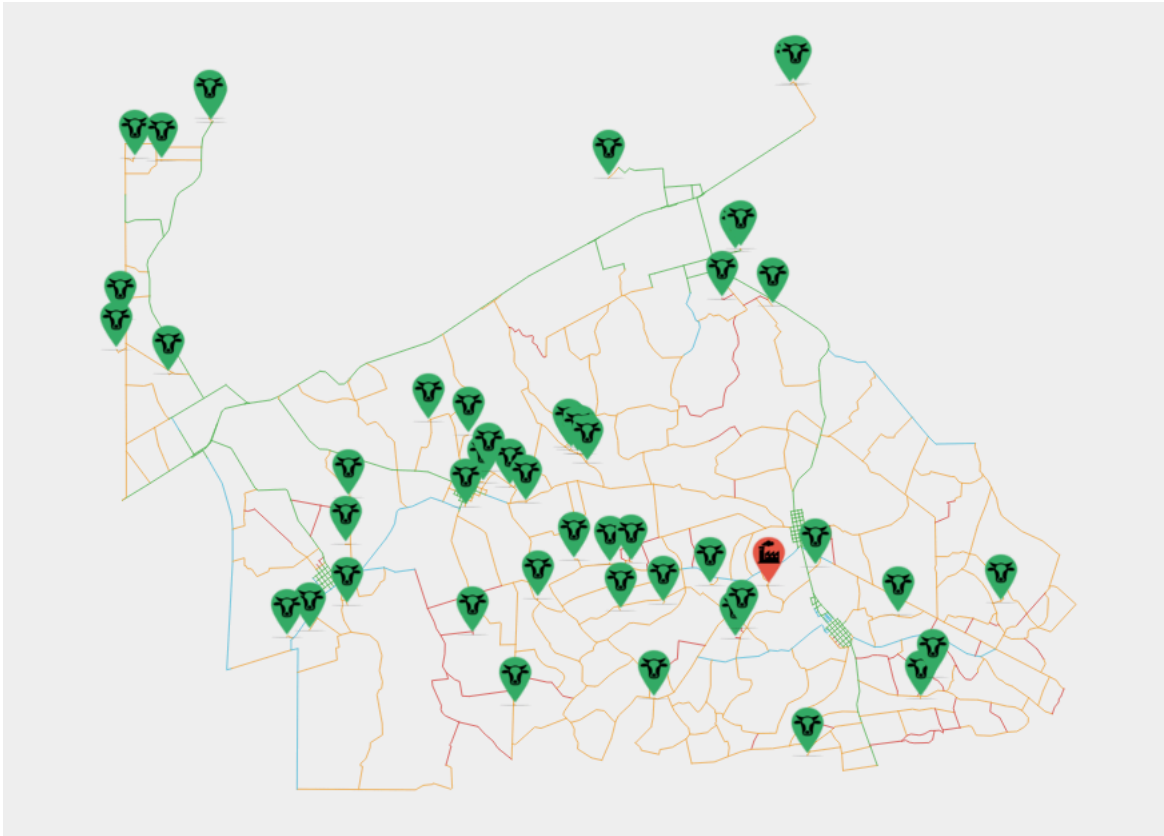


Figura 12 - Ferramenta mapa com a localização das propriedades rurais.
Fonte: Autoria própria.

Após o cadastro das propriedades rurais, foram iniciados os procedimentos de inserção de estradas utilizadas para a coleta do leite por meio do menu **Estradas**. O cadastro foi realizado utilizando a ferramenta de desenho no mapa para localizar o trecho não mapeado e a ferramenta de desenho para criar uma linha que representa o trecho da estrada. Após finalizar o cadastro da geometria foram adicionadas Informações referentes a estrada: sentido da estrada, pavimentação, nível de dificuldade e se possui pedágio, ponte (s) ou curva (s) acentuadas (Figura 13).

Figura 13 - Cadastro de informações das estradas.
Fonte: Autoria própria.

Verificou-se que nesta etapa o cadastro da geometria da estrada não foi eficiente, pois não foi levado em consideração alguns requisitos importantes como:

- a) Vértices não correlacionado;
- b) Vértices iniciais ou finais no meio de um trecho já mapeado;
- c) Trechos curtos: deixar pequenas distâncias entre vértices de ligamentos;
- d) Trechos longos: deixar pequenas distâncias entre vértices de ligamentos entre os trechos.

Para um trecho ser validado pelo sistema é importante seguir os requisitos básicos da roteirização. Conforme pode ser observado no exemplo da Figura 14, o vértice inicial ou final do trajeto 1 deve ser igual ao vértice inicial ou final do trajeto 2.

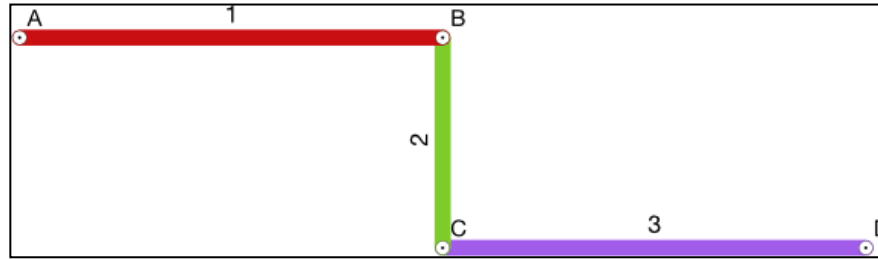


Figura 14 - Ligação entre vértices.
Fonte: Autoria própria.

A seguir são apresentadas duas situações em que o cadastro da geometria da estrada não apresentou bons resultados no sistema. Com relação aos vértices não correlacionados, conforme pode ser observado na Figura 15. A primeira situação (Problema A) apresenta o cenário em que um vértice está distante do vértice de ligamento (Vértices C e B). No segundo caso (Problema B), além do vértice C ultrapassar o Trecho1, observa-se que este não está conectado a um vértice de ligamento. Se um vértice não deve estar conectado a outro como por exemplo os vértices C e B (Trajeto A), deve-se fragmentar o trecho em dois, criando um vértice de ligamento.

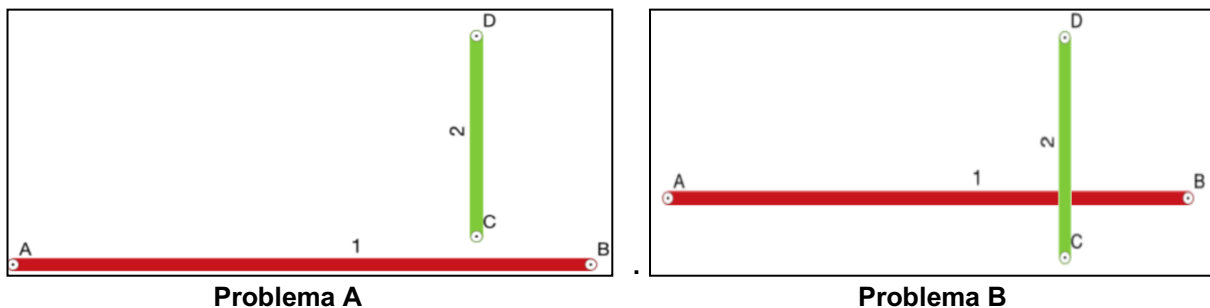


Figura 15 - Trechos com problemas.
Fonte: Autoria própria.

Para solucionar este problema, foi necessário editar todas as estradas cadastradas que apresentaram esta particularidade na geometria. O cenário apresentado na Figura 16 ilustra a solução utilizada. Conforme pode ser observado, dividiu-se o trecho 1 (Figura 15 Trajeto 1) foi particionado em dois trechos, sendo representados pelos números 3 e 4, em seguida foi adicionado o vértice de ligamento C, criando um vértice de tripla ligação (Figura 15 Trajeto 2). Por ser a melhor solução, recomenda-se utilizar este formato no cadastro de trechos que apresentem estas características.

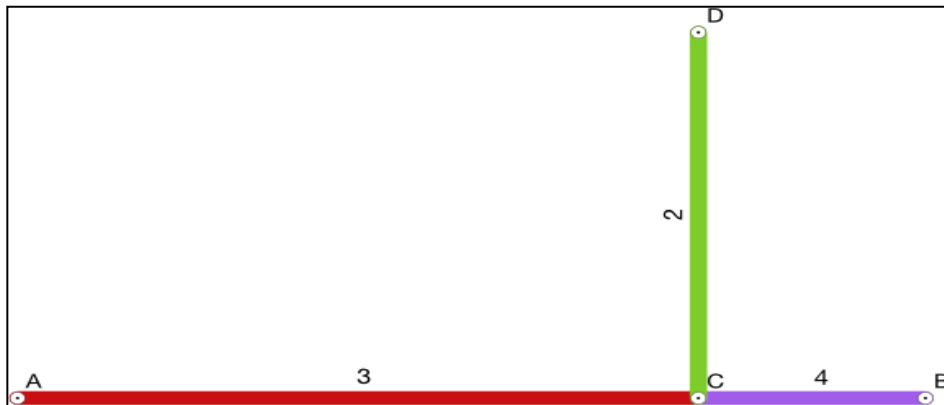


Figura 16 - Solução para o cadastro dos trechos.
Fonte: Autoria própria.

Com relação aos cruzamentos, estes devem estar ligados por um vértice em comum. A figura 17 apresenta a solução para cadastrar um viaduto (ou uma estrada que passa sobre outra). Conforme pode ser observado, neste caso não é necessário inserir um vértice de ligamento, mas sim dois trechos individuais para representar cada uma das estradas.

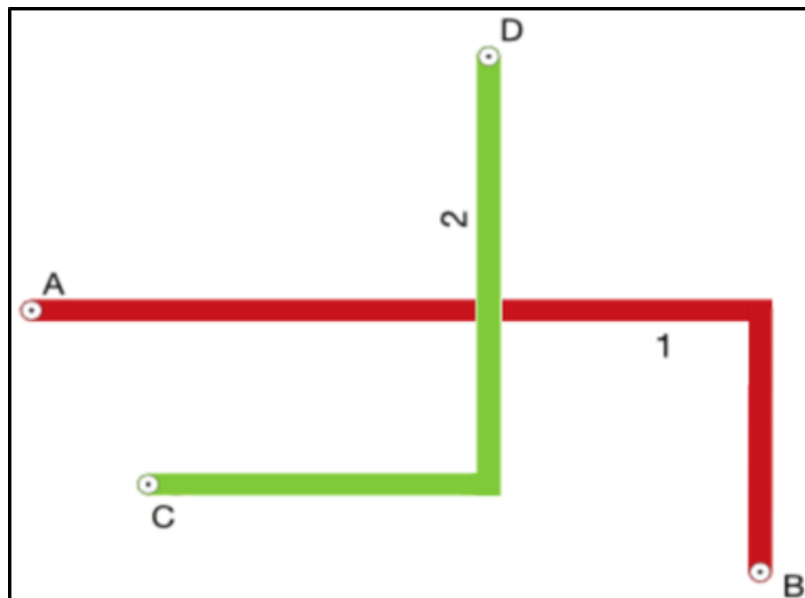


Figura 17 - Representação correta para o cadastro de viadutos.
Fonte: Autoria própria.

Na Figura 18 é possível visualizar todas as estradas mapeadas e os vértices de ligamento que sistema recebeu no momento do cadastro das estradas.

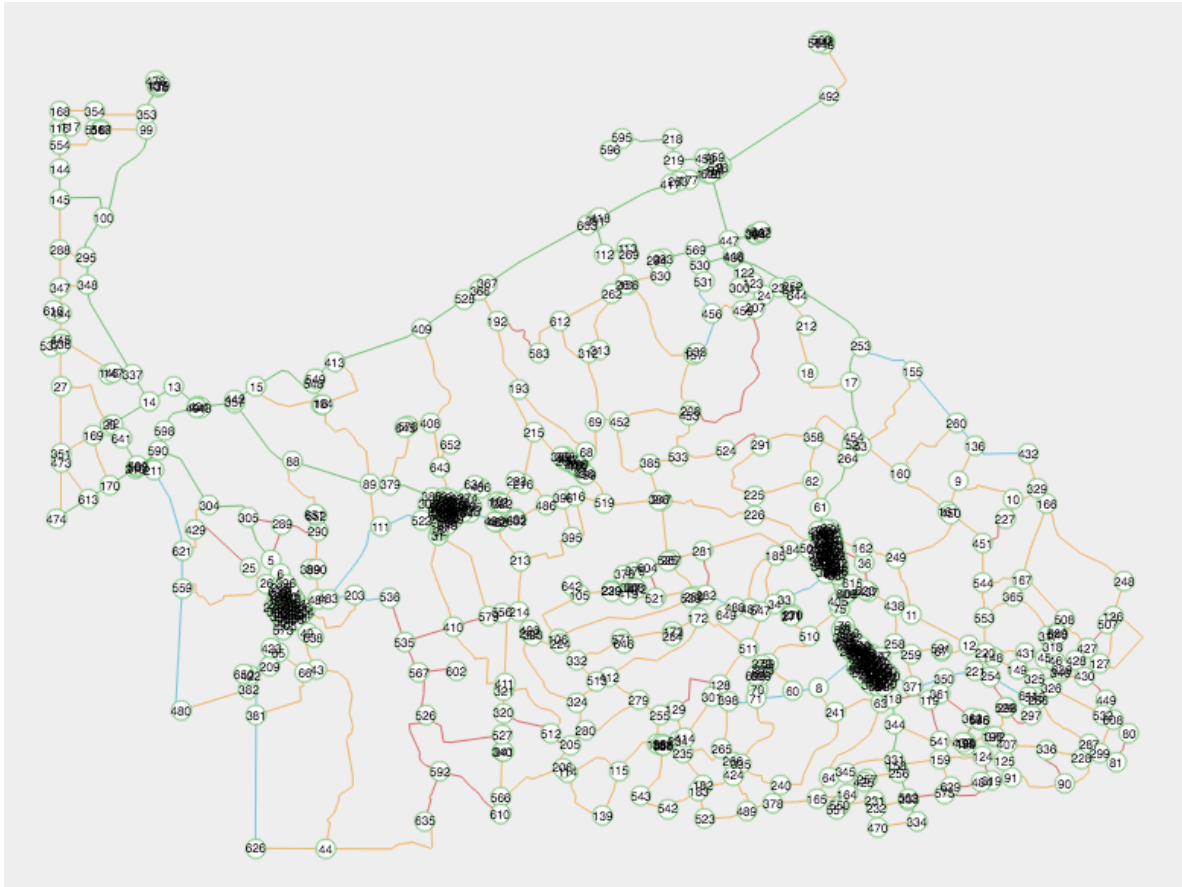


Figura 18 - Vértices de ligamento.
Fonte: Autoria própria.

O cadastro de veículos é um processo necessário para a etapa de roteirização, pois permite calcular os custos gerado pelo trajeto. Na tela de cadastro dos veículos utilizados para a coleta do leite (Figura 19), o usuário deve informar os seguintes dados: instituição, condutor, placa, capacidade de carga, consumo médio de combustível com o caminhão carregado, consumo médio de combustível com o caminhão vazio e uma descrição.

Veículo

Olá Administrador. Você pode selecionar uma Instituição para o novo Veículo que será registrado.

Instituição *

Condutor * Placa *

Capacidade * L Consumo médio - Carregado * m/L Consumo médio - Vazio * m/L

Descrição *

[← Voltar](#) [✓ Salvar](#)

Campos Obrigatórios (*)

Figura 19 - Módulo para cadastro de veículos.
Fonte: Autoria própria.

Após todos os dados serem cadastrados foi possível realizar a roteirização por meio do menu **Roteirizar**. Para essa etapa é necessário primeiramente selecionar na lista de veículos cadastrados qual será utilizado durante a coleta. Dessa forma, é possível gerenciar a quantidade de litros que poderão ser coletados durante a rota e calcular a despesa gerada pelo trajeto (Figura 20). Para estas estimativas, os métodos implementados ao sistema calculam o consumo médio de combustível baseado na quantidade da carga, a quantidade de combustível consumido, valor do gasto durante o trajeto e valor total pago a propriedade, de acordo com o preço do leite informado no momento de cadastro da instituição. Na tela de roteirização, além do veículo utilizado, o usuário tem a possibilidade de configurar as opções conforme sua necessidade, considerando parâmetros referentes ao tipo de algoritmo para a roteirização:

- a) Algoritmo Distância - Leva em consideração a distância entre os vértices;
- b) Algoritmo Peso - Leva em consideração o peso atribuído entre os vértices.

Roteirização

Veículo *
Selecione

Roteirizador *
Selecione

As informações do veículo selecionado são utilizadas como parâmetros para determinar o número de propriedades atendidas e a média de consumo do veículo.

Algoritmos disponíveis:

- 1) Primeiro algoritmo leva em consideração a distância entre os vértices e entre as propriedades;
- 2) Segundo algoritmo leva em consideração o peso atribuído a cada trajeto (Estradas asfaltadas tem prioridade).

Selecione as propriedades que será atendida. O sistema exibirá as propriedades por ordem de distancia, levando em consideração o algoritmo selecionado.

Figura 20 - Módulo Roteirização/ Selecionar veículo e algoritmo.
Fonte: Autoria própria.

Após selecionar o veículo e o parâmetro de roteirização o sistema dispara a tela que permite a seleção das propriedades que serão visitadas (Figura 21).

Roteirização

Veículo *
AAA-0001 - Pedro

Roteirizador *
Distância

As informações do veículo selecionado são utilizadas como parâmetros para determinar o número de propriedades atendidas e a média de consumo do veículo.

Algoritmos disponíveis:

- 1) Primeiro algoritmo leva em consideração a distância entre os vértices e entre as propriedades;
- 2) Segundo algoritmo leva em consideração o peso atribuído a cada trajeto (Estradas asfaltadas tem prioridade).

Selecione as propriedades que será atendida. O sistema exibirá as propriedades por ordem de distancia, levando em consideração o algoritmo selecionado.

[+ Selecionar propriedade](#)

| ID | Propriedade | Distância | Produção/Dia | Frequência de Coleta | Total | Opções |
|---|-------------|-----------|--------------|----------------------|-------|--------|
| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> Limpar Executar rota </div> | | | | | | |

Figura 21 - Módulo Roteirização /Selecionar propriedades rurais.
Fonte: Autoria própria.

Para selecionar as propriedades rurais, é necessário clicar sobre o botão **Selecionar Propriedade**, esta ação dispara a abertura de uma tela modal que busca no banco de dados todas as propriedades anteriormente cadastradas (Figura 22).

| Propriedade | | | | | |
|-------------|--------------|--------------|--------------------|------------|--------|
| ID | Proprietário | Produção/Dia | Ult. Col. 'x' Dias | Distância | Opções |
| 11 | | 130.0 L | 3 | 2577,4 m | ✓ |
| 27 | | 360.0 L | 3 | 2642,23 m | ✓ |
| 13 | | 36.0 L | 3 | 2905,818 m | ✓ |
| 12 | | 169.0 L | 3 | 3090,736 m | ✓ |
| 14 | | 156.0 L | 3 | 5030,149 m | ✓ |
| 16 | | 78.0 L | 3 | 5812,08 m | ✓ |
| 17 | | 32.0 L | 3 | 5955,106 m | ✓ |
| 26 | | 99.0 L | 3 | 6377,137 m | ✓ |
| 21 | | 54.0 L | 3 | 6434,07 m | ✓ |

✕ Fechar

Figura 22 - Módulo Roteirização / Lista de propriedades rurais.
Fonte: Autoria própria.

Deve-se selecionar uma propriedade por vez. Com base na capacidade do tanque do veículo selecionado, o sistema faz o controle a fim de não permitir que o usuário selecione uma propriedade que ultrapasse a capacidade de carga do caminhão. Caso seja necessário, é possível excluir uma propriedade da lista utilizando o ícone “lixeira” que é apresentado atrás de cada propriedade após ser adicionada na lista. Logo após selecionar todas as propriedades, a roteirização é ativada por meio do botão **Executar Rota** (Figura 23).

Roteirização

Veículo *
AAA-0000 - João

Roteirizador *
Distância

As informações do veículo selecionado são utilizadas como parâmetros para determinar o número de propriedades atendidas e a média de consumo do veículo.

Algoritmos disponíveis:

- 1) Primeiro algoritmo leva em consideração a distância entre os vértices e entre as propriedades;
- 2) Segundo algoritmo leva em consideração o peso atribuído a cada trajeto (Estradas asfaltadas tem prioridade).

Selecione as propriedades que será atendida. O sistema exibira as propriedades por ordem de distancia, levando em consideração o algoritmo selecionado.

| ID | Propriedade | Distância | Produção/Dia | Frequência de Coleta | Total | Opções |
|----|-------------|------------|--------------|----------------------|---------|--------|
| 11 | | 2577,4 m | 130.0 L | 3 | 390.0 L | |
| 14 | | 3190,637 m | 156.0 L | 5 | 780.0 L | |
| 15 | | 1819,479 m | 30.0 L | 3 | 90.0 L | |
| 19 | | 3353,527 m | 20.0 L | 3 | 60.0 L | |
| 18 | | 3616,857 m | 21.0 L | 3 | 63.0 L | |
| 17 | | 1342,2 m | 32.0 L | 3 | 96.0 L | |

Figura 23 - Módulo Roteirização/ Lista de propriedades rurais selecionadas para a visitação.
Fonte: Autoria própria.

Roteirização

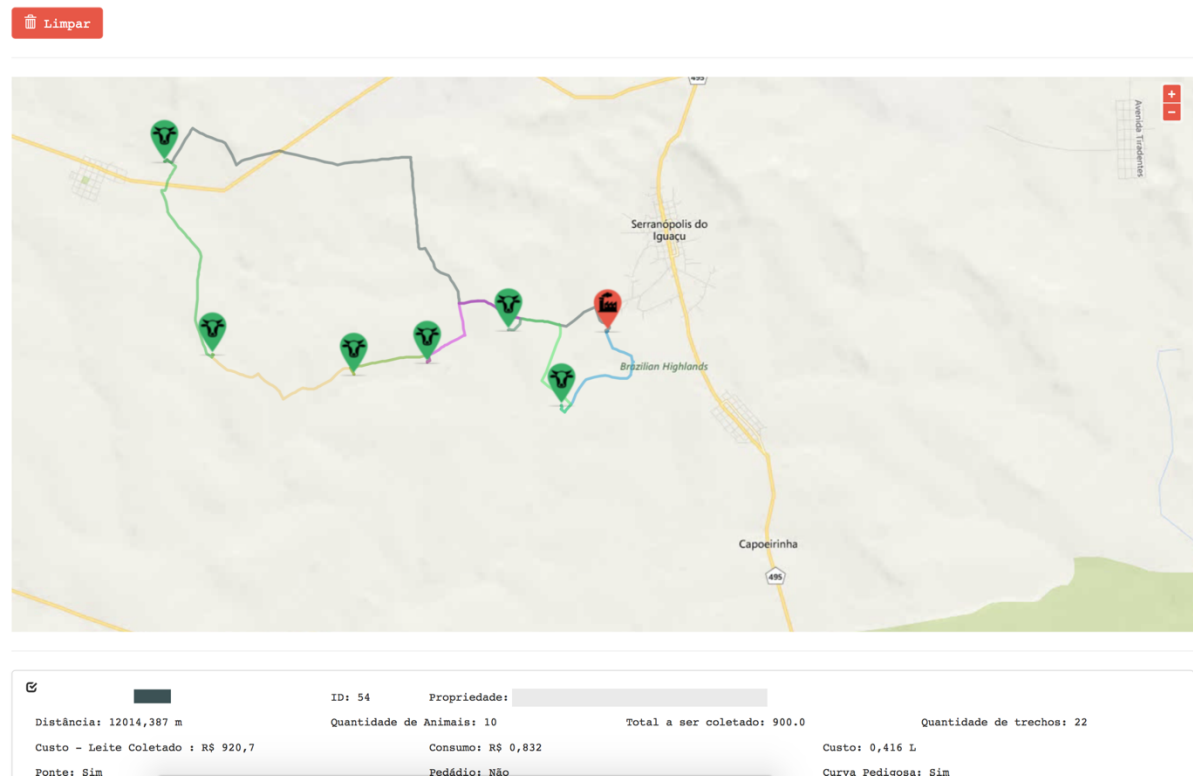


Figura 24 - 1/3 Módulo Roteirização/ Rota proposta.
Fonte: Autoria própria.


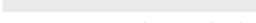

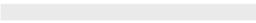



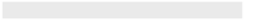

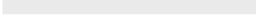

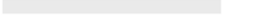
| | | | | | |
|--------------------------------------|---|---------------------------|---|---------------------------|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> |  | ID: 54 | Propriedade:  | | |
| Distância: 12014,387 m | | Quantidade de Animais: 10 | Total a ser coletado: 900.0 | Quantidade de trechos: 22 | |
| Custo - Leite Coletado : R\$ 920,7 | | Consumo: R\$ 0,832 | | Custo: 0,416 L | |
| Ponte: Sim | | Pedágio: Não | | Curva Pedigosa: Sim | |
| Descrição: | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> |  | ID: 19 | Propriedade:  | | |
| Distância: 4357,638 m | | Quantidade de Animais: 2 | Total a ser coletado: 60.0 | Quantidade de trechos: 8 | |
| Custo - Leite Coletado : R\$ 61,38 | | Consumo: R\$ 2,23 | | Custo: 1,115 L | |
| Ponte: Sim | | Pedágio: Não | | Curva Pedigosa: Não | |
| Descrição: | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> |  | ID: 15 | Propriedade:  | | |
| Distância: 3353,527 m | | Quantidade de Animais: 3 | Total a ser coletado: 90.0 | Quantidade de trechos: 6 | |
| Custo - Leite Coletado : R\$ 92,07 | | Consumo: R\$ 2,892 | | Custo: 1,446 L | |
| Ponte: Sim | | Pedágio: Não | | Curva Pedigosa: Não | |
| Descrição: | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> |  | ID: 14 | Propriedade:  | | |
| Distância: 1819,479 m | | Quantidade de Animais: 13 | Total a ser coletado: 468.0 | Quantidade de trechos: 3 | |
| Custo - Leite Coletado : R\$ 478,764 | | Consumo: R\$ 5,315 | | Custo: 2,657 L | |
| Ponte: Sim | | Pedágio: Não | | Curva Pedigosa: Sim | |
| Descrição: | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> |  | ID: 11 | Propriedade:  | | |
| Distância: 3190,637 m | | Quantidade de Animais: 10 | Total a ser coletado: 390.0 | Quantidade de trechos: 6 | |
| Custo - Leite Coletado : R\$ 398,97 | | Consumo: R\$ 2,985 | | Custo: 1,492 L | |
| Ponte: Sim | | Pedágio: Não | | Curva Pedigosa: Sim | |
| Descrição: | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> |  | ID: 13 | Propriedade:  | | |
| Distância: 3308,383 m | | Quantidade de Animais: 3 | Total a ser coletado: 108.0 | Quantidade de trechos: 7 | |
| Custo - Leite Coletado : R\$ 110,484 | | Consumo: R\$ 2,842 | | Custo: 1,421 L | |
| Ponte: Sim | | Pedágio: Não | | Curva Pedigosa: Sim | |
| Descrição: | | | | | |

Figura 25 - 2/3 Módulo Roteirização/ Rota proposta.
Fonte: Autoria própria.


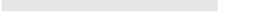

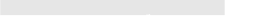
| | | | | | |
|---------------------------------------|---|--|---|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> |  | ID: 13 | Propriedade:  | | |
| Distância: 3308,383 m | | Quantidade de Animais: 3 | Total a ser coletado: 108.0 | Quantidade de trechos: 7 | |
| Custo - Leite Coletado : R\$ 110,484 | | Consumo: R\$ 2,842 | | Custo: 1,421 L | |
| Ponte: Sim | | Pedágio: Não | | Curva Pedigosa: Sim | |
| Descrição: | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> |  | ID: 0 | Propriedade:  | | |
| Distância: 2905,818 m | | Quantidade de Animais: 0 | Total a ser coletado: 0 | Quantidade de trechos: 5 | |
| Custo - Leite Coletado : R\$ 0 | | Consumo: R\$ 3,224 | | Custo: 1,612 L | |
| Ponte: Não | | Pedágio: Não | | Curva Pedigosa: Sim | |
| Descrição: | | | | | |
| Total | | | | | |
| Distância total Percorrida : 30949,87 | | Total de Leite Coletado : 2016.0 | | Total de Animais : 41.0 | |
| Consumo total no Transporte : 10,16 L | | Custo total do Transporte : R\$ 20,319 | | Custo total Leite Coletado : R\$ 2062,368 | |

Figura 26 - 3/3 Módulo Roteirização/ Rota proposta.
Fonte: Autoria própria.

O sistema permite visualizar na tela principal os dados geográficos cadastrados tais como as propriedades rurais, estradas e instituição (Figura 27). Sobre o mapa, na parte superior direita, encontra-se o menu que contém a

funcionalidade que permite alterar a camada base (mapa) exibida na tela principal. Após escolher a camada base o usuário pode e selecionar quais os dados cadastrados devem ser exibidos sobre ela: estradas, propriedades, instituições, pontos críticos e vértices.

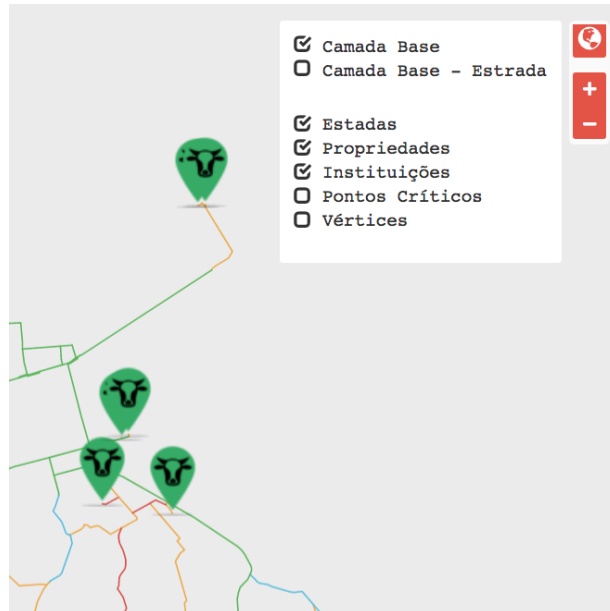


Figura 27 - Tela de seleção das camadas visíveis.
Fonte: Autoria própria.

Na imagem a seguir (Figura 28) é possível visualizar os dados (estradas, propriedades e instituições) que foram selecionados para serem exibidos sobre a camada base. Os ícones verdes representam a localização das propriedades produtoras de leite e o ícone vermelho representa a localização da indústria que faz o beneficiamento, sendo o principal ponto de início e fim de cada rota. No mapa também é possível aproximar ou afastar a imagem sobre um ponto desejado utilizando a ferramenta de zoom ou botão de rolagem do mouse.

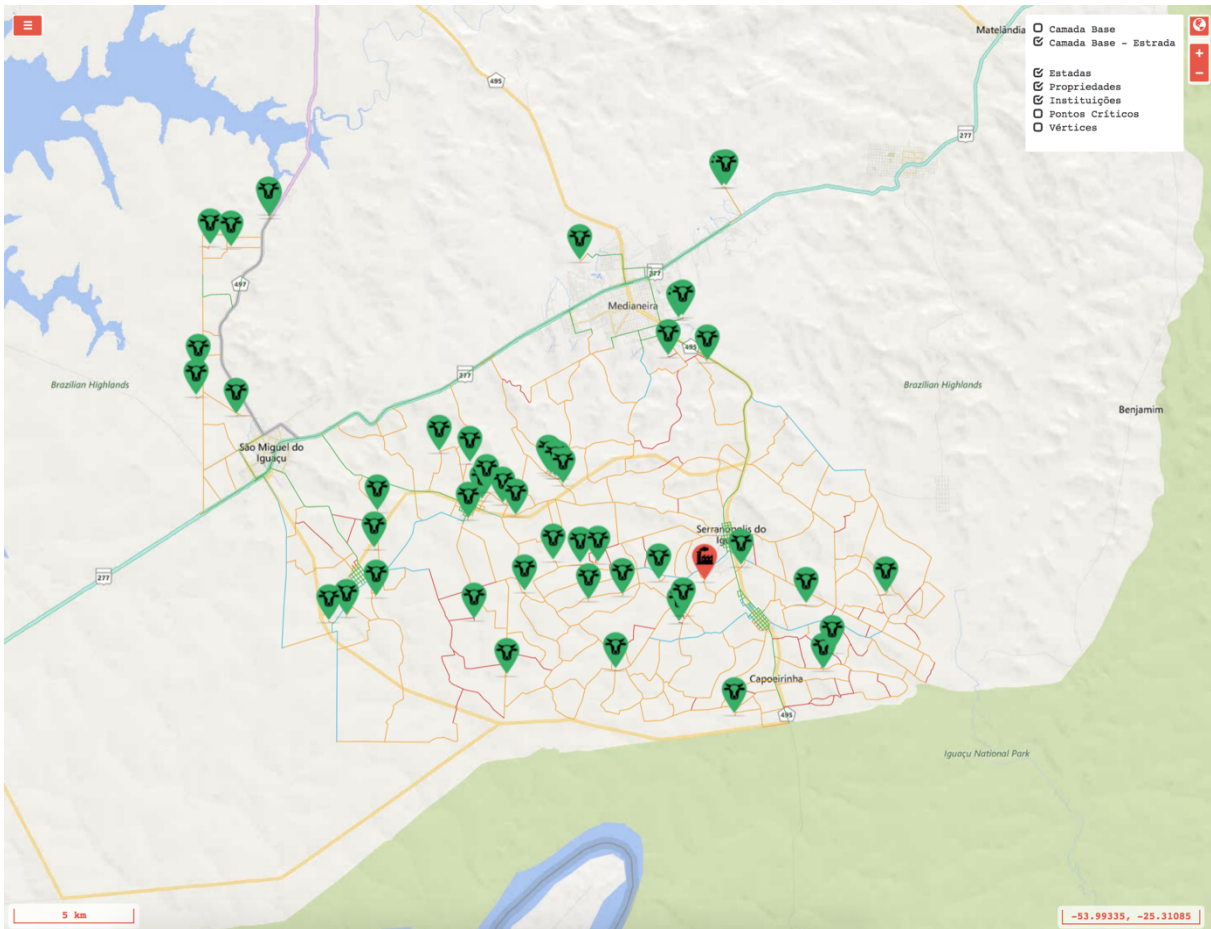


Figura 28 - Tela principal e camada base dados cadastrados selecionados.
Fonte: Autoria própria.

O sistema permite ao usuário visualizar informações do banco de dados por meio do módulo **Relatórios** disponível no menu principal. A primeira opção é utilizada para selecionar na lista de instituições cadastradas qual se deseja visualizar os relatórios. Após clicar sobre o botão **Filtrar** são apresentadas as informações referentes as estradas: Quantidade de trechos; Quantidade total em quilômetros; Quantidade de trechos por malha viária (Terra, Pedra Irregular, Cascalho e Asfalto); Quantidade total de cada malha viária em quilômetros (Terra, Pedra Irregular, Cascalho e Asfalto). Ao lado é possível visualizar o relatório referente a produção que contém as seguintes informações: Quantidade de propriedades; Quantidade total de animais; Produção total por dia; Média de animais; Média de produção; Maior produtor e Menor produtor.

Logo abaixo são exibidas todas as propriedades cadastradas e as distâncias entre cada propriedade e a indústria (Linha), a menor distância entre cada propriedade e a indústria e a mais vantajosa distância entre cada propriedade

e a indústria (Figura 29).

Relatório Completo

| Relatório Completo | | Relatório Completo | |
|--|---------------|-----------------------------|-------------|
| Quantidade de trechos | 943 U | Quantidade de propriedades | 49 |
| Quantidade total em quilômetros | 617606,747 Km | Quantidade total de animais | 394 C |
| Quantidade de trechos por malha viária | | Produção total por dia | 6207.0 L |
| Terra | 74 U | Media de animais | 8,041 C/P |
| Asfalto | 367 U | Media de produção | 126,673 L/P |
| Cascalho | 427 U | Maior produtor | - 693.0 L/D |
| Pedra Irregular | 75 U | Menor produtor | - 15.0 L/D |
| Quantidade total de cada malha viária em quilômetros | | | |
| Terra | 65953,708 Km | | |
| Asfalto | 121925,555 Km | | |
| Cascalho | 380642,059 Km | | |
| Pedra Irregular | 49085,424 Km | | |

| Propriedade | Dist. - Prop. / Ind. (Linha) | Dist. - Prop. / Ind. (Menor) | Dist. - Prop. / Ind. (Melhor) |
|-------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| | 1639,29 m | 2905,818 m | 2905,818 m |
| | 1647,399 m | 2642,23 m | 2642,23 m |
| | 1875,043 m | 2577,4 m | 2577,4 m |
| | 2006,005 m | 3090,736 m | 3090,736 m |
| | 3460,225 m | 5030,149 m | 6033,27 m |

Figura 29 - Relatórios de distâncias entre as propriedades rurais e instituição.

Fonte: Autoria própria.

5 CONCLUSÃO

Esta dissertação de mestrado, apresentou um estudo sobre a logística empresarial com ênfase no ciclo do transporte. Pensando no cenário do agronegócio do leite foi desenvolvida uma ferramenta Web para laticínios de pequeno/médio porte. A aplicação Web foi desenvolvida para auxiliar no controle de rotas, na otimização do tempo de coleta e total aproveitamento da capacidade de carga dos veículos para uma redução dos custos de transporte, assim como possibilitar o conhecimento do cenário de atuação e o mapeamento das propriedades e estradas.

No laticínio em que a ferramenta foi testada não era realizado nenhum levantamento das informações e as rotas eram escolhidas pelo motorista por meio do seu conhecimento. A implementação do sistema permitiu identificar quais eram os trechos problemáticos, a melhor ou menor rota a ser seguida.

De acordo com a experiência relatada pelo usuário (ver Anexo 1), o sistema apresentou as seguintes características e sua utilização trouxe as seguintes vantagens para o laticínio:

- a) As informações adicionais do módulo de relatório forneceram informações de alta importância para a indústria;
- b) O sistema proporcionou o mapeamento das propriedades e o conhecimento das estradas a serem percorridas;
- c) Com as imagens geográficas e suas informações, foi possível identificar zonas próximas a indústria que não estavam sendo atendidas e zonas distantes com baixa produção;
- d) As rotas sugeridas e executadas se mostraram viáveis, trazendo uma melhora no tempo de atendimento das propriedades, e uma redução de 7,5% no custo de transporte;
- e) As informações das propriedades rurais, os trechos cadastrados e as rotas sugeridas pelo sistema foram aceitos e validados por retratarem a realidade do dia a dia da empresa;
- f) O sistema apresentou uma interface de fácil utilização;
- g) Os responsáveis da empresa se demonstraram satisfeitos com os resultados obtidos e pretende continuar a utilização o sistema.

Com relação ao sistema desenvolvido:

- a) Por se tratar de uma aplicação Web, ela está disponível a qualquer dispositivo com acesso a internet;
- b) Para o desenvolvimento e levantamento não foi utilizado nenhuma ferramenta proprietária, todas as ferramentas, frameworks e linguagens são livres.

Além dos resultados relatados anteriormente, a ferramenta trouxe benefícios além dos esperados. A técnica de georreferenciamento aplicada para inserir as propriedades rurais, estradas e indústria de beneficiamento no software, tornou possível a observação dos dados de forma mais visual e compreensível para o usuário. A partir dessa nova percepção das informações, o usuário relatou que foi possível identificar de forma adequada certas áreas que precisam ser reavaliadas, como por exemplo, algumas propriedades de baixa produção e de longa distância para coleta e a existência de algumas áreas muito próximas à indústria que não estão sendo cobertas.

O constante contato com uma agroindústria ativa no mercado, trouxe uma visão mais precisa das dificuldades diárias e quais características o sistema deveria possuir para amenizá-las. Esta cooperação trouxe muitas vantagens durante o estudo e adaptação do projeto, como por exemplo em um feedback em que a empresa relatou a necessidade de algumas informações ao clicar sobre a propriedade rural no mapa. A partir dessa necessidade relatada, foram disponibilizados novas informações como a distância, proprietário e produção, fornecendo assim um conjunto de informações importantes para a tomada de decisão.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se indicar o estudo e implementação de novos métodos estatísticos para a roteirização tal como o algoritmo de roteirização linear. Como expansão do projeto, pode-se analisar a possibilidade de desenvolver e incorporar protótipos (arduino) que possam ser instalados no veículo para fornecer dados como a sua localização, velocidade, quantidade de capacidade de armazenamento disponível, histórico de coleta. Em paralelo poderia ser desenvolvido um módulo para smartphones vinculado ao sistema, o novo aplicativo poderia transferir e receber dados do sistema atualizados

para otimizar o processo de controle.

REFERÊNCIAS

- p, L.; LENGYEL, L.; CHARAF, H. An Overview of the State-of-The-Art Reverse Engineering Techniques. 7th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence, Budapest, 2006.
- BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BALLOU, R. H. (2006). Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial. Porto Alegre: Bookman.
- BAZOTTI, A.; NAZARENO, L. R.; SUGAMOSTO, M. Caracterização socioeconômica e Técnica da Atividade Leiteira do Paraná. Revista Paranaense de Desenvolvimento, Curitiba, n.123, p.213-234, 2012.
- BRASILEIRO, Luzenira Alves e LACERDA, Márcio Gonçalves. Análise do uso de SIG no roteamento dos veículos de coleta de resíduos sólidos domiciliares. Eng. Sanit. Ambient. [online]. 2008, vol.13, n.4, pp.356-360. ISSN 1413-4152.
- Branski, R.M; Laurindo, F. J. B. Tecnologia da informação e integração das redes logísticas. Gest. Prod., São Carlos, v.20 n.2 p. 255-270, 2013.
- BEZERRA, Eduardo. Princípios de análise e projeto de sistemas com UML. ed.2, Rio de Janeiro: Campus, 2007.
- BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. UML. Guia do usuário. ed. 8, Rio de Janeiro: Campus, 2000.
- BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. UML. Guia do usuário. ed. 8, 6 reimpressão, Rio de Janeiro: Campus, 2006.
- BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.; COOPER, M. Bixby. Gestão da cadeia de suprimentos e logística. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007 p. 31.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo: Atlas, 2001. p 19.
- BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo: Atlas, 2001. Meredith, J.R.. The Management of Operations: A Conceptual Emphasis. John Wiley & Sons, Inc., New York, 4ª ed. 1992.
- BOWERSOX, D.J; DONALD J.; CLOSS, David J.; COOPER, Gestão logística da cadeia de suprimentos 4 ed. Revisão técnica: Alexandre Pignanelli. Tradução: Luiz Claudio de Queiroz Faria. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.; COOPER, M. B. Gestão da cadeia de suprimentos e logística. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

Buller, Luz Selene Logística empresarial / Luz Selene Buller. - Curitiba, PR : IESDE Brasil, 2012.

BURROUGH, P. A. Principles of geographical information systems for land resources assessment. Oxford University Press, p. 531, New York, 1986.

Câmara, G. Anatomia de sistemas de informações geográficas: visão atual e perspectivas de evolução. In: ASSAD, E., SANO, E., ed. Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 1993.

CAMPOS, L. F. R. Supply Chain: uma visão gerencial, LUIZ FERNANDO RODRIGUES CAMPOS Editora Ibpex, Curitiba 2009 p.15 -18 SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A. ; JOHNSTON, R. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 1997,

Carvalho, E. M D.; Pinto, S. D. A. F.; Facincani E.M. F. Aplicações do Geoprocessamento para Atualização de Dados Geológicos OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia, v.6, n.17, p. 74-90, out. 2014. (Elisângela Martins de Carvalho; Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto; Edna Maria Facincani)

CHRISTOPHER, Martin Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. 4.ed. São Paulo: CENGAGE Learning, 2012.

Come, A. Projeto em sistemas de informação geográfica Cap.2 p.16-17, Ed. Lidel - Edições Técnicas, Lda. Lisboa, março, 2012.

COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT. CSCMP Supply Chain Management Definitions, 2012. Disponível em: <<https://cscmp.org/>>. Acesso 01/12/16.

DANIEL BARZAN DE MATTOS AMARAL; ANDERSON WILLIAN DE SOUZA; RICARDO KENJI OI; JOÃO BATISTA CARNEIRO; RENATO MÁRCIOS DOS SANTOS. Estudo de Roteirização de Veículos com Aplicação da Técnica de Varredura para Cargas Fracionadas Estudo de Roteirização de Veículos com Aplicação da Técnica de Varredura para Cargas Fracionadas. SEGeT, 2014 XI Simpósio de excelência e gestão de tecnologia. Gestão do conhecimento para a sociedade Resende RJ 2014.

DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SOFTWARE DE GESTÃO DA LOGÍSTICA DA CAPTAÇÃO DE LEITE Homero Fernandes Oliveira 1 Ricardo Silveira Martins 2 Luiz Carlos Takao Yamaguchi 3 Paulo do Carmo Martins 4 Weimar Freire da Rocha Júnior 5 Débora Silva Lob Revista Brasileira de Agroinformática, v. 6, n. 2, p. 118-132, 2004.

Enio Fernandes Rodrigues, Nemesio Rodrigues Capocci, Bárbara Soares nascimento, Filipe Brito Lopes, Marcos Antonio Maia de Oliveira. OTIMIZAÇÃO LINEAR COMO APOIO À LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO. SADSJ – South American Development Society Journal, Vol.2. p.51, Nº. 5, 2016.

FERREIRA, Karine Araújo; ALVES, Maria Rita Pontes Assumpção. Logística e troca eletrônica de informação em empresas automobilísticas e alimentícias. *Prod*, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 434-447, Dec. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132005000300012&lng=en&nrm=iso>.

FLEURY, P. F, WANKE, P, FIGUEIREDO, K. Logística Empresarial – a Perspectiva Brasileira. São Paulo: Atlas, 2000.

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

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

Garcia, E.; Reis, L.D.; Machado, L; Filho, V. J.F. Gestão de Estoques: Otimizando a logística e a cadeia de suprimentos. ed. e-papers 1º edição. p.11 cap.1 Rio de Janeiro 2006.

GARCIA, Eduardo Saggioro; REIS, Leticia Mattos Tavares Valete dos; MACHADO, Leonardo Rodrigues; FILHO, Virgílio José Martins Ferreira. Gestão de estoques: Otimizando a logística e a cadeia de suprimentos. 1. ed. Rio de Janeiro: E-Papers Serviços Editoriais, 2006.

Gilmara Melo de Souza Martinho, Maria Elisângela da Costa de Jesus, Lúcio de Souza Campos Neto. LOGÍSTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: estudo de caso em uma construtora na região metropolitana de Belo Horizonte, MG. *Revista Petra*, v. 1, n. 1, p. 64-75, jan./jul. 2015.

GONÇALVES, Wilson José (organizador). Termos Técnicos Fundamentais – teoria e prática. Campo Grande-MS: UFMS, 2014. 124 p.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Leituras Regionais, Curitiba, 2004.

ISSA, L.; PÁDUA, C. I. P. S.; Resende, R. F.; Viveiros, S.; de Alcântara dos Santos Neto, P. Desenvolvimento de interface com usuário dirigida por modelos com geração automática de código. In X conferencia Iberoamericana de Software Engineering. CibSE, p. 341-354, Venezuela 2007.

JANK, M. S & Galan, V. B. Competitividade do sistema agroindustrial do leite. Brasília: IPEA, 1998.

KOUVELIS, P.; CHAMBERS, C. & WANG, H. (2006). Supply Chain Management Research and Production and Operations Management: review, trends and opportunities. *Production and Operations Management*, volume. (15), n. 3, p.449 - 469.

MARTINS, P. G.; ALT, P. R. C. Administração de materiais e recursos patrimoniais. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

MARTINS, R. S., SANTOS, C. V., TEIXEIRA, S. R. Alterações da rede logística e expansão do mercado de leite longa vida no Brasil. Organizações rurais e agroindustriais, Lavras, v. 1, n. 2, p. 55-69, 1999.

MATTIODA, F. et al. Qualidade do leite de pequenas propriedades rurais de Fernandes Pinheiro e Teixeira Soares – PR. Revista ADMpg Gestão Estratégica, Paraná, v. 4, n. 1, 2011.

Medeiros, A. M. L. D. Setembro/2012 E-book: Artigos sobre Conceitos em Geoprocessamento. Anderson Maciel Lima de Medeiros. <http://andersonmedeiros.com/2012> (Anderson Maciel Lima de Medeiros).

Meixell, M. J.; Norbis, M. A review of transportation mode choice and carrier selection literature. International Journal of Logistics Management, 19(2), 183-211. 2008.

Mendonça, A. Confusões comuns no mundo das geotecnologias Revista FOSSGIS Brasil | Março 2011 | www.fossgisbrasil.com.br Ano 1 ed.1 p. 27-32 (André Mendonça,).

Mota, S. Preservação e conservação de recursos hídricos. 2.ed. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

NADALIN, S. O. Paraná: ocupação do território, população e migrações. Curitiba: SEED, 2001.

NOVAES, Antonio G. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição. Ed. 4, Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO –FAO. Food and Agricultural commodities production, 2015. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/rankings/>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

PENDER, Tom. UML a Bíblia. Rio de Janeiro - RJ: Campus Books, 2004.

PEREIRA, Alessandra Andrade; OLIVEIRA, Murilo Alvarenga; LEAL JUNIOR, Ilton Curty. Custo de transporte e alocação da demanda: análise da rede logística de uma produtora brasileira de fertilizantes nitrogenados. J. Transp. Lit., Manaus, v. 10, n. 4, p. 5-9, Dec. 2016.

Pesquisa Pecuária Municipal, 2013. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 24 de nov. 2016.

Pesquisa Pecuária Municipal, 2015. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 24 de nov. 2016.

PIRES, S. O modelo de consórcio Modular. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1999.

POZO, H. Administração de recursos materiais e patrimoniais: uma abordagem logística. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

PRESSMAN, R. S.; MAXIM, R. B. Engenharia de Software uma abordagem profissional. ed. 8, Nova Iorque: McGraw-Hill, 2016.

REZENDE, D. A. Engenharia de software e sistemas de informação. Ed.3, BRASPORT LIVROS E Multimídia Ltda., Curitiba, 2005.

ROCHA, C.H.B. Geoprocessamento: Tecnologia transdisciplinar. 1ª edição. Juiz de Fora: Ed. do autor, 2000. p.10.

RODRIGUES, Paulo Roberto Ambrosio. Gestão estratégica da armazenagem. São Paulo: Aduaneiras, 2011.

SCIELO Books / SciELO Livros / SciELO LibrosPRIORI, Angelo Priori; Luciana Regina Pomari; Silvia Maria Amâncio; Veronica Karina Ipólito A., et al. História do Paraná: séculos XIX e XX [online]. Maringá: Eduem, 2012. A história do Oeste Paranaense. pp. 75-89. ISBN 978-85-7628-587-8. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.

SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento DERAL - Departamento de Economia Rural Análise da Conjuntura Agropecuária, 2014 <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/bovinocultura_leite_14_15.pdf >. Acesso em 24 de nov. 2016.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO – Paraná. Valor Bruto da Produção Rural Paranaense 2015 Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/VBP_2015_AnalisecompletaVD.pdf.

SILVA, Carlos Alberto Vicente; MUSETTI, Marcel Andreotti. Logísticas militar e empresarial: uma abordagem reflexiva. Revista de Administração da USP, V. 38, n. 04, São Paulo, Outubro / Novembro / Dezembro, 2003.

Silva, J.X.D. O que é Geoprocessamento? Conceito não pode ser confundido com todo o conjunto das geotecnologias, como o Sensoriamento Remoto, a Cartografia e os Sistemas de Posicionamento Global (GPS). Revista do Crea -RJ. Nº79 p. 42 Out./Nov. Rio de Janeiro- 2009 (Geógrafo Jorge Xavier da Silva).

Silva, A. D. B. Sistemas de Informações Georreferenciadas Conceitos e Fundamentos. Ed. UNICAMP cap.1 p.30 Campinas São Paulo. 2003 (Ardemirio de Barros Silva).

SIMCHI-LEVI, David; KAMINSKY, Philip; SIMCHI-LEVI, Edith. Cadeia de suprimentos projeto e gestão: conceitos, estratégias e estudos de caso. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

SOUZA, V. et al. Características microbiológicas de amostras de leite de tanque comunitário. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 61, n. 3, p. 758-761, 2009.

SOMMERVILLE, I. Engenharia de Software. ed. 8, São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2007.

Steiniger s.; Weibe R. GIS Software - A description in 1000 words Stefan Steiniger s. and Robert Weibel University of Calgary (CA), University of Zurich (CH) Version – 1.2 – 08.May.2009. Accepted as entry “GIS software” for the Encyclopediadia of Geography, B. Warf (ed), Sage Pub.

VALENTE, A. M.; PASSAGLIA, E.; NOVAES, A. G. Gerenciamento de Transporte e Frota. São Paulo, Editora Pioneira, 2003.

VIEIRA, H. F. Gestão de estoques e operações industriais / Hélio Flávio Vieira. – Curitiba - PR: IESDE, 2009.

WAZLAWICK, Raul Sidnei. Análise e Projeto de Sistemas de Informação Orientados a Objetos. 5 ed. Rio de Janeiro: RJ: Elsevier, 2004.

CÂMARA, G. Sistemas de Informação Geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002.

3. ed. Bezerra, Eduardo, Princípios de análise e projeto de sistemas com UML / Eduardo Bezerra. - [3. ed.] - Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 416 p.: il.; 24 cm. ISBN 978-85-352-2626-3 1. Métodos orientados a objetos (Computação). 2. UML 2015 2015(C20omputação). 3. Análise de sistemas. 4. Projeto de sistemas. 2015.

Santos FAB, Muller C. Sistema de informações geográficas no apoio ao gerenciamento de obstáculos à superfície de segmento visual. Boletim de Ciências Geodésicas. 2014 jul-set;20(3):504-525

ALMEIDA, M. B. Uma introdução ao XML, sua utilização na Internet e alguns conceitos complementares. Ci. Inf., v. 31, n. 2, p. 5-13, Brasília, 2002.

HIBERNATE. Hibernate Tools. 2016. Disponível em: <<http://hibernate.org/>> acesso em jan. 2018.