

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE
SISTEMAS

KELYN SCHENATTO

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO A AGRICULTURA VISANDO O
MAPEAMENTO DE DOENÇAS EM FOLHAS DE LARANJEIRAS POR MEIO DE
TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS**

TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO

MEDIANEIRA

2011

KELYN SCHENATTO

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO A AGRICULTURA VISANDO O
MAPEAMENTO DE DOENÇAS EM FOLHAS DE LARANJEIRAS POR MEIO DE
TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS**

Trabalho de Diplomação apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas – CSTADS – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Me. Claudio Leones Bazzi.

Co-orientador: Prof. Me. Pedro Luiz de Paula Filho.

MEDIANEIRA

2011



TERMO DE APROVAÇÃO

GEOPROCESSAMENTO APLICADO A AGRICULTURA VISANDO O MAPEAMENTO DE DOENÇAS EM FOLHAS DE LARANJEIRAS POR MEIO DE TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS.

Por

KELYN SCHENATTO

Este Trabalho de Diplomação (TD) foi apresentado às 13:00 h do dia 21 de novembro de 2011 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Claudio Leones Bazzi
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Orientador)

Prof. Pedro Luiz de Paula Filho
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Convidado)

Prof. Neylor Michel
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Convidado)

Prof. Juliano Rodrigo Lamb
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Responsável pelas atividades de TCC)

Dedico este trabalho aos meus pais, que em nenhum momento mediram esforços para realização dos meus sonhos, por terem sido a peça fundamental para que eu tenha me tornado a pessoa que hoje sou.

A minha família pelo carinho e apoio dispensados em todos os momentos que precisei.

AMO VOCÊS!

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado forças e iluminando meu caminho para que pudesse concluir mais uma etapa da minha vida;

Aos amigos que fiz durante o curso, pela amizade que construímos, por todos os momentos que passamos durante esses quatro anos meu especial agradecimento. Sem vocês essa trajetória não seria tão prazerosa;

Ao meu orientador, professor Claudio, pelo ensinamento e dedicação dispensados no auxílio à concretização deste trabalho;

Ao professor Pedro, pela atenção e pelos livros emprestados durante o período de estágio, por ser meu co-orientador, sempre disposto a ouvir e ajudar;

A todos os professores do curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas, pela paciência, dedicação e ensinamentos disponibilizados nas aulas, cada um de forma especial contribuiu para a conclusão desse trabalho e conseqüentemente para minha formação profissional;

Por fim, gostaria de agradecer aos meus amigos e familiares, pelo carinho e apoio, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para que esse trabalho fosse realizado meu eterno AGRADECIMENTO.

RESUMO

SCHENATTO, Kelyn. Geoprocessamento Aplicado a Agricultura Visando o Mapeamento de Doenças em Folhas de Laranjeiras por meio de Técnicas de Processamento Digital de Imagens. 2011. 82 f. Trabalho de Diplomação (Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2011.

As tecnologias da área de informática aplicadas a agricultura, através dos sistemas de informações geográficas, vem sendo cada vez mais necessárias, de modo a aumentar a produtividade e reduzir os impactos ambientais decorrentes dessa atividade. Neste contexto, esta pesquisa tem como principal objetivo a elaboração de um *software* para determinação dos níveis de infestação de doenças foliares em plantações de laranjeiras, por meio de técnicas de processamento digital de imagens, geoprocessamento e algoritmos de interpolação de dados.

Palavras-chave: Sistemas de Informação Geográfica. Laranjeiras. Software.

ABSTRACT

SCHENATTO, Kelyn. Geoprocessing Applied to Agriculture Aiming Mapping Diseases in orange leaves by means of image recognition. 2011. 82 f. Trabalho de Diplomação (Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2011.

The area of information technologies applied to agriculture, through geographic information systems, has been increasingly necessary in order to increase productivity and reduce environmental impacts from this activity. In this context, this research has as main objective the development of software to determine the levels of infestation of leaf diseases in orange plantations, through techniques of digital image processing, GIS and data interpolation algorithms.

Keywords: Geographic Information Systems. Orange. Software.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Estrutura Geral de Sistemas de Informação Geográfica.....	18
FIGURA 2 – Dado Espacial <i>Point</i>	19
FIGURA 3 – Dado Espacial <i>LineString</i>	19
FIGURA 4 – Dado Espacial Polygon.....	19
FIGURA 5 – Tipos de dados espaciais.....	20
FIGURA 6 – Arquitetura <i>Dual</i>	22
FIGURA 7 – Arquitetura Integrada.....	22
FIGURA 8 – Ambiente de captação das folhas	30
FIGURA 9 – Arquivo de importação de dados para o cadastro de áreas.....	31
FIGURA 10 – Área Experimental.....	31
FIGURA 11 – Diagrama de Classes.....	33
FIGURA 12 – Diagrama de Caso de Uso Cadastrar/Manter Área.....	34
FIGURA 13 – Diagrama de Caso de Uso Cadastrar/Manter Tipo de Atributo.....	34
FIGURA 14 – Diagrama de Caso de Uso Cadastrar/Manter Amostra.....	34
FIGURA 15 – Diagrama de Caso de Uso Cadastrar/Manter Grade.....	35
FIGURA 16 – Diagrama de Caso de Uso Gerar Mapa de Área.....	35
FIGURA 17 – Diagrama de Caso de Uso Gerar Mapa de Amostra.....	35
FIGURA 18 – Diagrama de Caso de Uso Gerar Mapa Temático de Interpolação....	36
FIGURA 19 – Modelo Entidade Relacionamento.....	37
FIGURA 20 – Tela de Carregamento de Grades de Interpolação.....	42
FIGURA 21 – Tela de Ajuda da opção Cadastrar Amostras.....	45
FIGURA 22 – Imagem Canal RGB.....	46
FIGURA 23 – Imagem Canal HSL.....	46
FIGURA 24 – Canal H.....	47
FIGURA 25 – Canal S.....	47
FIGURA 26 – Canal L.....	47
FIGURA 27 – Resultado da binarização da imagem no Canal H.....	47
FIGURA 28 – Resultado da binarização da imagem no Canal L.....	47
FIGURA 29 – Imagem Erodida.....	48
FIGURA 30 – Imagem Dilatada.....	48

FIGURA 31 – Contorno da Folha.....	49
FIGURA 32 – Contorno das Doenças.....	49
FIGURA 33 – Folha Processada.....	49
FIGURA 34 – Doenças Processadas.....	49
FIGURA 35 – Tela Principal do <i>Software</i>	50
FIGURA 36 – Ferramenta para definição do nível de infestação de doenças em folhas de laranjeiras.....	51
FIGURA 37 - Mapa da camada de área e amostras.....	52
FIGURA 38 – Mapa Temático de Interpolação.....	53

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Método montaQuery da classe ServicosArea.....	38
QUADRO 2 – Classe ServicosInterpolacao.....	38
QUADRO 3 – Método renderizarArea.....	40
QUADRO 4 – Método createPolygonStyle.....	40
QUADRO 5 – Método createListRanges.....	41
QUADRO 6 – Página de Ajuda da opção Cadastrar Amostra.....	43
QUADRO 7 – Classe HelpGerenciarAmostras.....	44
QUADRO 8 – Ação do botão Processar Amostras.....	51

LISTA DE SIGLAS

AP	Agricultura de Precisão
BSD	<i>Berkeley Software Distribution</i>
BLOB	<i>Binary Large Object</i>
GIS	<i>Geographic Information System</i>
GPL	<i>General Public License</i>
GPS	Sistema de Posicionamento Global
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
IDP	Inverso da Distância Ponderada
ISSO	<i>International Organization for Standardization</i>
Java SE	<i>Java Platform Standard Edition</i>
JDK	<i>Java Development Kit</i>
JRE	<i>Java Runtime Edition</i>
LGPL	<i>Lesser General Public License</i>
MER	Modelo Entidade Relacionamento
MM	Média Móvel
MVC	<i>Model-View-Controller</i>
OGC	<i>Open Geospatial Consortium</i>
OpenCV	<i>Open Source Computer Vision Library</i>
PDI	Processamento Digital de Imagens
SFC	<i>Simple Feature Specification</i>
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SGBDR	Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SQL	<i>Structured Query Language</i>
SRID	<i>Spatial Referencing System Identifier</i>
UML	<i>Unified Modelling Language</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3	JUSTIFICATIVA	15
3.1	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
4	REFERENCIAL TEÓRICO	16
4.1	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.....	16
4.1.1	Arquitetura Geral de um SIG	17
4.1.2	Coleta de Dados	18
4.1.3	Armazenamento dos Dados	20
4.2	INTERPOLADORES.....	22
4.3	PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS.....	23
4.4	POSTGRESQL	25
4.5	POSTGIS.....	25
4.6	JAVA SE	26
4.7	GEOTOOLS.....	26
4.8	JHELP.....	27
5	MATERIAL E MÉTODOS	28
5.1	TECNOLOGIAS UTILIZADAS	28
5.2	FERRAMENTA PARA DEFINIÇÃO DOS NÍVEIS DE INFESTAÇÃO DAS FOLHAS.....	29
5.3	DADOS PARA TESTES	30
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
6.1	ANÁLISE DO SOFTWARE	33
6.2	BASE DE DADOS DO SOFTWARE	36
6.3	DESENVOLVIMENTO	37
6.3.1	Chamada as Funções do Banco de Dados	37
6.3.2	Renderização.....	39
6.3.3	Interpolação de Grades	41
6.3.4	Módulo de Ajuda.....	43
6.3.5	Definição do Nível de Infestação das Folhas.....	45
6.4	INTEGRAÇÃO DO SOFTWARE	50

6.5	TESTES.....	51
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
7.1	CONCLUSÃO	54
7.2	TRABALHOS FUTUROS/CONTINUAÇÃO DO TRABALHO.....	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
	APÊNDICES.....	53

1 INTRODUÇÃO

A prática agrícola de maneira inadequada vem causando cada vez mais a contaminação dos recursos naturais, e segundo Andrade (2010) esta atividade corresponde ao principal agente poluidor.

Métodos de otimização das práticas agrícolas vêm sendo desenvolvidos através da tecnologia de Agricultura de Precisão (AP), a qual, entre outros benefícios, permite o uso racional de fertilizantes e agrotóxicos, garantindo a redução dos impactos ambientais decorrentes da atividade agrícola. Com o tratamento diferenciado de cada área da propriedade, é possível gerar benefícios, sem desperdícios, tanto financeiros como naturais, mantendo-se ou ampliando a produtividade da cultura (COELHO, 2006).

Desta forma, se faz necessário desenvolver técnicas e ferramentas visando diminuir o impacto ambiental gerado por meio das práticas agrícolas. Técnicas de aplicação localizada de inseticidas e herbicidas se fazem necessárias para a aplicação de políticas de manejo adequadas. Para isso, pode-se utilizar-se de recursos computacionais, tais como *softwares* especialistas, os quais permitem, através de técnicas de Engenharia Agrícola e Agronômicas, atreladas a técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI) e geoprocessamento, determinar áreas para aplicação localizada, de forma fácil e eficiente, permitindo que o produtor possa realizar a aplicação diferenciada na lavoura utilizando mapas de aplicação.

O presente projeto visa a aplicação de técnicas de PDI, assim como a utilização do Sistema de Posicionamento Global (GPS), para identificação de doenças em plantas e construção de mapas de infestação através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) desenvolvido para este fim. Desta forma, a intenção é dispor de uma ferramenta que possa ser utilizada para otimizar a utilização de defensivos agrícola, aumentando a produtividade no cultivo de laranjeiras e diminuindo os impactos ambientais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma ferramenta computacional que dará suporte ao produtor, atendendo sua necessidade de aplicação de defensivos e fertilizantes de forma adequada, sem desperdícios e com o mínimo de impacto ambiental.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um referencial teórico sobre a API Geotools.
- Realizar um referencial teórico sobre o banco de dados PostgreSQL e extensão espacial PostGIS.
- Construir um referencial teórico sobre SIGs e dados geográficos.
- Realizar um estudo sobre técnicas de processamento de imagens, visando à definição de algoritmos adequados para o reconhecimento de imagens.
- Estudo dirigido sobre Geoprocessamento e interpolação de dados, visando à geração de mapas temáticos.
- Desenvolver um *software* que permita a análise do nível de infestação de doenças em laranjeiras por meio de análise foliar e realizar o mapeamento da área por meio da interpolação de dados.
- Realizar testes no *software* avaliando seu desempenho e aplicabilidade.

3 JUSTIFICATIVA

Diferentes estudos que fazem uso da tecnologia de geoprocessamento com o intuito de diminuir o impacto ambiental vêm sendo desenvolvidos. Santos e Ferreira (2008) utilizaram essa tecnologia na identificação de áreas com lançamentos clandestinos de resíduos sólidos oriundos da construção civil no município de Goiânia. Bolfe et al.(2004) realizou um levantamento sobre o uso da terra no município de Jarapatuba, Sergipe.

O presente trabalho somará forças as medidas que estão sendo tomadas para diminuição do impacto ambiental na atividade agrícola e o melhoramento da qualidade da água e do solo, sendo que poderá ser aplicado para geração de mapas de aplicação de defensivos nas propriedades agrícolas, otimizando sua utilização somente quando e onde se fizer necessário.

3.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é composto por oito capítulos, sendo que o primeiro trata da contextualização do tema a ser abordado no trabalho.

No segundo capítulo são definidos os objetivos do trabalho.

O terceiro apresenta uma justificativa da realização dessa pesquisa, apresentando autores que trabalharam nessa área.

O quarto capítulo busca fornecer um referencial teórico sobre as ferramentas, tecnologias e conceitos aplicados no trabalho.

O capítulo seguinte contempla os materiais e métodos utilizados no desenvolvimento do *software* e na realização dos testes de desempenho do mesmo.

No sexto capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos na pesquisa.

As conclusões finais sobre o projeto e sugestões de trabalhos futuros são abordadas no sétimo capítulo.

Por fim, no último capítulo, encontram-se as referências bibliográficas utilizadas para o embasamento teórico da pesquisa

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

O geoprocessamento é definido como um conjunto de tecnologias voltadas para a coleta, armazenamento, processamento e análise de informações espaciais para um objetivo específico. Essas tarefas são executadas pelos SIGs (SILVA, 2007).

Algumas definições encontradas na literatura, referente a SIGs são as seguintes:

Segundo Burrough (1994 apud SILVA, 2007, p.19), um SIG é “um poderoso conjunto de ferramentas para coleção, armazenamento, recuperação, transformação e apresentação de dados espaciais do mundo real”.

“SIGs são aplicativos que permitem a criação, manipulação e extração de informações geográficas por meio de banco de dados onde a informação é associada às suas coordenadas geográficas” (MOLIN; STAPE, 2007, p.1749).

Para Câmara e Queiroz (1998, p.1):

O termo Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial.

Os SIGs são ferramentas que permitem manipular dados espaciais, produzindo informações úteis para tomada de decisão, visando colocar em prática as ações necessárias aos resultados obtidos. Esses sistemas se aplicam a qualquer tema que possua informações vinculadas a um determinado lugar no espaço e os seus dados possam ser representados através de mapas (SILVA, 2007).

Em um SIG as informações são obtidas através de um banco de dados geográfico, que possui dados espaciais e de atributos, em que os elementos geográficos são utilizados para fornecer referência aos dados descritivos dos atributos (SILVA, 2007).

Esses sistemas tiveram início a partir da década de 1960 nos Estados Unidos e no Canadá por iniciativa de alguns pesquisadores, e apresentaram um rápido

desenvolvimento nos últimos anos. O campo de aplicações dos SIGs é muito diversificado e amplo, sendo utilizados em áreas como a geografia, agricultura, geologia, computação, economia, hidrologia, entre outras (SILVA, 2007).

Segundo Ferreira (2006, p.4) “Um SIG pode ser aplicado a praticamente todas as atividades humanas, uma vez que essas atividades são sempre executadas em algum local, em alguma posição geográfica”.

Um SIG pode ser desenvolvido para pelo menos três diferentes formas de utilização:

- Ferramenta para produção de mapas;
- Suporte para análise espacial de fenômenos;
- Funções de armazenamento e recuperação de informações espaciais.

4.1.1 Arquitetura Geral de um SIG

De modo geral, a arquitetura de um SIG é composta dos seguintes componentes:

- Interface com o usuário;
- Entrada e integridade dos dados;
- Funções de consulta de análise espacial;
- Visualização e plotagem;
- Armazenamento e recuperação de dados.

Estes componentes se relacionam de forma hierárquica (Figura 1), em que no nível mais próximo ao usuário, encontra-se a interface que define como o sistema é operado e controlado. Em um nível intermediário estão todos os mecanismos de processamento dos dados espaciais, incluindo a entrada, edição, análise, visualização e saída dos dados. No nível interno do sistema um sistema gerenciador de banco de dados geográficos é responsável pelo armazenamento e recuperação dos dados espaciais e alfanuméricos (CÂMARA; QUEIROZ, 2005).

Os componentes dessa hierarquia operam de formas distintas conforme as necessidades e objetivos de cada sistema.

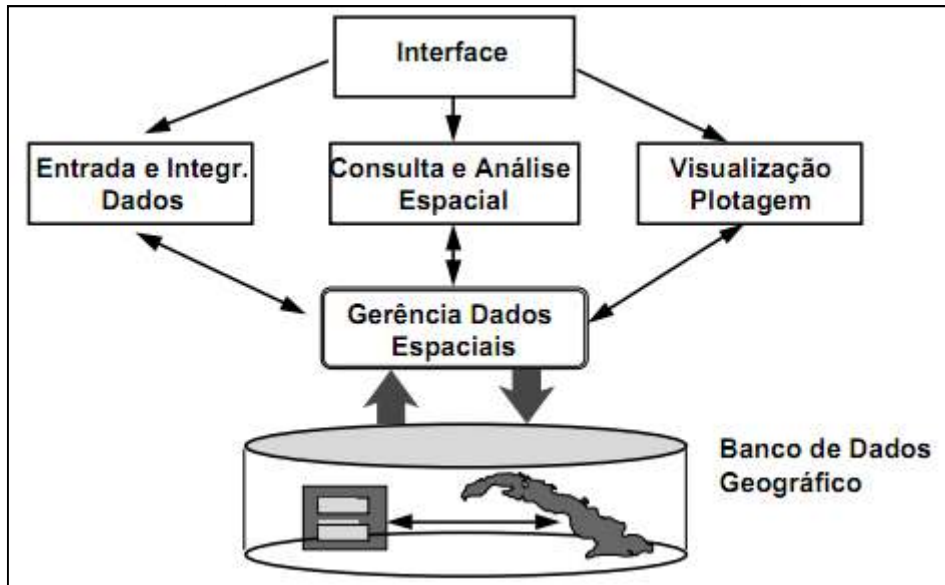


Figura 1 – Estrutura Geral de Sistemas de Informação Geográfica
 Fonte: CÂMARA; QUEIROZ (2005).

4.1.2 Coleta de Dados

A coleta de dados em um SIG pode ser realizada através de:

- Cartografia (mapas);
- Sensoriamento Remoto (imagens de satélite e radar);
- Fotogrametria (fotos aéreas);
- Fotografia (levantamentos topográficos e geodésicos);
- GPS (georreferenciamento e coleta de atributos);
- Dados Alfanuméricos (tabelas).

A coleta de dados envolve basicamente a codificação das informações e a criação da base de dados (SILVA, 2007). A entrada dos dados é feita através da digitalização dos dados espaciais, da digitação dos atributos não-espaciais e a integração dos dados espaciais com os não-espaciais.

4.1.2.1 Dados Espaciais

Os dados espaciais são utilizados para representar graficamente os elementos geográficos (FERREIRA, 2006). Os principais dados espaciais utilizados são:

- **Point:** Representa dados que se encontram posicionados em uma única localidade geográfica (Figura 2). Ex: acidentes de tráfico, postes, amostras de produtividade;

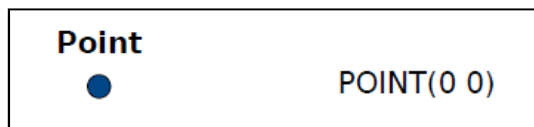


Figura 2 – Dado Espacial *Point*
Fonte: Autoria própria.

- **LineString:** Representa dados unidimensionais formados por uma série de pontos conectados (Figura 3). Ex: riachos, estradas, linhas de trem;



Figura 3 – Dado Espacial *LineString*
Fonte: Autoria própria.

- **Polygon:** Representa dados bidimensionais formados por linhas, possuindo comprimento e largura (Figura 4). Ex: áreas agrícolas, cidades, regiões de venda de madeira.

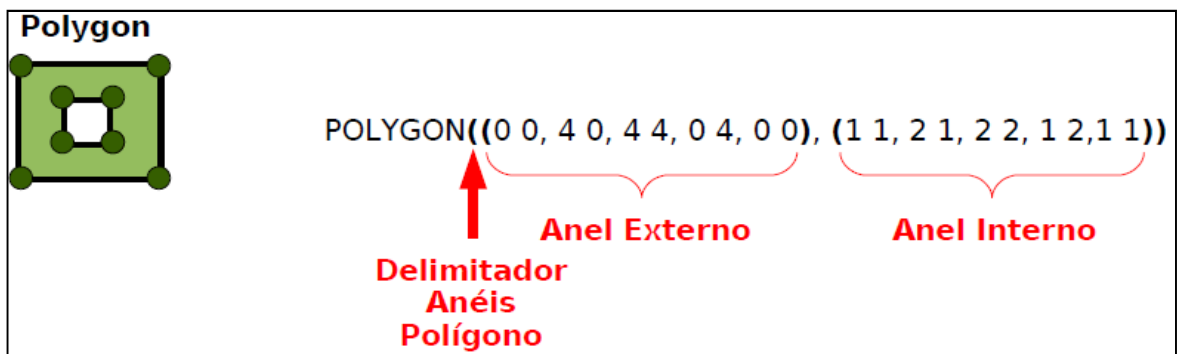


Figura 4 – Dado Espacial *Polygon*
Fonte: Autoria própria.

Os demais dados espaciais são formados pelas junções desses três tipos de dados. A Figura 5 mostra o conjunto de todos os tipos de dados espaciais.

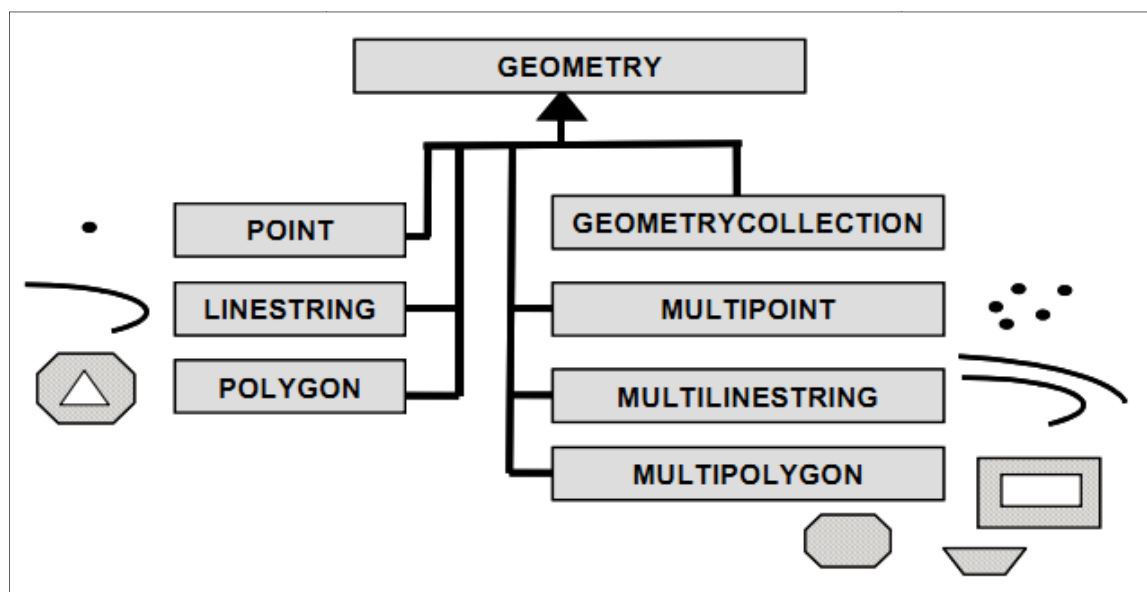


Figura 5 – Tipos de dados espaciais
 Fonte: BATISTA (2006).

4.1.2.2 Dados de Atributos

Consistem em informações descritivas sobre os dados espaciais, esses dados são chamados de atributos (FERREIRA, 2006). Os atributos dependem do tipo de informação importante para o propósito de cada aplicação.

Exemplos:

- Uma área agrícola pode ser representada por um dado espacial, e este pode ter os atributos proprietário, tamanho, utilidade;
- Uma estrada possui um nome, tipo de superfície, número de designação.

4.1.3 Armazenamento dos Dados

Os sistemas gerenciadores de banco de dados geográficos oferecem armazenamento e recuperação dos dados espaciais e de atributos (CÂMARA; QUEIROZ, 2005).

Os dados geográficos são produzidos pela relação entre os dados espaciais e os dados de atributos (FERREIRA, 2006). Em que cada objeto corresponde a uma linha da tabela e cada característica corresponde a uma coluna da tabela. De forma que, selecionando um objeto pode-se saber o valor dos seus atributos e a sua localização, apontando-a em um mapa.

Atualmente, existem basicamente três diferentes arquiteturas de banco de dados geográficos:

- **Arquitetura *Dual*:** Utiliza um SGBD relacional para armazenar os atributos e arquivos para armazenar os dados espaciais, o que dificulta a otimização de consultas, integridade e gerência de transações (CÂMARA; QUEIROZ, 2006). Exemplo de *softwares* que utilizam arquitetura *dual*: ARCVIEW, MGE e SPRING.
- **Arquitetura Integrada baseada em SGBDs Relacionais:** Consiste em armazenar todos os dados geográficos em um único SGBD, armazena os dados espaciais em campos longos, chamados BLOBs (*Binary Large Object*) (CÂMARA; QUEIROZ, 2006). Devido aos campos longos essa arquitetura sofre limitações da linguagem SQL (*Structured Query Language*).
- **Arquitetura Integrada baseada em extensões espaciais sobre SGBDs objeto-relacionais:** Também armazena tanto os dados espaciais quanto de atributos em um único SGBD, e contém funcionalidades que permitem armazenar, acessar e analisar dados espaciais em formato vetorial (CÂMARA; QUEIROZ, 2006). Exemplos de extensões espaciais: Oracle Spatial, IBM DB2 Spatial Extender e PostGIS.

As Figuras 6 e 7 mostram respectivamente o modelo de arquitetura *dual* e integrada.

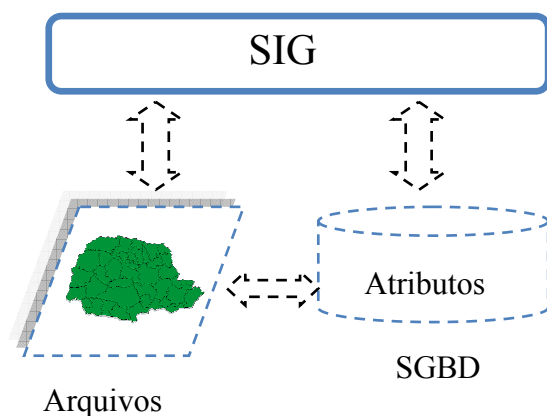


Figura 6 – Arquitetura Dual
Fonte: Autoria própria

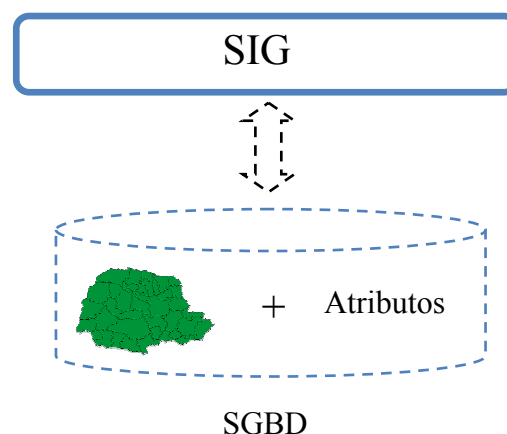


Figura 7 – Arquitetura Integrada
Fonte: Autoria própria

4.2 INTERPOLADORES

Os métodos de interpolação de dados, também chamados de interpoladores, correspondem a processos que determinam o valor de uma função matemática em um ponto interno de um intervalo, a partir dos valores da função nas fronteiras de determinado intervalo (SILVA, 2003).

Os interpoladores permitem construir um novo conjunto de dados a partir de um pequeno conjunto de dados amostrais previamente conhecidos. A escolha dos métodos de interpolação se dá através da utilização de critérios estatísticos e a disposição geográfica dos pontos (SILVA, 2003).

A interpolação pelo método IDP (Inverso da Distância Ponderada) (Equação 1) é baseada no pressuposto de existência de correlação espacial positiva e a potência é utilizada para atenuar a influência dos pontos distantes. Para Kekler (1994), este interpolador possui um processo computacional rápido e gera bons resultados. Para realizar a interpolação pelo método Média Móvel (MM) (Equação 2), pode-se utilizar o interpolador IDP, com parâmetros de distância ilimitado, assim como Potência $P = 1$ e número de elementos $n = 1$.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Z_i}{D_i^p} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{D_i^p} \right)} \quad (1)$$

em que: Z corresponde ao valor do atributo Z para o ponto a ser interpolado; Z_i é o valor de Z referente ao vizinho i ; D_i é a distância entre o ponto a ser interpolado (Z) e o dado amostrado; e p corresponde a potência que se deseja utilizar.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n (Z_i)}{n} \quad (2)$$

em que: Z corresponde ao valor do atributo Z para ponto a ser interpolado; Z_i é o valor de Z referente ao vizinho i .

4.3 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

O Processamento Digital de Imagens (PDI) consiste em um conjunto de técnicas para capturar, representar e transformar imagens com o auxílio de um computador, facilitando a percepção humana e a interpretação automática por meio de máquinas (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008). É definido ainda como o processamento de imagens digitais por meio de um computador digital, onde tanto a entrada quanto a saída de um processo são imagens (GONZALEZ; WOODS, 2009).

No desenvolvimento de um *software* de PDI são necessárias algumas etapas de processamento que variam conforme a aplicação (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

Para extração de informações sobre imagens, são definidas várias etapas que juntas constituem um sistema de PDI.

A primeira etapa compreende a aquisição de imagens, que é realizada normalmente por meio de câmera fotográfica, sensor, *scanner* ou outro dispositivo de captação. Esta etapa envolve ainda, além de processos como o

redimensionamento das imagens (GONZALEZ; WOODS, 2009), aspectos como as condições de iluminação da cena, escolha do tipo de sensor e cores das imagens capturadas (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

A etapa seguinte à aquisição é o pré-processamento, cujo objetivo é a aplicação de técnicas como a de realce, remoção de ruído, isolamento de regiões desnecessárias e conversão em tons de cinza (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008). O pré-processamento é de extrema importância para o sucesso das etapas posteriores, considerando que uma imagem bem processada possui mais chance de ter uma boa segmentação.

O próximo passo corresponde à segmentação das imagens que segundo Pedrini & Schwartz (2008) permite realizar a identificação e extração das áreas de interesse da imagem e é geralmente baseada na detecção de bordas ou regiões da imagem. A segmentação pode ser considerada um dos processos mais difíceis no processamento de imagens, sendo que a aplicação de algoritmos de segmentação pouco robustos podem acarretar falha na extração de dados da imagem (GONZALEZ; WOODS, 2009).

Após a segmentação torna-se possível a extração de dados relevantes sobre as imagens, como número de objetos, dimensões, geometria, propriedades de cor ou textura (CONCI *et. al*, 2007).

No processo de representação devem ser utilizadas estruturas adequadas para armazenar os objetos de interesse extraídos da imagem, enquanto a descrição visa a extração das propriedades que possam ser úteis na classificação entre objetos. Essas características, geralmente descritas por atributos numéricos podem ser armazenadas em um vetor de características (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

O reconhecimento atribui um rótulo aos objetos, baseados nas informações fornecidas pelos seus descritores (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008) enquanto o processo de interpretação consiste em atribuir um significado a esses elementos rotulados (GONZALEZ; WOODS, 2009).

4.4 POSTGRESQL

É um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Objeto Relacional (SGBDOR), desenvolvido originalmente em 1985 na Universidade de Berkeley, Califórnia. Em 1996 um grupo iniciou o seu desenvolvimento na *internet*, usando *e-mail* para compartilhar idéias e servidores de arquivos para compartilhar o código. A partir de 1996 passou a ser disponibilizado na *internet* sob o nome de PostgreSQL (RIBAMAR, 2006).

Possui licença *Berkeley Software Distribution* (BSD), ou seja, pode ser utilizado e/ou modificado por qualquer pessoa ou empresa para qualquer finalidade.

Tem suporte completo a chaves estrangeiras, junções (*JOINS*), gatilhos, visões e procedimentos e inclui a grande maioria dos tipos de dados do ISO SQL: 1999. Suporta banco de dados com tamanho ilimitado, com tabelas de até 32 TB, linhas de 1.6 TB e campos de 1GB (POSTGRESQL, 2011).

4.5 POSTGIS

Desenvolvido pela Research Refrations em 2001, o PostGIS é uma extensão do SGBDOR PostgreSQL, que permite o armazenamento de objetos *Geographic Information System* (GIS) no banco de dados. Possui suporte a índices espaciais e funções para análise e processamento de objetos GIS (MANUAL POSTGIS, 2011).

Desenvolvida sobre a licença *General Public License* (GPL), é de uso livre e gratuito.

Segue os padrões de interoperabilidade da *Open Geospatial Consortium* (OGC) e suporta os seguintes tipos de geometrias:

- *Point*;
- *Linestring*;
- *Polygon*;
- *Multipoint*;
- *Multilinestring*;
- *Multipolygon*;

- *GeometryCollection*.

A estrutura dos dados no PostGIS é definida pelo padrão OGC *Simple Feature Specification* (SFS) (QUADRO, 2010).

Todo objeto geográfico deve ter um *Spatial Referencing System Identifier* (SRID) para ser inserido no banco de dados PostGis.

4.6 JAVA SE

Java Platform Standard Edition (Java SE) permite o desenvolvimento de aplicações Java para *desktops*, oferece uma rica interface com o usuário, além de portabilidade e segurança nas aplicações (ORACLE, 2011).

O Java SE possui duas divisões:

- *Java Development Kit* (JDK): Consiste em um conjunto de ferramentas para o desenvolvimento de aplicações Java, é necessário ser instalado apenas para o uso dos desenvolvedores.
- *Java Runtime Edition* (JRE): É o ambiente de execução das aplicações Java (BARBOSA, 2010).

4.7 GEOTOOLS

GeoTools é uma biblioteca Java de código aberto, distribuída sob a licença *Lesser General Public License* (LGPL), que fornece métodos compatíveis com os padrões para a manipulação de dados espaciais, para implementar por exemplo SIG's (GEOTOOLS, 2011).

Essa biblioteca implementa as especificações do OGC, que especifica soluções de interoperabilidade entre SIGs. Possui recursos de visualização, edição e processamento de dados espaciais, como criação e visualização de mapas temáticos.

4.8 JHELP

O JHelp é uma ferramenta para se trabalhar com janelas de ajuda em aplicativos Java. Permite adicionar texto no formato HTML (HyperText Markup Language), imagens, cores e *hiperlinks* (JPACKAGES, 2011).

Essa ferramenta permite desenvolver um menu de ajuda com hierarquia de tópicos e sub-tópicos proporcionando fácil navegabilidade entre eles, assim como uma opção de pesquisa por conteúdo nas páginas desenvolvidas.

De propriedade da empresa Jackages, o JHelp possui documentação completa disponível na *internet* e é utilizado por empresas como a IBM, Sony Ericson, NASA, Bank of América, entre outras (JPACKAGES, 2011).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Para a definição dos requisitos, representação e documentação do *software* utilizou-se a linguagem de modelagem orientada a objetos UML (*Unified Modelling Language*), a qual auxilia o trabalho tanto na fase de análise como na de implementação.

Os requisitos do *software* foram representados graficamente através de diagramas UML, para o desenvolvimento desses diagramas foi utilizada a ferramenta ArgoUML 0.24, desenvolvida na plataforma Java e distribuída gratuitamente.

O diagrama de classes consiste em uma representação da estrutura e as relações entre as classes que servem de modelo para os objetos (OLIVEIRA, 2001).

Um caso de uso é uma sequência de ações, que podem ser executadas por um ou mais atores ou pelo próprio sistema que produz resultados para um ou mais atores (SCOTT, 2003).

Ainda na parte de documentação do *software*, utilizou-se a ferramenta de modelagem DBDesigner versão 4, para elaboração do Modelo de Entidade Relacionamento (MER), que descreve de maneira conceitual os dados utilizados em um sistema de informação (SERPRO, 2010).

No desenvolvimento do *software* foi utilizada a linguagem de programação Java SE versão 6, na versão 1.6.0_18 do JDK, optando-se pela IDE (*Integrated Development Environment*) Eclipse Galileo versão 3.5.2.

Para facilitar a manipulação dos dados espaciais, integrou-se ao Java a API Geotools na versão 2.6.5 e para o desenvolvimento do módulo de ajuda utilizou-se a API JHelp versão 1.3.

Para o mapeamento de dados entre a base de dados relacional e o modelo objeto da aplicação foi utilizado o Hibernate, que é um *framework open-source* de mapeamento objeto/relacional desenvolvido para linguagem Java, o qual permite que a aplicação permaneça totalmente orientada a objetos e possíveis mudanças na

base de dados, não impliquem em um maior impacto sobre a aplicação (FILHO, 2006).

Utilizou-se o padrão de arquitetura de *software Model-View-Controller* (MVC), que tem por função separar a lógica de negócio da lógica de apresentação.

Seguindo esse princípio, dividiu-se a aplicação em 3 pacotes principais:

- O pacote “*modelo*”, que compreende todas as interfaces, arquivos de configuração, exceções, ou seja, o domínio da informação.
- No pacote “*controle*” são fornecidos todos os serviços, como a conexão com o banco de dados, manipulação e inserção dos dados armazenados no banco de dados.
- O pacote “*visão*” é responsável pela camada visual, a saída dos dados, ou seja, é a aplicação apresentada ao usuário.

Para o armazenamento dos dados espaciais e de atributos utilizou-se o banco de dados PostgreSQL na versão 8.3.16 e sua extensão espacial PostGis versão 1.5.2.

5.2 FERRAMENTA PARA DEFINIÇÃO DOS NÍVEIS DE INFESTAÇÃO DAS FOLHAS

A ferramenta para definição dos níveis de infestação das folhas foi desenvolvida utilizando a linguagem de programação C++, no ambiente de programação C++Builder na versão 6.0, que possui ferramentas para o desenvolvimento de interfaces de programação de aplicativos.

Para o processamento de imagens, integrou-se a linguagem C++ à biblioteca de processamento de imagens OpenCV (*Open Source Computer Vision Library*) na sua versão 2.2.

5.3 DADOS PARA TESTES

A captação de imagens das folhas de laranjeiras se deu por uma câmera fotográfica da marca Sony com a função macro (que permite efetuar registro a uma distância bem próxima ao sujeito mantendo a focalização perfeita) ativada. Para que fosse possível obter uma luminosidade uniforme foram utilizadas duas luminárias com lâmpada fluorescente ajustadas perpendicularmente a folha. A Figura 8 mostra o ambiente utilizado na captação das folhas, em que foi preciso posicionar a folha de modo a não apresentar pontos de sombra.



Figura 8 – Ambiente de captação das folhas
Fonte: Autoria própria.

Os dados de delimitação da área e a localização dos pontos amostrais foram obtidos por meio de um receptor GPS Trimble Geo Explorer XT 2005 e o *software* PathFinder.

A importação dos dados espaciais referentes a delimitação da área e das amostras para o *software* desenvolvido é realizada utilizando arquivos no formato texto “.txt”, sendo que o arquivo deve conter no mínimo duas colunas que representam as coordenadas latitude e longitude, que podem ser separadas por meio de caracteres ponto e vírgula (“;”), vírgula (“,”), pipe (“|”) ou por tabulação. A Figura 9 mostra um exemplo de arquivo no formato “.txt” com as coordenadas geográficas de uma área.

Os Apêndices A e B descrevem o gerenciamento de áreas e amostras, descrevendo também a forma de importação dos dados de amostras e áreas para o *software*.

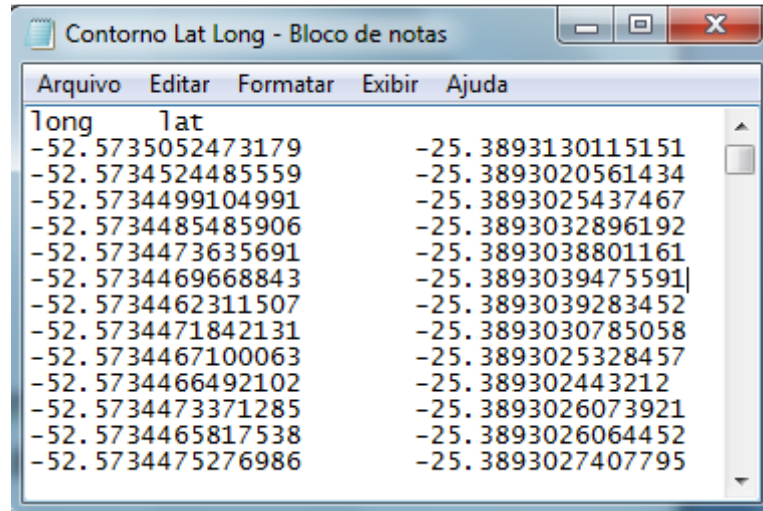


Figura 9 – Arquivo de importação de dados para o cadastro de áreas
Fonte: Autoria própria.

Para a realização dos testes e avaliação de desempenho das funcionalidades do *software* utilizou-se uma plantação de laranjeiras, com 1,49 ha de extensão, localizada no município de Laranjeiras do Sul/Pr, com coordenadas geográficas 25°23'19.81" S e 52°34'19.36" O e altitude média de 686 metros (Figura 10).

Desta área foram coletados 36 pontos amostrais. Simulou-se então a obtenção de quatro folhas da planta de cada ponto amostral, determinados de modo aleatório.



Figura 10 – Área experimental
Fonte: Software Google Earth

Para geração dos mapas temáticos, os dados amostrais podem ser interpolados pelo método de interpolação IDP e MM. Como os interpoladores IDP e MM devem ser ajustados conforme a necessidade do usuário. O *software* permite a configuração dos parâmetros referentes a potência (utilizada somente para o IDP), distância máxima (raio) e/ou número de elementos amostrais utilizados na interpolação, permitindo também ao usuário configurar o tamanho dos *pixels* a serem utilizados para geração do mapa temático. O apêndice C descreve os procedimentos de manipulação de dados para interpolação.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado desse trabalho, obteve-se um *software* que permite o mapeamento de áreas de laranjeiras, a identificação do nível de infestação de doenças nas folhas coletadas nos pontos amostrais e a definição dos valores de infestação de doenças das demais plantas da área através de métodos de interpolação de dados.

6.1 ANÁLISE DO SOFTWARE

A Figura 11 mostra o diagrama de classes do *software* proposto no trabalho, fazendo parte da documentação do *software* e útil para visualização do modelo de relacionamento entre classes utilizado pelo mesmo.

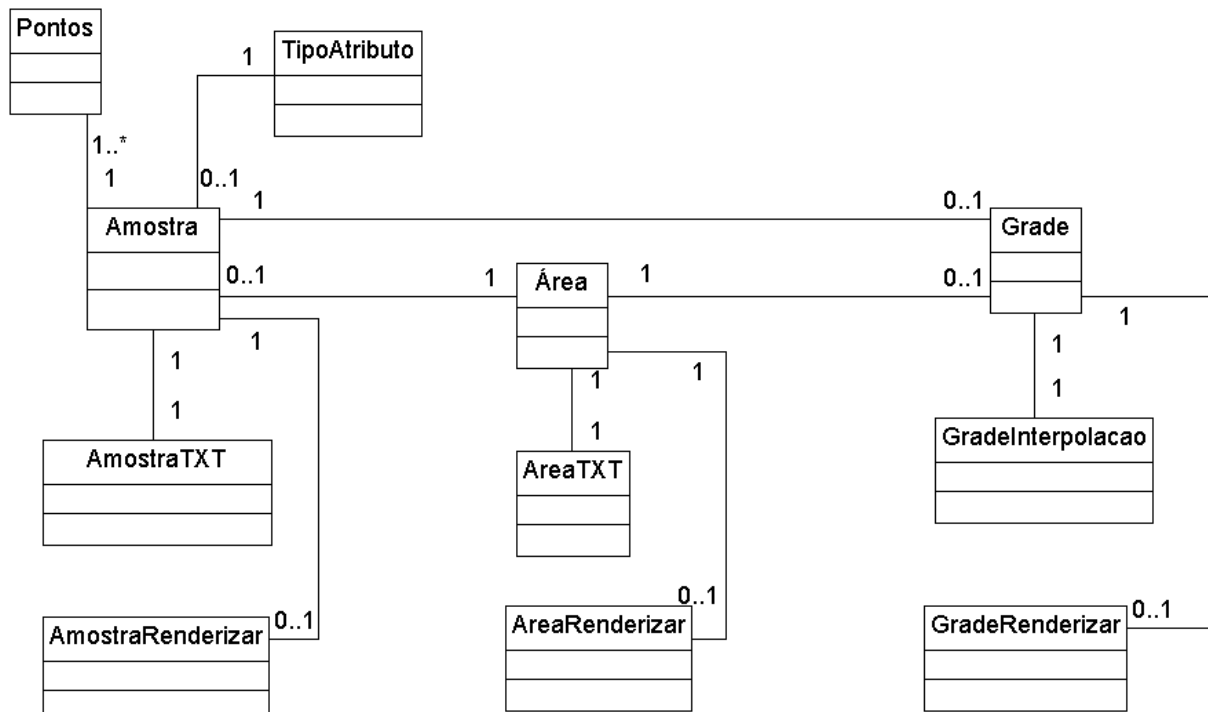


Figura 11 – Diagrama de Classes
 Fonte: Autoria própria.

Os diagramas de casos de uso foram utilizados para capturar requisitos e dirigir a análise e implementação do *software*, foram utilizados os diagramas apresentados nas Figuras 12 a 18.

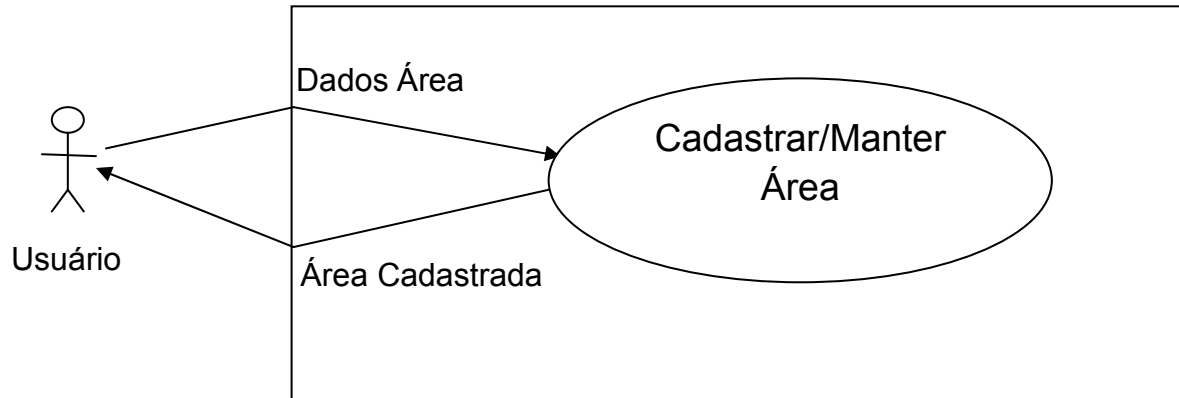


Figura 12 - Diagrama de Caso de Uso Cadastrar/Manter Área
Fonte: Autoria própria.

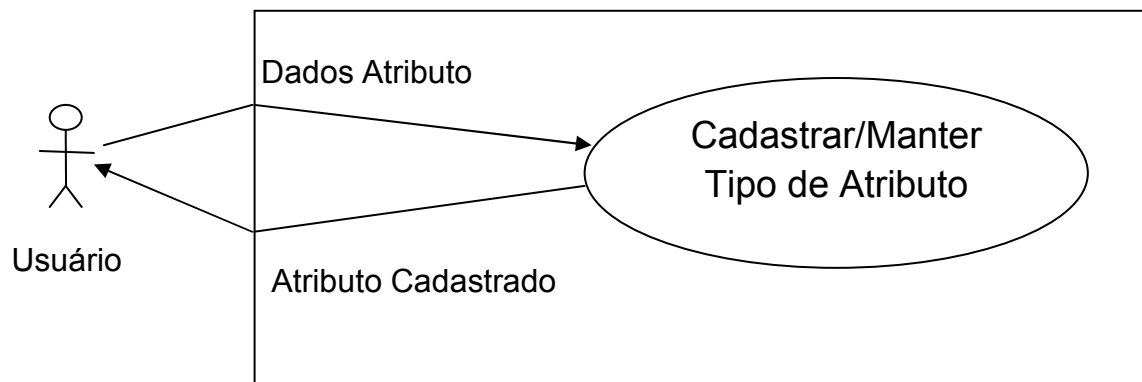


Figura 13 - Diagrama de Caso de Uso Cadastrar/Manter Tipo de Atributo
Fonte: Autoria própria.

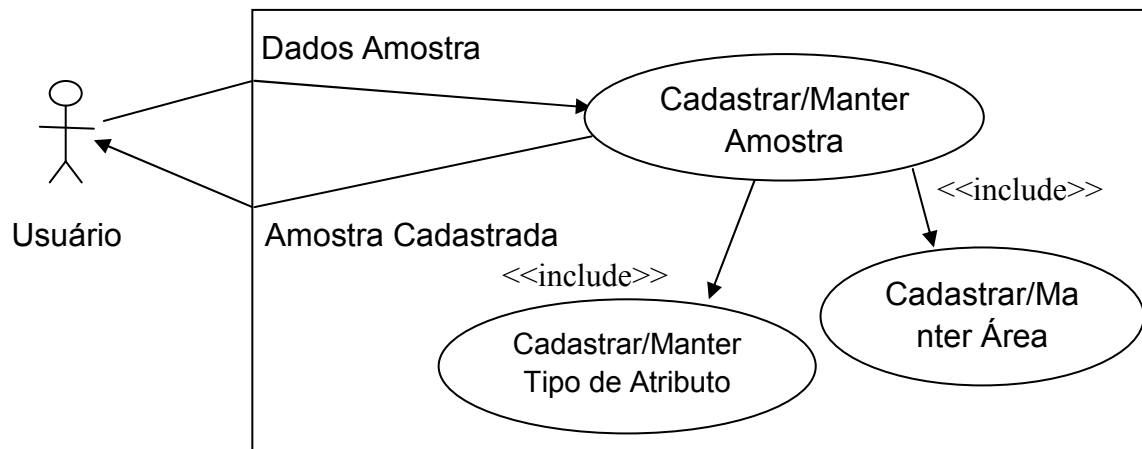


Figura 14 - Diagrama de Caso de Uso Cadastrar/Manter Amostra
Fonte: Autoria própria.

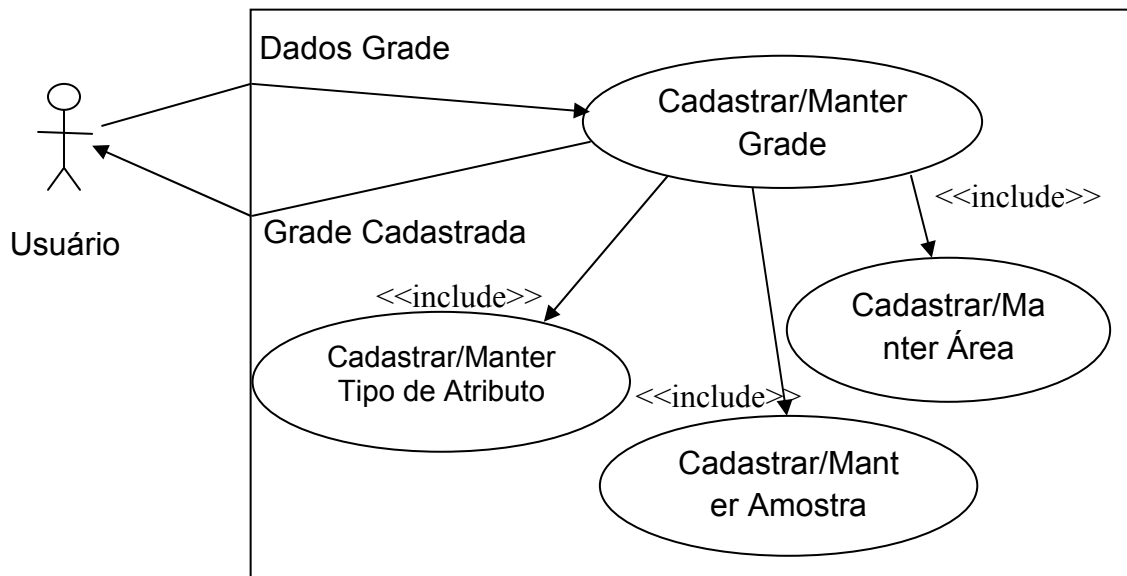


Figura 15 - Diagrama de Caso de Uso Cadastrar/Manter Grade
Fonte: Autoria própria.

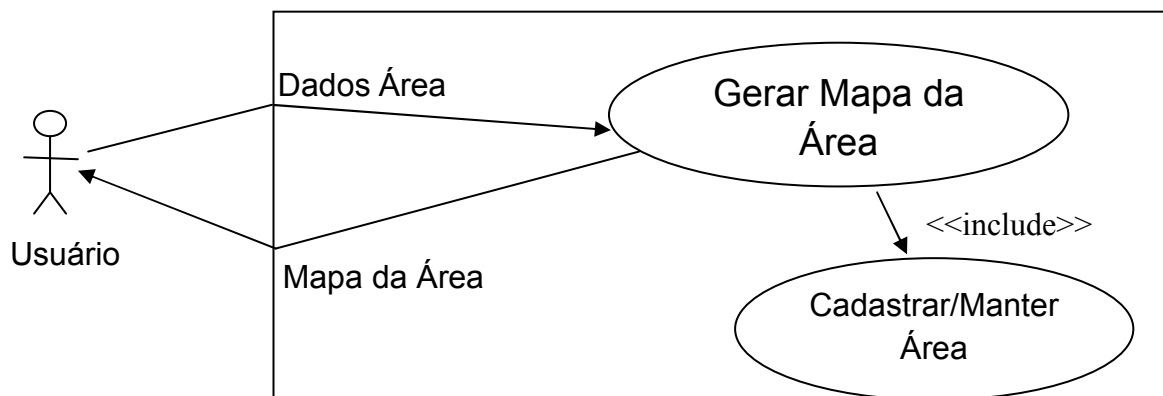


Figura 16 – Diagrama de Caso de Uso Gerar Mapa de Área
Fonte: Autoria própria.

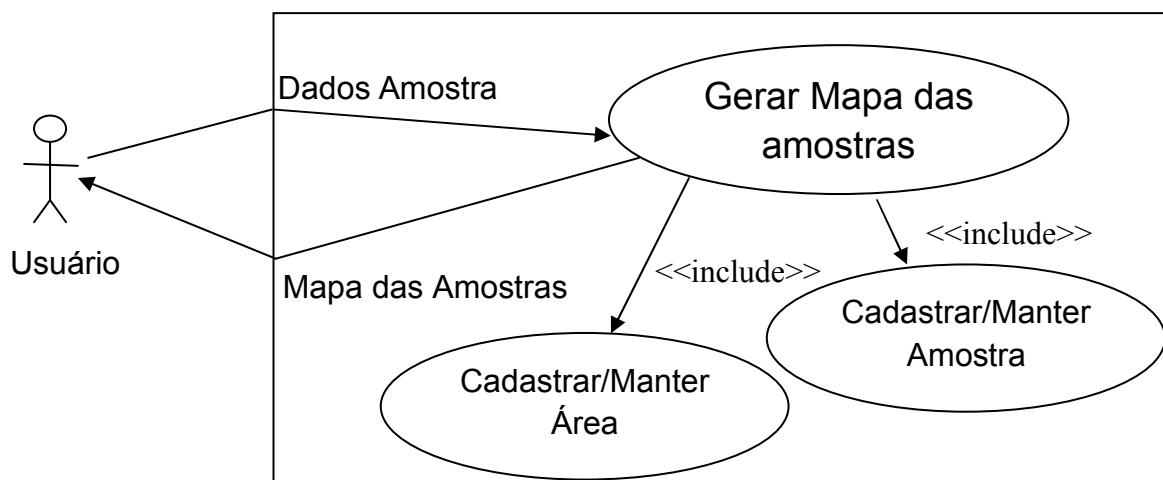


Figura 17 – Diagrama de Caso de Uso Gerar Mapa de Amostras
Fonte: Autoria própria.

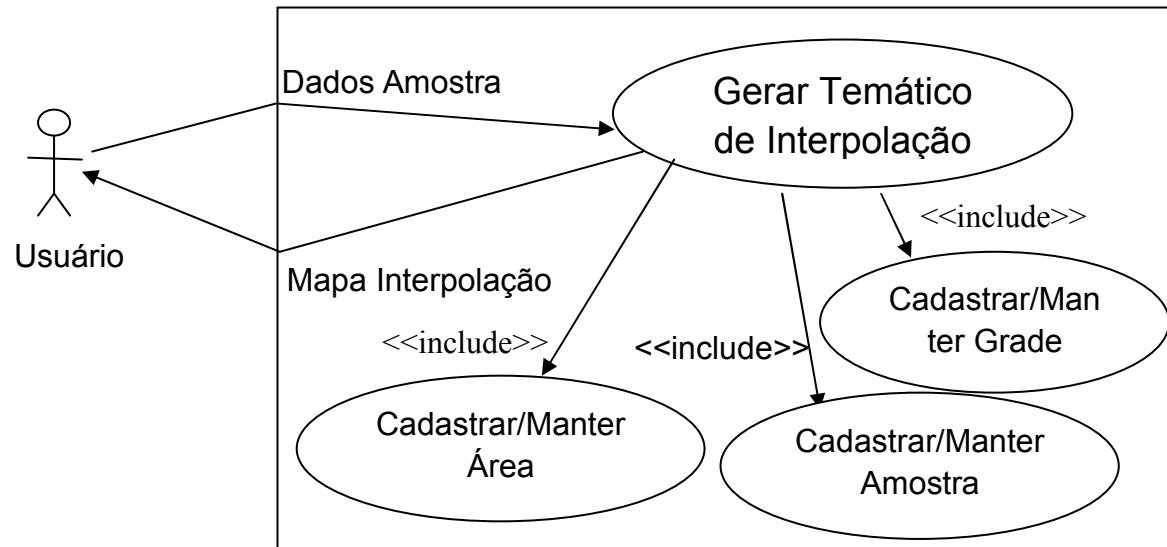


Figura 18 – Diagrama de Caso de Uso Gerar Mapa Temático de Interpolação
Fonte: Autoria própria.

6.2 BASE DE DADOS DO SOFTWARE

O *software* possui uma base de dados, nomeada de “*bd_tcc_kelyn*”, constituído de:

- 7 tabelas fixas;
- Tabelas criadas para armazenar as coordenadas geográficas de cada novo arquivo de amostra e cada grade de interpolação, que seguem o modelo das tabelas “*tb_amostragen*” e “*tb_gradegen*”, utilizadas como *templates*;
- Tabelas criadas para armazenar as coordenadas geográficas de cada nova área.

A Figura 19 apresenta o MER do *software* desenvolvido.

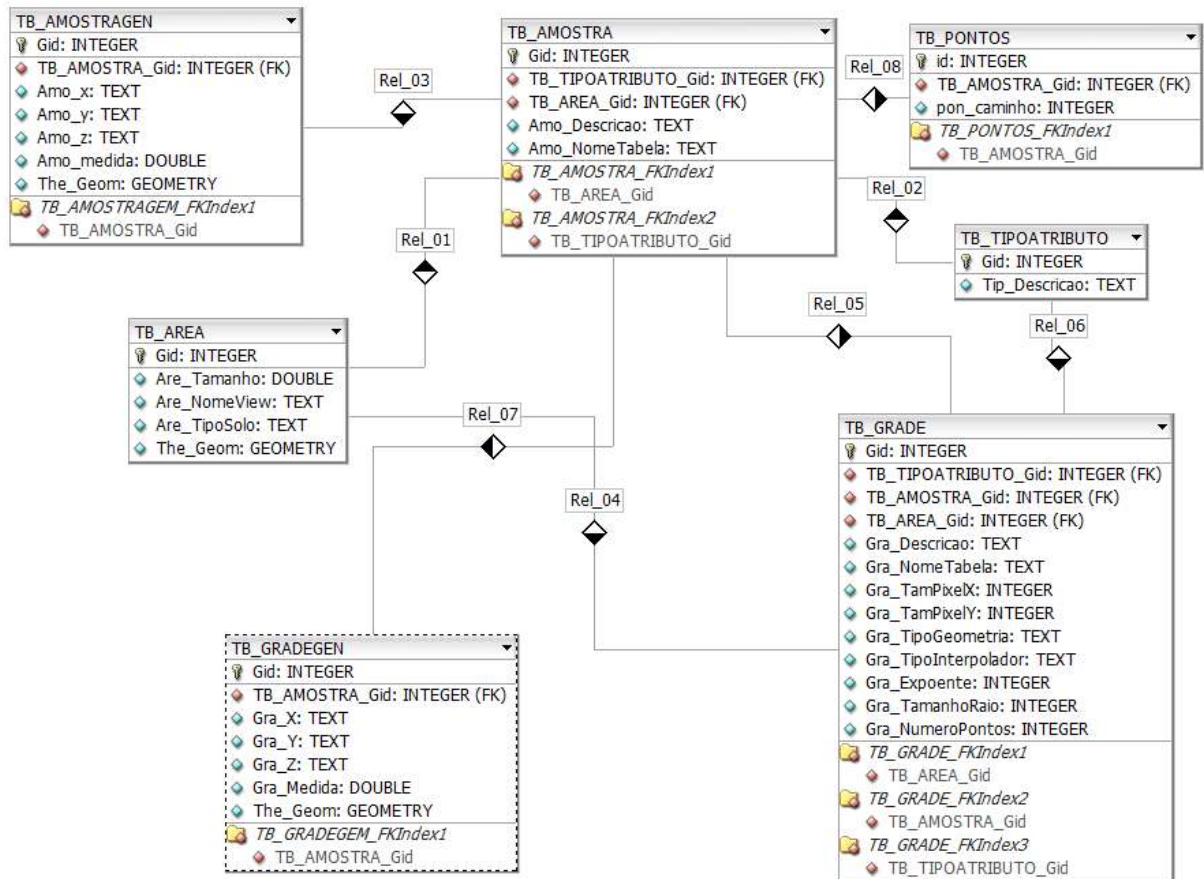


Figura 19 – Modelo Entidade Relacionamento
Fonte: Autoria própria.

6.3 DESENVOLVIMENTO

6.3.1 Chamada as Funções do Banco de Dados

A aplicação faz chamadas a funções desenvolvidas no banco de dados, para ler os dados de amostras ou áreas contidos em arquivos de texto “.txt” e para realizar interpolações de grades amostrais.

No Quadro 1 é apresentado o método “*montaQuery*” que é responsável por chamar a função do banco de dados “*f_gera_poligono_txt*”, a qual são passados os dados necessários para ler o arquivo “.txt” que contém as coordenadas geográficas da área.

```

private String montaQuery(AreaPersistente ap) {
    Area a = ap.getArea();
    nomeTabela = StringManipulator.montaNomeTabela(a.getDescricao());
    return "select f_gera_poligono_txt("
+ ap.getCaminhoArquivo()
+ "',' ' + ap.getNumeroCampos() + "',' '
+ ap.getSeparador() + "',' '
+ ap.getCabecalho() + "',' '
+ ap.getNomeTabela() + "',' '
+ nomeTabela + "',' '
+ ap.getColunaGeometrica() + "',' '
+ ap.getArea().getId() + "',' '
+ ap.getPrimeiroCampo() + "',' '
+ ap.getSegundoCampo() + "',' '
+ ap.getSrid() + ")";
}

```

Quadro 1 – Método montaQuery da Classe ServicosArea

Fonte: Autoria própria.

No Quadro 2 é mostrada a classe “*ServicosInterpolacao*” que possui a função de prestar os serviços necessários as interpolações, essa classe utiliza-se de outra classe chamada “*ServicosBD*” que é a responsável por realizar as operações básicas de inserção, exclusão, atualização e busca de dados do banco de dados, além de execução de *queries*.

A classe “*ServicosInterpolacao*” faz a chamada a duas funções do banco de dados, a “*select_f_gera_grid*” e “*select_f_interpolacao_tabela*” que são responsáveis pela execução dos algoritmos de interpolação de dados.

O usuário deve informar os dados necessários para a execução das funções e o método “*interpolacao*” é o responsável por chamar o método de inserção da grade amostral e as funções de interpolação.

```

public class ServicosInterpolacao {

    private static ServicosBD sbd = ServicosBD.getInstance();

    public ServicosInterpolacao() {
        // TODO Auto-generated constructor stub
    }

    public void interpolar(Grade grade) {
        sbd = new ServicosBD();
        try {
            sbd.inserir(grade);
            sbd.executeQuery(montaQueryGrid(grade));
            sbd.executeQuery(montaQueryInterpolacaoTabela(grade));
        } catch (Exception e) {
            JOptionPane.showMessageDialog(null, "Erro ao interpolar
grade");
        }
    }
}

```

```

        e.printStackTrace();
    }
}

private String montaQueryGrid(Grade grade) {
    Area area = grade.getArea();
    String query = "select f_gera_grid("
        + area.getId() + ", "
        + "'tb_area', "
        + grade.getTamanhoPixelX() + ", "
        + grade.getTamanhoPixelY() + ", "
        + "'" + grade.getNomeTabela() + "', "
        + 29183 + ", "
        + "'" + grade.getTipoGeometria() + "', "
        + 4291
        + ")";

    return query;
}

private String montaQueryInterpolaTabela(Grade grade) {
    Amostra amostra = grade.getAmostra();
    String query = "select f_interpola_tabela("
        + "'" + grade.getNomeTabela() + "', "
        + "'" + amostra.getNomeTabela() + "', "
        + grade.getExpoente() + ", "
        + grade.getNumeroPontos() + ", "
        + grade.getTamanhoRaio() + ", "
        + "'amo_medida'" + ", "
        + "'" + grade.getTipoInterpolador() + "'"
        + ")";

    return query;
}
}

```

Quadro 2 – Classe ServicosInterpolacao
Fonte: Autoria própria.

6.3.2 Renderização

A renderização corresponde a apresentação dos dados geográficos para o usuário da aplicação. O sistema permite a renderização de áreas, amostras e grades de interpolação.

No Quadro 3 é mostrado o método “*renderizarArea*”, responsável pela renderização de áreas armazenadas no banco de dados. É recuperado o “*NomeView*” do objeto “*Area*” que contém as coordenadas geográficas da área, para

um objeto da API Geotools “*FeatureSource*” que tem por função acessar as informações espaciais, fornecidas do banco de dados através do objeto “*dataStore*”.

O objeto “*featureSource*” contendo os dados espaciais é passado como parâmetro do método “*createStyle*”, que conforme o tipo de geometria dos dados geográficos, chama o método de criação de estilo adequado, nesse caso, como se trata da apresentação de uma área é chamado o método de criação de estilo de polígonos “*createPolygonStyle*” conforme mostra o Quadro 4. Esse método tem por função criar o estilo de apresentação dos dados espaciais, como o contorno do polígono de área “*stroke*” e o preenchimento do polígono de área “*fill*”.

O estilo dos dados geográficos são passados a uma variável do tipo “*MapLayer*” que tem a função de apresentação das camadas de dados geográficos, essa *layer* de dados é então passada para a classe principal da aplicação que a adiciona na interface gráfica de apresentação ao usuário.

```

public void renderizarArea(Area area) {
    List<AreaRenderizar> lista = new ArrayList<AreaRenderizar>();
    connect();
    try {
        FeatureSource featureSource =

        datastore.getFeatureSource(area.getNomeView());
        Style style = createStyle(featureSource);

        MapLayer map = new DefaultMapLayer(featureSource,

style);

        map.setTitle(area.getNomeView());
        lista.add(new AreaRenderizar(area, map, cor));
    } catch (IOException e) {
        JOptionPane.showMessageDialog(null, "Erro ao renderizar
áreas");
        e.printStackTrace();
    }
    principal.renderizaAreas(lista);
}

```

Quadro 3 - Método renderizarArea

Fonte: Autoria própria.

```

private Style createPolygonStyle() {

    Stroke stroke =
styleFactory.createStroke(filterFactory.literal(Color.BLACK),
filterFactory.literal(1));
    Fill fill =
styleFactory.createFill(filterFactory.literal(Color.GREEN),
filterFactory.literal(1));

    PolygonSymbolizer sym =

```

```

styleFactory.createPolygonSymbolizer(stroke, fill, null);

    Rule rule = styleFactory.createRule();
    rule.symbolizers().add(sym);
    FeatureTypeStyle fts = styleFactory.createFeatureTypeStyle(new
Rule[] {rule});
    Style style = styleFactory.createStyle();
    style.featureTypeStyles().add(fts);

    return style;
}

```

Quadro 4 - Método createPolygonStyle

Fonte: Autoria própria.

6.3.3 Interpolação de Grades

Na interpolação são definidos através de fórmulas matemáticas, os valores dos demais pontos da área, que não foram amostrados, baseando-se nos valores dos pontos amostrados.

Para isso criasse uma grade, em que cada célula corresponde a um *pixel* (com tamanho definido pelo usuário na criação da grade) da área, de modo a preencher os valores de infestação de toda a área.

Os dados da grade de interpolação, além de armazenados no banco de dados, precisam ser visualizados para o usuário em forma de mapas temáticos que facilitam a visualização dos dados, dessa forma são definidas diferentes cores para cada intervalo de infestação da área.

Para renderização dos dados interpolados é utilizada uma lista de *ranges*, que armazena os intervalos dos dados e uma cor para apresentação de cada um desses intervalos. A parte do método “*createListRanges*”, que adiciona dois dos intervalos da lista de *ranges* é mostrada no Quadro 5.

```

public void createListRanges() {
    listRange = new ArrayList<Rangez>();

    colorInterval1 = Color.ORANGE;
    colorInterval2 = Color.RED;
    colorInterval3 = Color.BLUE;
    colorInterval4 = Color.PINK;

    if(jtfIntervalo1.isVisible()){
        Double doubleInt1 = Double.parseDouble(jtfIntervalo1.getText());
        Double doubleInt2 = Double.parseDouble(jtfIntervalo2.getText());
    }
}

```

```

        listRange.add(new Rangez(colorInterval1, Double.class,
                                doubleInt1,
                                doubleInt2));
    }

    if(jtfIntervalo3.isVisible()){
        Double doubleInt3 = Double.parseDouble(jtfIntervalo3.getText());
        Double doubleInt4 = Double.parseDouble(jtfIntervalo4.getText());

        listRange.add(new Rangez(colorInterval2, Double.class,
                                doubleInt3,
                                doubleInt4));
    }
}

```

Quadro 5 – Parte do Método createListRanges

Fonte: Autoria própria.

Os valores dos intervalos são predefinidos pela aplicação, mas também podem ser alterados, dependendo da necessidade do usuário, conforme é mostrado na Figura 20 que corresponde a tela carregamento das grades de interpolação.

Tela de Carregamento de Grades de Interpolação

De:	<input type="text" value="0"/>	Até:	<input type="text" value="9.99"/>	<input type="color" value="#ffff00"/>
De:	<input type="text" value="10"/>	Até:	<input type="text" value="39.99"/>	<input type="color" value="#ff0000"/>
De:	<input type="text" value="40"/>	Até:	<input type="text" value="69.99"/>	<input type="color" value="#0000ff"/>
De:	<input type="text" value="70"/>	Até:	<input type="text" value="100"/>	<input type="color" value="#ffcccc"/>

Add

Grade:

Carregar Grade Limpar Dados

Figura 20 – Tela de Carregamento de Grades de Interpolação

Fonte: Autoria própria.

6.3.4 Módulo de Ajuda

Com o intuito de facilitar a utilização do *software*, este possui um menu de ajuda que contempla o procedimento de utilização das suas funcionalidades.

O caminho das páginas desenvolvidas na linguagem HTML (*HyperText Markup Language*), é configurado através de um arquivo de configuração com extensão “.txt”, que é chamado pela classe Java responsável pela apresentação da tela ao usuário final.

No Quadro 4 é mostrado o desenvolvimento do conteúdo de apresentação de uma das páginas “Cadastrar Amostras” e no Quadro 6 está contida a classe Java “HelpGerenciarAmostras” que estende JFrame (classe da API Swing do Java) e implementa JHelpListener (classe da API JHelp), responsável pela apresentação da tela de ajuda (Figura 21).

Nos apêndices A, B, C, D, E, F, G e H encontra-se o conteúdo utilizado no desenvolvimento do módulo de ajuda, o qual explica a forma de utilização do *software* desenvolvido.

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/html4/loose.dtd">
<html>
<h1 align="justify"><font face="Arial">2.1 Cadastrar Amostras</h1>
<font face="Arial">
  <p align="justify" >Para cadastrar uma <b>nova amostra</b> é preciso
informar alguns dados da nova amostra na tela de gerenciamento de amostras
(Figura 2.1):</p>
  <ul type="disc">
    <br><li><b>Descrição</b> da amostra;</li></br>
    <br><li>Seleção da <b>área</b> onde os dados foram
coletados;</li></br>
    <br><li>Seleção do <b>atributo</b> amostral;</li></br>
    <br><li>O <b>número de campos</b> do arquivo txt, com os
dados da amostra;</li></br>
    <br><li>O tipo de <b>separador</b> dos campos do arquivo
txt;</li></br>
    <br><li><b>Latitude</b>, que corresponde ao valor de
cabeçalho do primeiro campo do arquivo txt;</li></br>
    <br><li><b>Longitude</b>, que corresponde ao valor de
cabeçalho do segundo campo do arquivo txt;</li></br>
    <br><li><b>Medida</b>, que corresponde ao valor de
cabeçalho do terceiro campo do arquivo txt;</li></br>
    <br><li>Selecionar através do botão <b>buscar
arquivo</b>, o local aonde está armazenado o arquivo extensão.txt que
contém as coordenadas geográficas de cada ponto amostral e o valor do
atributo amostral. Cada ponto amostral corresponde a um ponto
(geométrico), contendo coordenadas geográficas no padrão
```

```

Longitude/Latitude separados em colunas distintas, devendo ser utilizado o
padrão WGS84 como Datum </li></br>
    <br><li>O <b>código</b> será gerado automaticamente pelo
sistema. </li></br>
</ul>
<p align="justify" >Os dados devem ser comparados com as
características apresentadas pelo arquivo antes de clicar na opção
salvar.</p>
<p align="justify" >Após informados e conferidos os dados, deve-se
clicar na opção <b>salvar</b> da tela de gerenciamento de amostras(Figura
2.1), as amostras serão salvas no banco de dados e carregadas na tela
principal. </p>
</font>
</html>

```

Quadro 6 – Página de Ajuda da opção Cadastrar Amostra

Fonte: Autoria própria.

```

public class HelpGerenciarAmostras extends JFrame implements
JHelpListener {

    JHelpFrame jHelpFrame;

    // imagens utilizadas nos ícones
    ImageIcon voltarIcon = new
ImageIcon("src/help/gerenciarAmostra/figuras/app/Voltar24.gif");
    ImageIcon avancarIcon = new
ImageIcon("src/help/gerenciarAmostra/figuras/app/Avancar24.gif");
    ImageIcon helpIcon = new
ImageIcon("src/help/gerenciarAmostra/figuras/app/Help16.gif");
    JMenuBar jMenuBar = new JMenuBar();
    JMenu jMenu = new JMenu("Ajuda");
    BorderLayout BorderLayout1 = new BorderLayout();

    boolean show_at_startup = true;
    int last_index = 0;

    public HelpGerenciarAmostras() {

        jHelpFrame = new JHelpFrame(new
File("src/help/gerenciarAmostra/conf/help.txt"), this);
        jHelpFrame.addJHelpListener(this);
        jHelpFrame.setTitle("Ajuda");
        jHelpFrame.setSize(600, 450);
        jHelpFrame.setDividerLocation(200);
        voltarIcon.setDescription("Voltar");
        avancarIcon.setDescription("Avancar");
        jHelpFrame.setIconImage(helpIcon.getImage());
        jHelpFrame.setBackIcon(voltarIcon);
        jHelpFrame.setForwardIcon(avancarIcon);
        jHelpFrame.setTabTitleContents("Conteúdo");
        jHelpFrame.setTabTitleSearch("Buscar");
        jHelpFrame.setExtendedState(MAXIMIZED_BOTH);
        jHelpFrame.setTabTitleSearch("Buscar");
        try {
            jbInit();
        }
    }
}

```

```

        catch (Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }

    static HelpGerenciarAmostras helpGerenciarAmostras;

    private void jbInit() throws Exception {
        jHelpFrame.displayContentUID("start");
        jHelpFrame.show();
    }

    void this_windowClosing(WindowEvent e) {
        System.exit(0);
    }
}

```

Quadro 7 – Classe HelpGerenciarAmostras

Fonte: Autoria própria.

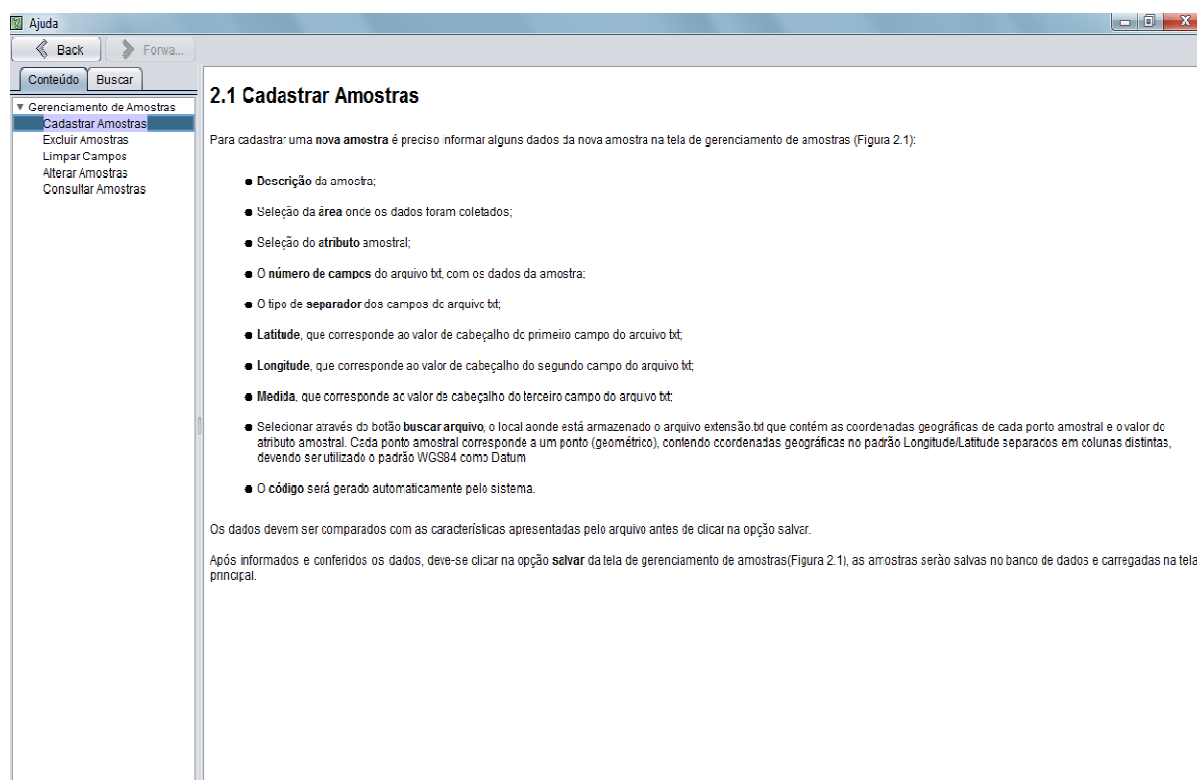


Figura 21 – Tela de Ajuda da opção Cadastrar Amostras

Fonte: Autoria própria.

6.3.5 Definição do Nível de Infestação das Folhas

A estrutura de imagem trabalhada no *OpenCV* é do tipo *IplImage*, para criação de uma imagem é utilizada a função *cvCreateImage()*, passando como parâmetros as dimensões da imagem a ser criada, a profundidade de *pixels* e o

número de canais por *pixel*. Para que a imagem seja liberada posteriormente da memória é preciso fazer uma chamada à função *cvReleaseImage*.

A escolha do modelo de cores é essencial em processamento de imagens, pois é preciso uma representação coerente de cores dos objetos e cenas visualizados, para a interpretação automática. Visando a identificação do melhor espaço de cores para o problema foram feitos testes convertendo a imagem original (Figura 22), capturada no formato de cores padrão (RGB) para outros canais como, tons de cinza, HSV, HSL, e canais matemáticos, como Lab, Luv e XYZ, entre outros.

Para o problema em questão (identificação da folha e das doenças), o sistema demonstrou melhores resultados na identificação de objetos fazendo uso do canal HSL (Figura 23).

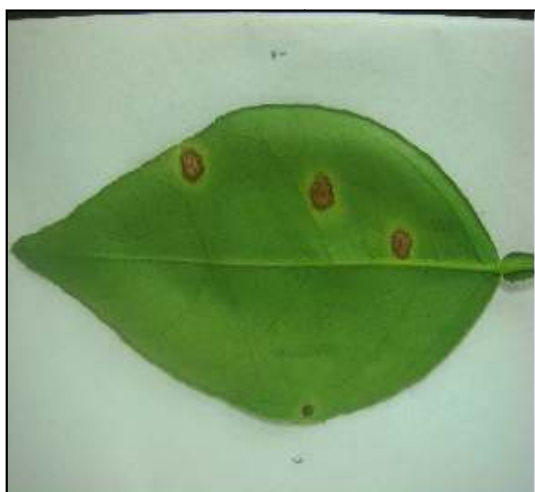


Figura 22 – Imagem canal RGB
Fonte: Autoria Própria.

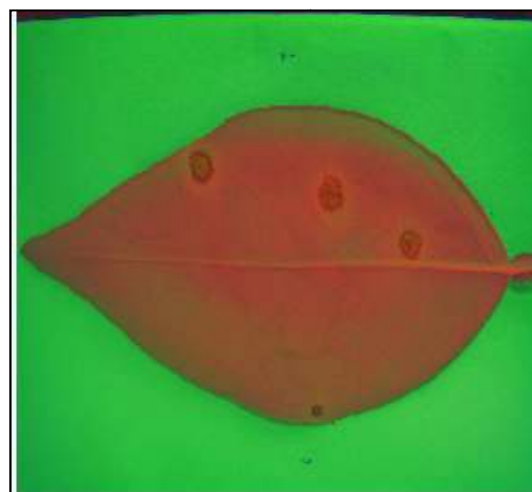


Figura 23- Imagem canal HSL
Fonte: Autoria Própria.

As imagens no canal HSL foram então divididas em três outras imagens (Figuras 24,25 e26) cada uma com um canal de 8 bits, sendo que o canal L (Figura 26) foi o que obteve melhores resultados no reconhecimento da folha e o canal H (Figura 24) para a identificação das doenças.

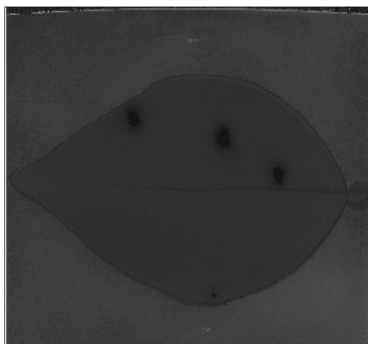


Figura 24 – Canal H
Fonte: Autoria Própria.

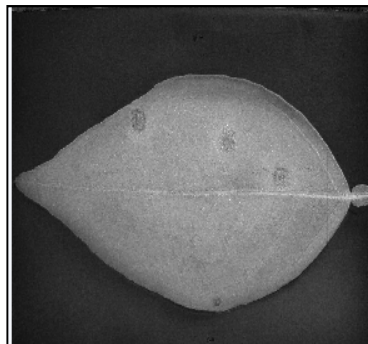


Figura 25 – Canal S
Fonte: Autoria Própria.

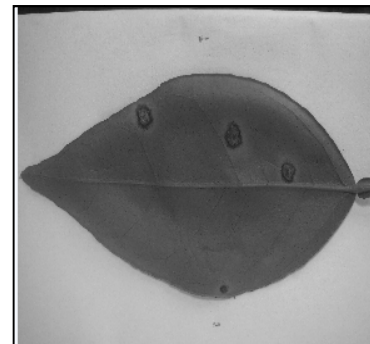


Figura 26 – Canal L
Fonte: Autoria Própria.

O próximo passo foi binarizar as imagens nos canais H (Figura 27) e L (Figura 28), em que os elementos a serem analisados ficam destacados na cor preta e o fundo corresponde a cor branca.

Para a binarização das imagens foi usada a segmentação através do método *cvThreshold*, também conhecido como limiar, aplicado normalmente em imagens tons de cinza para se obter uma imagem binária, com a intenção de detectar objetos em uma imagem, ela é particularmente útil para imagens onde os objetos estão sobre um fundo contrastante, como ocorre neste caso.

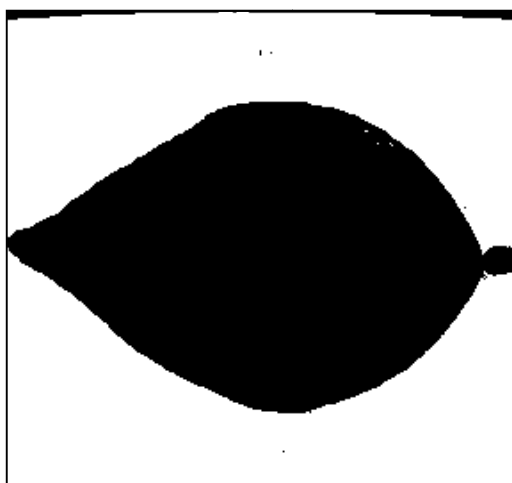


Figura 27 – Resultado da binarização da imagem no canal H
Fonte: Autoria Própria.

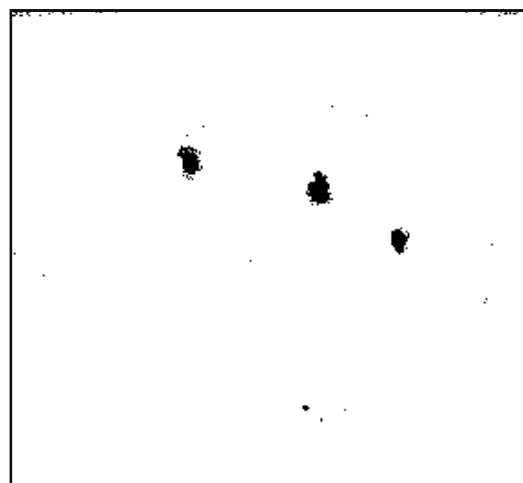


Figura 28 – Resultado da binarização da imagem no canal L
Fonte: Autoria Própria.

A dificuldade está em como determinar um nível de *threshold* ideal que seja útil para todas as imagens, já que o nível de iluminação nunca será exatamente igual, para controlar a maioria dos problemas foi usado na obtenção das imagens um

fundo contrastante com o objeto a ser analisado, o ajuste adequado da luminosidade da imagem e o contraste da câmera.

Foram aplicadas nas imagens as técnicas de morfologia matemática erosão (Figura 29) e dilatação (Figura 30).

Até essa etapa as imagens foram pré-processadas e estão prontas para o processo de segmentação, em que serão extraídas as suas características e objetos de interesse, no caso esses objetos são a folha e se existirem, as doenças.

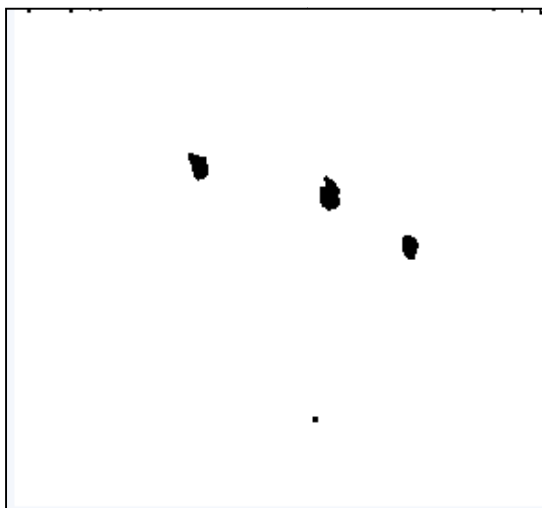


Figura 29 - Imagem Erodida.
Fonte: Autoria Própria.

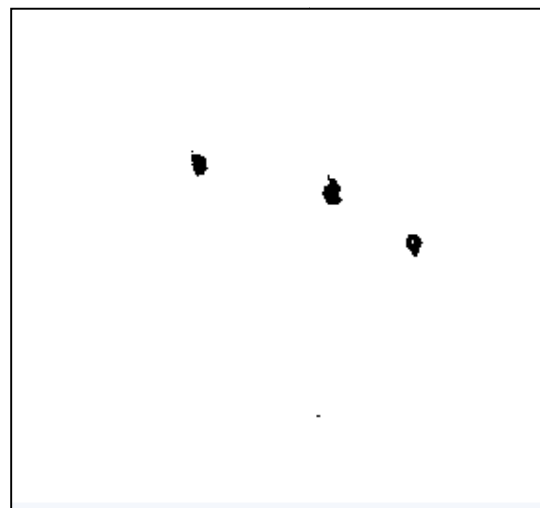


Figura 30- Imagem Dilatada
Fonte: Autoria Própria.

Existem várias técnicas de segmentação de imagens, a técnica utilizada foi a segmentação por detecção de borda. Uma borda é definida por uma mudança com grande declive no nível de intensidade dos pixels. Os detectores de borda servem para encontrar essa variação dos pixels, se esses pixels estiverem muito próximos ou conectados forma-se um contorno, sendo definido então um objeto.

Para a identificação dos contornos dos objetos das imagens foi aplicada a função *cvFindContours*, que devolve uma *cvSeq* contendo a lista de contornos, esses contornos são desenhados em uma nova imagem através da função *cvDrawContours*.

A Figura 31 mostra os contornos da folha e a Figura 32 mostra os contornos das doenças identificadas na folha.

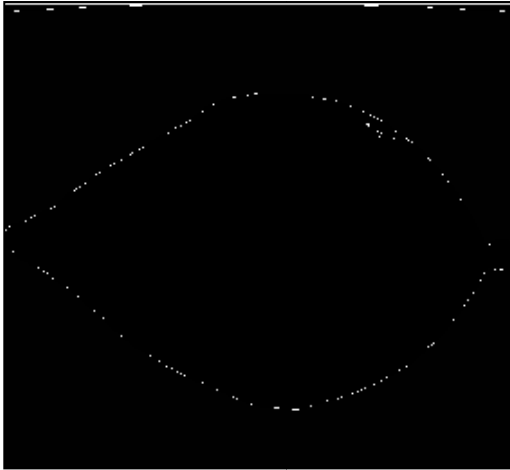


Figura 31 – Contorno da Folha
Fonte: Aatoria Própria.



Figura 32 – Contorno da doenças
Fonte: Aatoria Própria

Através de uma função randômica é escolhida a cor que será atribuída pelo método *cvFloodFill* a cada um dos objetos identificados pelo detector de contornos.

A Figura 33 mostra a folha segmentada e a Figura 34 mostra as doenças identificadas.

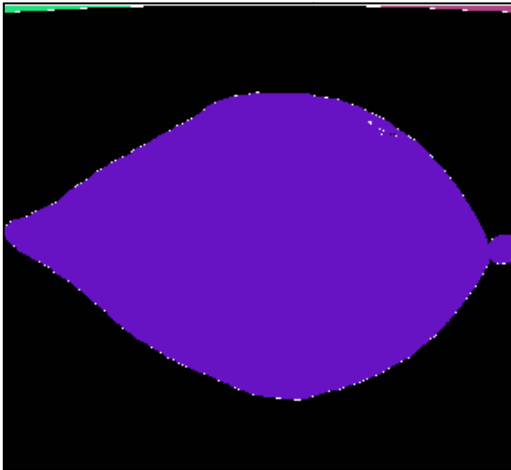


Figura 33 – Folha Processada
Fonte: Aatoria Própria.

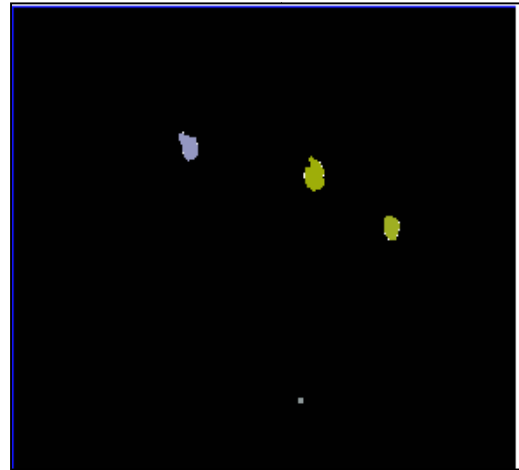


Figura 34 – Doenças Processadas
Fonte: Aatoria Própria.

6.4 INTEGRAÇÃO DO SOFTWARE

Devido a maior facilidade de se trabalhar com reconhecimento de imagens utilizando a linguagem de programação C++, a ferramenta para análise de infestação das folhas foi escrita na linguagem C++.

Não existem APIs de apresentação de dados geográficos compatíveis com a linguagem C++, motivo que levou a optar-se pela linguagem Java para desenvolver essa parte do *software*.

Dessa forma foi preciso integrar os diferentes “módulos” do *software* em um só ambiente de apresentação para o usuário. A tela principal da aplicação Java (Figura 35) possui um botão “*Processar Amostras*” que chama a aplicação desenvolvida na linguagem C++ (Figura 36), através do método “*getRuntime*” da classe “*Runtime*” do Java, como é apresentado no Quadro 6.

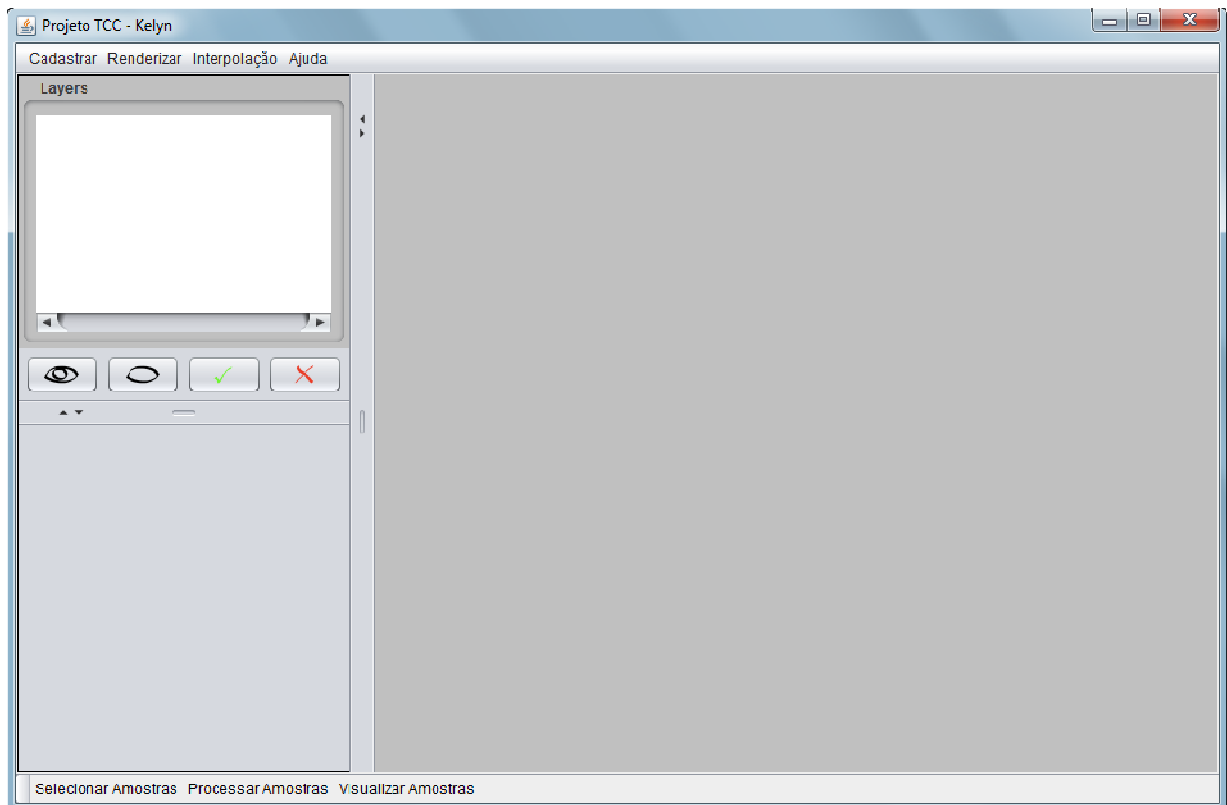


Figura 35 – Tela Principal do Software
Fonte: Autoria própria.

```
jbCarregarAmostras.addActionListener( new ActionListener(){
    @Override
    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        try {
            Runtime.getRuntime().exec("C:/PrjEstagio.exe");
        } catch (IOException ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
    }
});
```

Quadro 8 – Ação do botão Processar Amostras

Fonte: Autoria própria.

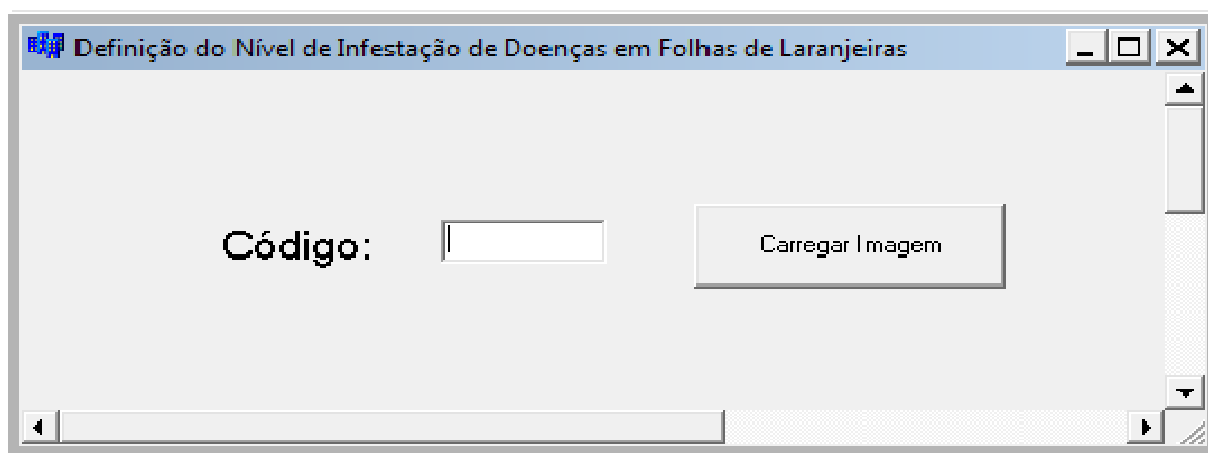


Figura 36– Ferramenta para definição do nível de infestação de doenças em folhas de laranjeiras

Fonte: Autoria própria.

6.5 TESTES

Nos testes de desempenho do *software*, realizou-se o cadastro da área e das amostras, bem como foi realizado o processamento das folhas de cada ponto amostral. O mapa gerado pelo *software* com a camada de área e a camada de amostras corresponde ao apresentado na Figura 37.

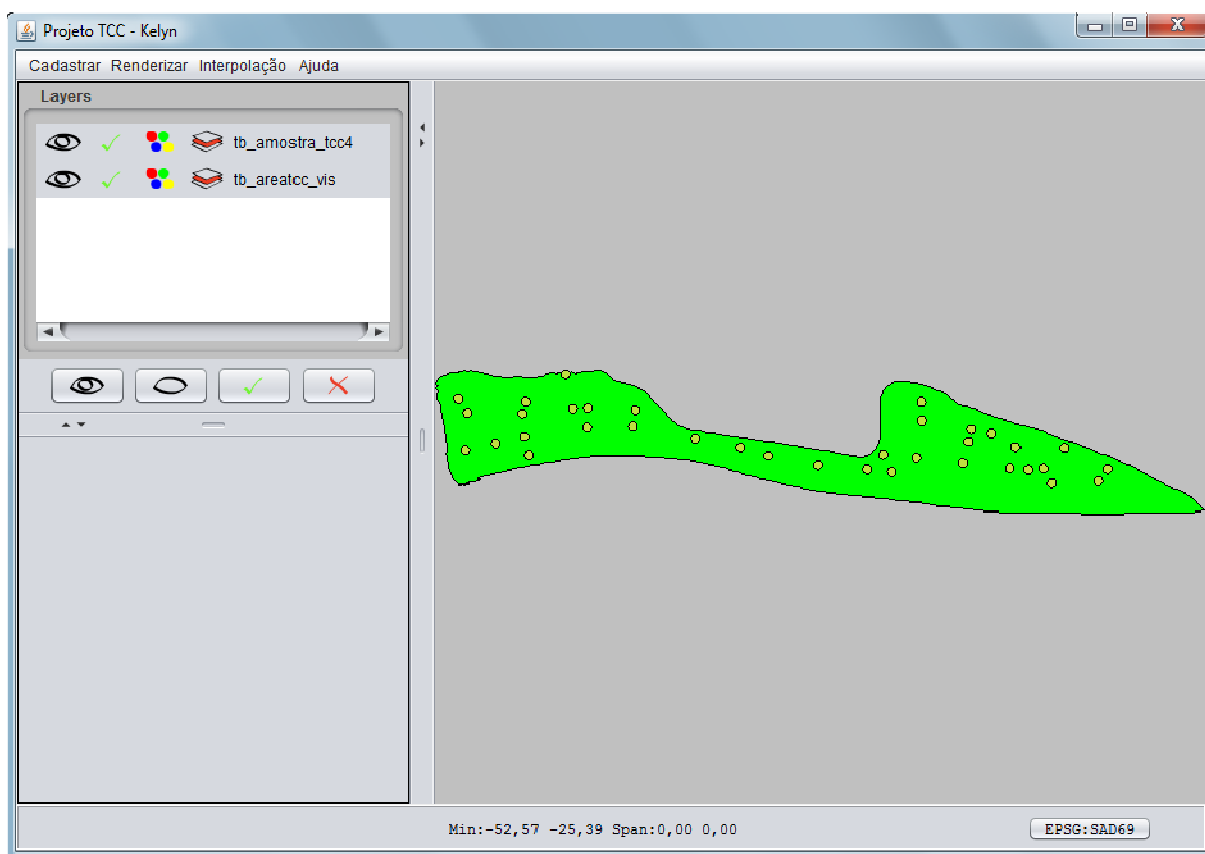


Figura 37 – Mapa da camada de área e amostras
Fonte: Autoria própria.

O mapa de interpolação utilizado para avaliar os níveis de infestação da área, foi gerado utilizando o método de interpolação IDP, com expoente 2, tamanho 8 e numero de pontos 8, a geometria utilizada para representação dos dados no mapa foi polígono com tamanho de 5 x 5 *pixels* cada polígono, conforme apresentado na Figura 38.

Considerou-se os seguintes intervalos para geração do mapa:

- De 0 a 9,99% de infestação, representados pela cor laranja;
- De 10 a 39,99% de infestação, representados pela cor vermelha;
- De 40 a 69,9% de infestação, representados pela cor azul;
- De 70 a 100% de infestação, representados pela cor rosa.

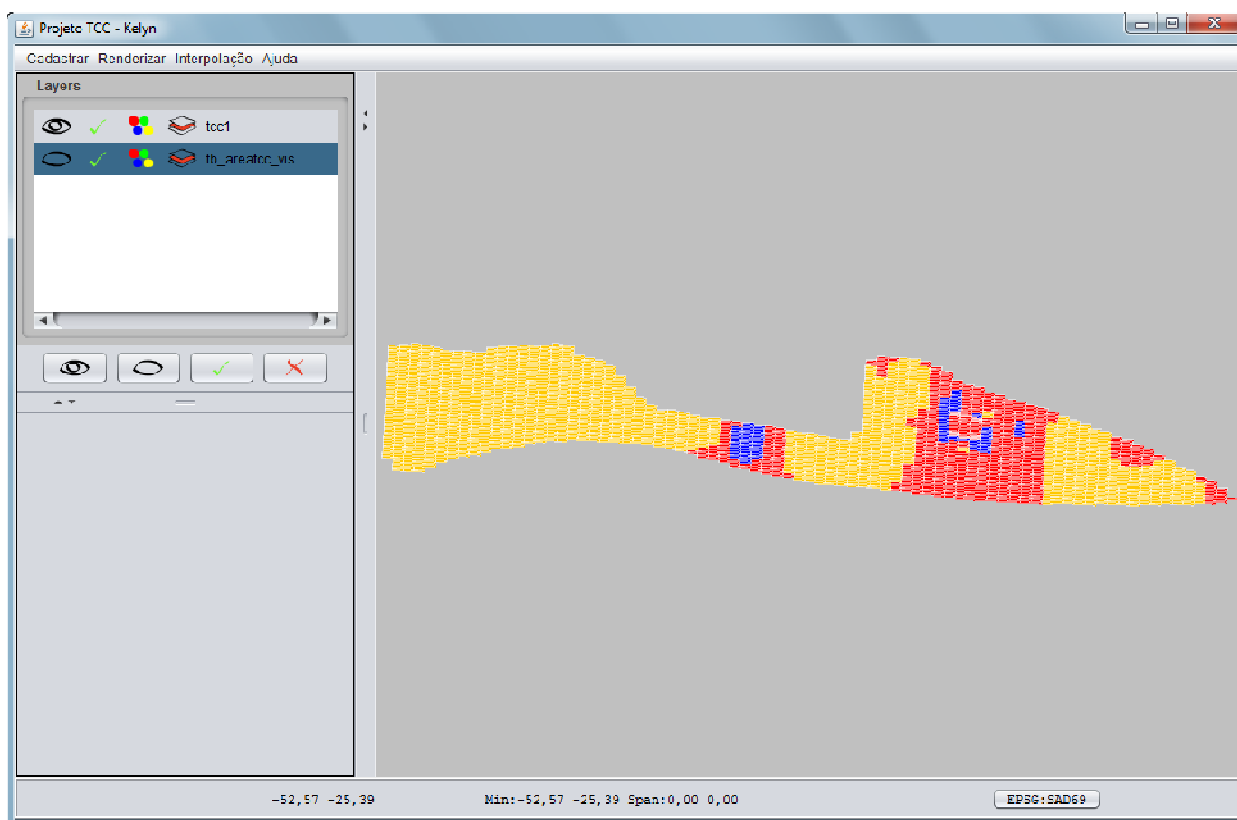


Figura 38 – Mapa temático de Interpolação

Fonte: Autoria própria.

Os mapas gerados pelo *software* representam o nível de infestação de doenças foliares em cada parte da plantação, de forma que um agricultor ou técnico poderá analisar o mapa com o intuito de realizar aplicação de defensivos e fertilizantes em taxa variada.

O trabalho diferenciado em cada área da propriedade faz com que o agricultor possa dar maior atenção aos locais mais infestados, sem que haja desperdícios nas partes que necessitam de menores cuidados, permitindo assim a redução dos custos, a diminuição dos impactos ambientais e um possível aumento da produtividade.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 CONCLUSÃO

Conclui-se que ainda há muita dificuldade em desenvolver um *software* padronizado, que utilize somente uma linguagem de programação, e integre conceitos de processamento de imagens, banco de dados geográficos, apresentação de dados geográficos e geração de mapas temáticos.

A integração das tecnologias da área de informática e de Agricultura de Precisão é de extrema importância para preservação dos recursos ambientais e diminuição dos custos financeiros.

Os SIGs estão ganhando cada vez mais espaço na área agrícola, pois possibilitam uma visualização mais completa do serviço proposto.

O Geotools supriu as necessidade na representação dos dados geográficos e melhor compreensão das informações geográficas.

Para o armazenamento e gerenciamento dos dados o banco de dados PostgreSQL e sua extensão espacial PostGIS, apresentaram-se como uma boa opção de ferramenta gratuita e produtiva na manipulação dos dados geográficos e de atributos.

O *software* apresentou-se como uma opção para geração dos mapas de infestação de doenças foliares em áreas de laranjeiras, permitindo a otimização de práticas agrícolas.

7.2 TRABALHOS FUTUROS/CONTINUAÇÃO DO TRABALHO

Em trabalhos futuros pode-se aprimorar o *software* desenvolvido, utilizando técnicas que permitam que as folhas das amostras sejam coletas a campo, com uma câmera fotográfica comum e condições de iluminação variadas.

Seria viável também reescrever o *software* de modo a permitir se trabalhar com tecnologias móveis.

Realizar testes e se necessário ajustar algumas funcionalidades da parte de processamento de imagens, de modo a permitir a possibilidade de se trabalhar com análise do nível de infestação de doenças foliares em diferentes plantas frutíferas.

Pesquisas podem ser desenvolvidas para construção de dispositivos móveis para coleta de dados, permitindo a facilitação no uso de SIGs atrelados a AP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Thais Seawright de. **A poluição das águas por agrotóxicos**. 2010. Disponível em: <http://www.eduvaleavare.com.br/ethosjus/revista3/pdf/poluicao_aguas.pdf> Acesso em: 25 Set.2011.

BARBOSA, Glenn W. R. **Java: Primeiros passos no estudo da linguagem**. 2010. Disponível em: <http://www.oficinadanet.com.br/artigo/2217/java_primeiros_passos_no_estudo_da_linguagem> Acesso em 05 Set.2011.

BATISTA, Claudio. **Banco de Dados Espaciais**. 2006. Disponível em: <www.dsc.ufcg.edu.br/~baptista/cursos/SIG/bdespacial.ppt>. Acesso em: 06 Out.2011.

BOLFE, Edson L.; BOLFE, Ana P. F.; SIQUEIRA, Edmar R. de.; RAGE, Maria S. A. **Utilização de geoprocessamento como subsídio na implantação de sistemas agroflorestais sucessionais**. 2004. Disponível em: <<http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr2/pdfs/poster26.pdf>>. Acesso em: 23 Set.2011.

CÂMARA, Gilberto; QUEIROZ, Gilberto R. **Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica**. Salvador, 1998. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitetura.pdf>> Acesso em: 28 Set.2011.

COELHO, Edy C. **Influência da densidade amostral e tipo de interpolador na elaboração de mapas temáticos**. 2006. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/tede//tde_arquivos/1/TDE-2006-12-08T160515Z-53/Publico/Edy%20Celia%20Coelho%20-%202006.pdf> Acesso em: 23 Set.2011.

CONCI, Aura; AZEVEDO, Eduardo; LETA, Fabiana. **Computação Gráfica: Teoria e Prática**. 1.ed. São Paulo: Campus, 2007.

FERREIRA, Nelson C. **Apostila de Sistema de Informações Geográficas**. Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás, Goiânia, 2006.

FILHO, Odilon Herculano Soares. **Utilização do Framework Hibernate para Mapeamento Objeto/Relacional na Construção de um Sistema de Informação**.

Blumenau, 2006. Disponível em: <<http://campeche.inf.furb.br/tccs/2006-I/2006-1odilonherculanosoarefillhovf.pdf>> Acesso em: 21 Out.2011.

GONZALEZ, Rafael.C; WOODS, Richard.E. **Processamento Digital de Imagens**. 3. ed. São Paulo: Longman, 2009.

GEOTOOLS. **About Geotools**. 2011. Disponível em: <<http://geotools.org/about.html>> Acesso em 10 Out.2011.

JPACKAGES. **JHelp – Java Content Package**. 2011. Disponível em: <<http://www.jpackages.com/jhelp/>>. Acesso em: 05 Out.2011.

KEKLER, D. **Surfer® for Windows: User's Guide**. Golden Software, Inc. 1994.

MANUAL POSTGIS. Disponível em: <<http://webgis.com.br/postgis/>> Acesso em 30 Set.2011.

MOLIN, Paulo G; STAPE, Luis J. **Diferença na alocação de uma reserva legal de critérios ambientais versus uma de critérios-econômicos com o uso de ferramentas de SIG**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007, p.1749-1756. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.20.03/doc/1749-1756.pdf>> Acesso em: 23 Set.2011.

OLIVEIRA, Willian Ribeiro. **Diagrama de Classes**. Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2001.

ORACLE. **Java SE**. 2011. Disponível em: <<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/overview/index.html>> Acesso em 05 Set.2011.

PEDRINI, Helio; SCHWARTZ, William. R. **Análise de Imagens Digitais: Princípios, Algoritmos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Thomson, 2008.

POSTGREESQL. **Sobre o PostgreSQL**. 2011. Disponível em: <<http://www.postgresql.org.br/sobre>> Acesso em: 30 Set.2011.

QUADRO, Fernando. **Introdução ao PostGIS**. 2010. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/fernandoquadro/introduo-ao-postgis>> Acesso em: 30 Set.2011.

RIBAMAR, F.S. **PostgreSQL Prático**. 2006. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/1555969/postgresql-pratico>> Acesso em 10 Out.2011.

SANTOS, Eula R. S.; FERREIRA, Nilson C. **Geoprocessamento Aplicado na Identificação de Áreas com Lançamentos Clandestinos de Resíduos da Construção Civil no Município de Goiânia**. 2008. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.04.14/doc/4339-4346.pdf>>. Acesso em: 23 Set.2011.

SCOTT, Kendall. **O Processo Unificado Explicado**. Bookman Editora, 2003.

SERPRO. **Modelo de Governança e Gestão do Modelo Global de Dados – MGC**. 2010. Disponível em: <<http://modeloglobaldados.serpro.gov.br/modelo-de-governanca-e-gestao/MGD%20-%20Modelo%20de%20Governanca%20e%20Gestao.pdf>> Acesso em 06 Out.2011.

SILVA, Ardemirio de Barros. **Sistemas de Informações Geo-Referenciadas**. Ed. Unicamp, Campinas-SP, 2003.

SILVA, Reginaldo M. **Introdução ao Geoprocessamento: conceitos, técnicas e aplicações**. Ed.Feevale, Novo Hamburgo-RS, 2007.

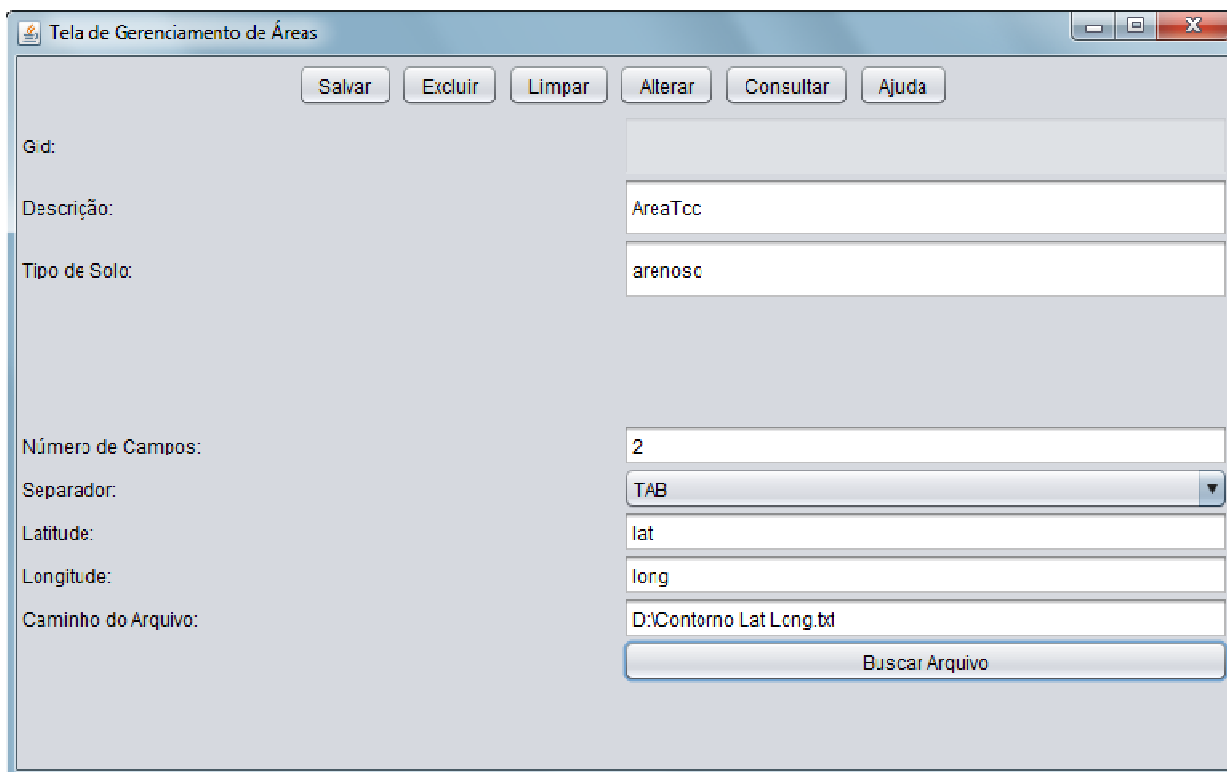
APÊNDICES

APÊNDICE A – Opção de Ajuda da tela de Gerenciamento de Áreas

1 GERENCIAMENTO DE ÁREAS

Ao clicar na opção do menu da tela principal **Cadastrar Áreas** é aberta a tela de gerenciamento de áreas (Figura 1). O gerenciamento de áreas compreende as seguintes operações:

- Salvar Área;
- Excluir Área;
- Limpar Campos;
- Alterar Área;
- Consultar áreas cadastradas.



A captura de tela mostra uma janela de software intitulada "Tela de Gerenciamento de Áreas". No topo, há uma barra de menu com os seguintes botões: Salvar, Excluir, Limpar, Alterar, Consultar e Ajuda. Abaixo, há um formulário com os seguintes campos:

Gid:	
Descrição:	AreaTcc
Tipo de Solo:	arenosc
Número de Campos:	2
Separador:	TAB
Latitude:	lat
Longitude:	long
Caminho do Arquivo:	D:\Contorno Lat Long.txt

Na base do formulário, há um botão "Buscar Arquivo".

Figura 1 - Tela de Gerenciamento de Áreas
Fonte: Autoria própria

1.1 CADASTRO DE ÁREAS

Para cadastrar uma **nova área** é preciso informar alguns dados da área que se deseja cadastrar, na tela de gerenciamento de áreas (Figura 1):

- A **Descrição** da área;
- O **tipo de solo** da área;
- O **número de campos** do arquivo “.txt”, em que estão armazenadas as coordenadas da área;
- O tipo de **separador** dos campos do arquivo “.txt”;
- **Latitude**, que corresponde ao valor de cabeçalho do primeiro campo do arquivo “.txt”;
- **Longitude**, que corresponde ao valor de cabeçalho do segundo campo do arquivo “.txt”;
- Selecionar através do botão **Buscar Arquivo**, o local em que está armazenado o arquivo extensão “.txt” que contém as coordenadas geográficas referentes ao polígono que representa a área. Os dados devem ser apresentados em formato Longitude/Latitude e separados em colunas distintas, devendo ser utilizado o padrão WGS84 como *Datum* padrão;
- O **código** será gerado automaticamente pelo sistema.

Os dados fornecidos devem ser comparados com os armazenados no arquivo “.txt” antes de clicar na opção salvar.

Após informados e conferidos os dados, deve-se clicar na opção **Salvar** da tela de gerenciamento de áreas (Figura 1), a área será salva no banco de dados e carregada na tela principal.

1.2 EXCLUIR ÁREA

Para excluir uma área é necessário buscá-la no banco de dados, através da opção **Consultar** da tela de gerenciamento de áreas (Figura 1), serão retornados na tela os dados da área selecionada.

Após os dados serem retornados, é preciso clicar na opção **Excluir** do menu de botões da tela de gerenciamento de áreas (Figura 1), para que a área seja excluída do banco de dados.

A área só será excluída se não estiver relacionada a nenhuma outra tabela do banco de dados.

1.3 LIMPAR CAMPOS

Ao clicar na opção **Limpar** do menu de botões da tela de gerenciamento de áreas (Figura 1), os dados digitados nos campos da tela são apagados.

1.4 ALTERAR ÁREA

Para alterar uma área é necessário buscá-la no banco de dados, através da opção **Consultar** do menu de botões da tela de gerenciamento de áreas (Figura 1), serão retornados na tela os dados da área selecionada.

Após os dados serem retornados, deve-se alterar os campos desejados e clicar na opção **Alterar** do menu de botões para que os dados da área sejam alterados no banco de dados.

1.5 CONSULTAR ÁREAS

Ao clicar na opção **Consultar** do menu de botões da tela de gerenciamento de áreas (Figura 1), é apresentada a tela de consulta de áreas cadastradas no banco de dados (Figura 2).

Para que a consulta seja retornada na tela de gerenciamento de áreas é preciso selecionar uma área e clicar no botão **Abrir**.

Clicando no botão **Cancelar**, o usuário fecha a tela de consulta de áreas.

Por se tratar de uma janela modal, não podem ser realizadas operações na tela de gerenciamento de áreas, até que a tela de consulta de áreas seja fechada.

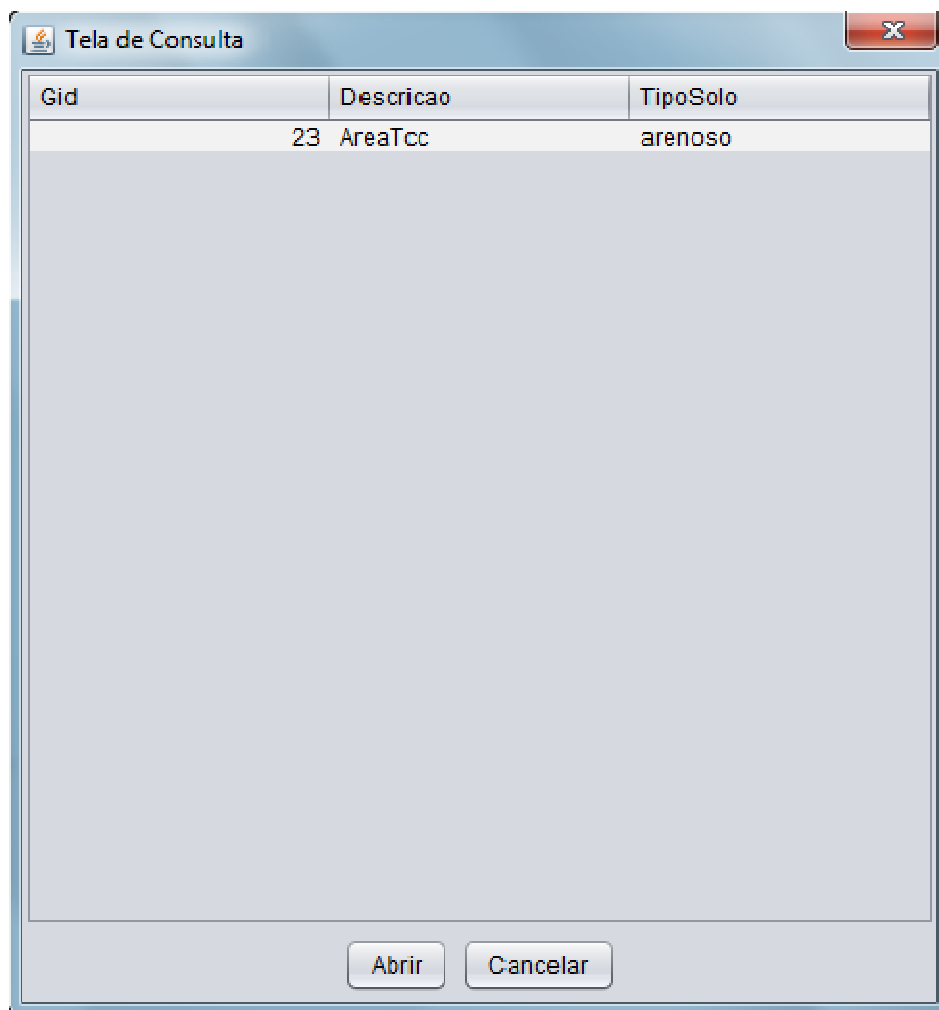


Figura 2- Tela de Consulta de Áreas
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE B– Opção de Ajuda da tela de Gerenciamento de Amostras

1 GERENCIAMENTO DE AMOSTRAS

Ao clicar na opção do menu **Cadastrar Amostras** é apresentada a tela de gerenciamento de amostras (Figura 1). O gerenciamento de amostras compreende as seguintes operações:

- Salvar Amostra;
- Excluir Amostra;
- Limpar Campos;
- Alterar Amostra;
- Consultar amostras cadastradas.

Tela de Gerenciamento de Amostras

Salvar Excluir Limpar Alterar Consultar Ajuda

Gid: _____

Descrição: tcc4

Área: AreaTcc

Atributo: doença foliar

Número de Campos: 3

Separador: TAB

Latitude: long

Longitude: lat

Medida: z

Caminho do Arquivo: D:\pontos.bt

Buscar Arquivo

Figura 1 - Tela de Gerenciamento de Amostras
Fonte: Autoria própria.

1.1 CADASTRO DE AMOSTRAS

Para cadastrar uma **nova amostra** é preciso informar alguns dados da nova amostra na tela de gerenciamento de amostras (Figura 1):

- **Descrição** da amostra;
- Seleção da **área** onde os dados foram coletados;
- Seleção do **atributo** amostral;
- O **número de campos** do arquivo “*txt*”, com os dados da amostra;
- O tipo de **separador** dos campos do arquivo “*txt*”;
- **Latitude**, que corresponde ao valor de cabeçalho do primeiro campo do arquivo “*txt*”;
- **Longitude**, que corresponde ao valor de cabeçalho do segundo campo do arquivo “*txt*”;
- **Medida**, que corresponde ao valor de cabeçalho do terceiro campo do arquivo “*txt*”;
- Selecionar através do botão **Buscar Arquivo**, o local em que está armazenado o arquivo “*txt*” que contém as coordenadas geográficas de cada ponto amostral e o valor do atributo amostral. Cada ponto amostral corresponde a um ponto (geométrico), contendo coordenadas geográficas no padrão Longitude/Latitude separados em colunas distintas, devendo ser utilizado o padrão WGS84 como *Datum* padrão;
- O **código** será gerado automaticamente pelo sistema.

Os dados devem ser comparados com as características apresentadas pelo arquivo antes de clicar na opção Salvar.

Após informados e conferidos os dados, deve-se clicar na opção **Salvar** da tela de gerenciamento de amostras (Figura 1), as amostras serão salvas no banco de dados e carregadas na tela principal.

1.2 EXCLUIR AMOSTRA

Para excluir uma amostra é necessário buscá-la no banco de dados, através da opção **Consultar** da tela de gerenciamento de amostras (Figura 1), serão retornados na tela os dados da amostra selecionada.

Após os dados serem retornados, é preciso clicar na opção **Excluir** do menu de botões da tela de gerenciamento de amostras (Figura 1), para que a amostra seja excluída do banco de dados.

A amostra só será excluída se não estiver relacionada a nenhuma outra tabela do banco de dados.

1.3 LIMPAR CAMPOS

Ao clicar na opção **Limpar** do menu de botões da tela de gerenciamento de amostras (Figura 1), os dados digitados nos campos da tela são apagados.

1.4 ALTERAR AMOSTRA

Para alterar uma amostra é necessário buscá-la no banco de dados, através da opção **Consultar** do menu de botões da tela de gerenciamento de amostras (Figura 1), serão retornados na tela os dados da amostra selecionada.

Após os dados serem retornados, deve-se alterar os campos desejados e clicar na opção **Alterar** do menu de botões da tela de gerenciamento de amostras (Figura 1), para que os dados da amostra sejam alterados no banco de dados.

1.5 CONSULTAR AMOSTRAS

Ao clicar na opção **Consultar** do menu de botões da tela de gerenciamento de amostras (Figura 1), é apresentada a tela de consulta de amostras cadastradas no banco de dados (Figura 1).

Para que a consulta seja retornada na tela de gerenciamento de amostras é preciso selecionar uma amostra e clicar no botão **Abrir**.

Clicando no botão **Cancelar**, o usuário fecha a tela de consulta de amostras.

Por se tratar de uma janela modal, não podem ser realizadas operações na tela de gerenciamento de amostras, até que a tela de consulta de amostras seja fechada.

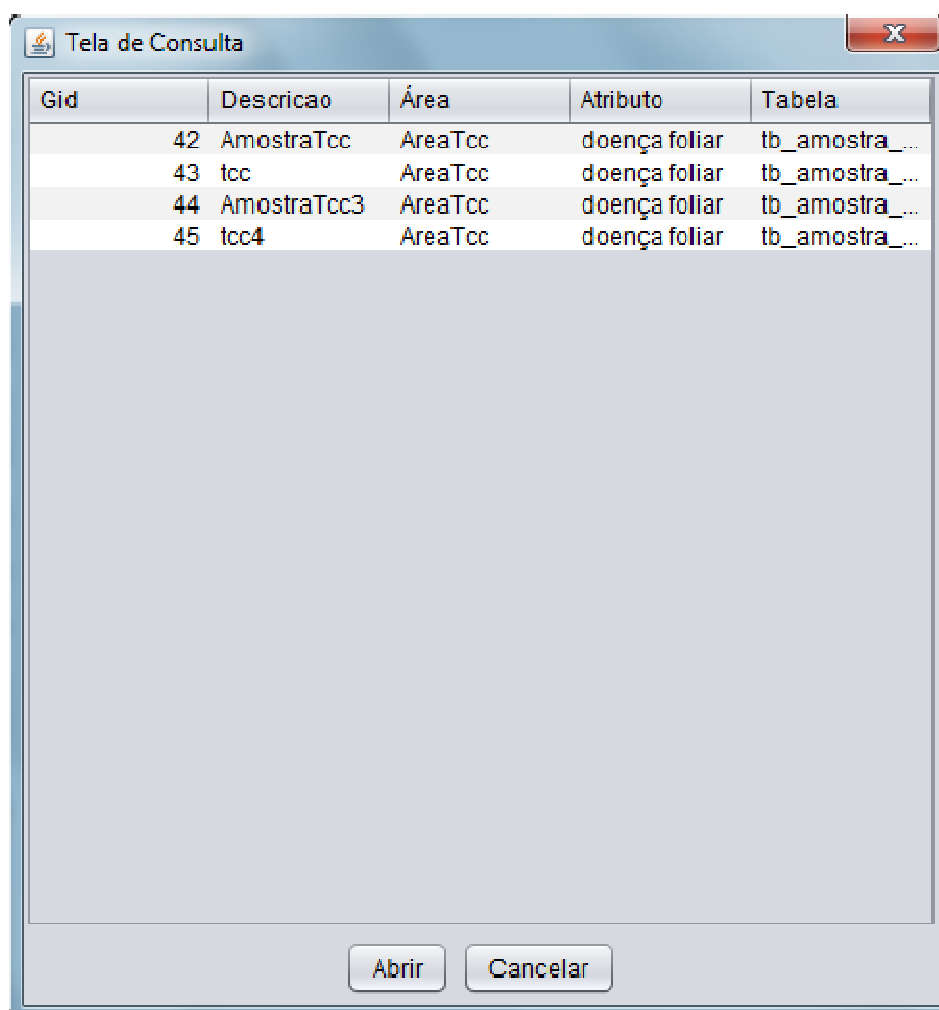


Figura 2- Tela de Consulta de Amostras
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE C– Opção de Ajuda da tela de Gerenciamento de Atributos

1 GERENCIAMENTO DE ATRIBUTOS

Ao clicar na opção do menu **Cadastrar Atributos** é apresentada a tela de gerenciamento de atributos (Figura 1). O gerenciamento de atributos compreende as seguintes operações:

- Salvar Atributo;
- Excluir Atributo;
- Limpar Campos;
- Alterar Atributo;
- Consultar atributos cadastrados.

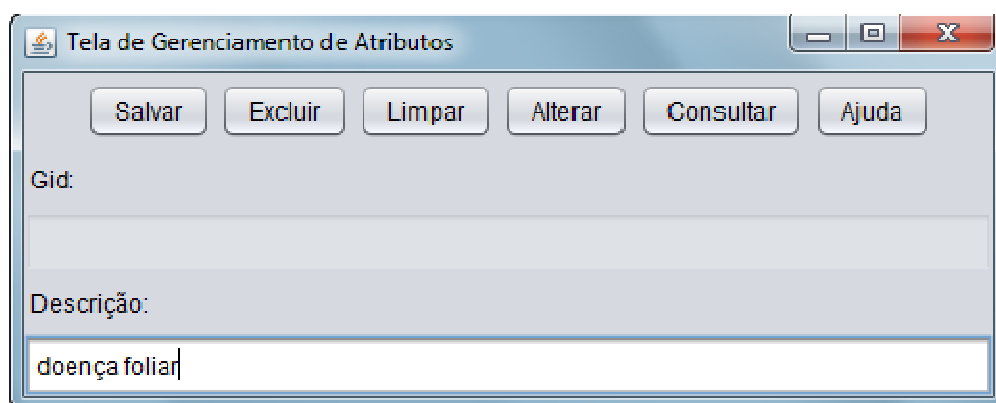


Figura 1 - Tela de Gerenciamento de Atributos
Fonte: Autoria própria.

1.1 CADASTRO DE ATRIBUTOS

Para cadastrar um **novo atributo** é preciso informar na tela de gerenciamento de atributos (Figura 1) a **descrição** do novo atributo. O **código** será gerado automaticamente pelo sistema.

Após informados os dados do novo atributo, deve-se clicar na opção **Salvar** da tela de gerenciamento de atributos (Figura 1), o atributo será salvo no banco de dados.

1.2 EXCLUIR ATRIBUTOS

Para excluir um atributo é necessário buscá-lo no banco de dados, através da opção **Consultar** do menu de botões da tela de gerenciamento de atributos (Figura 1), serão retornados na tela os dados do atributo selecionado.

Após os dados serem retornados, é preciso clicar na opção **Excluir** do menu de botões da tela de gerenciamento de atributos (Figura 1) para que o atributo seja excluído do banco de dados.

O atributo só será excluído se não estiver relacionado a nenhuma amostra no banco de dados.

1.3 LIMPAR CAMPOS

Ao clicar na opção **Limpar** do menu de botões da tela de gerenciamento de atributos (Figura 1), os dados digitados nos campos da tela serão apagados.

1.4 ALTERAR ATRIBUTO

Para alterar um atributo é necessário buscá-lo no banco de dados, através da opção **Consultar** da tela de gerenciamento de atributos (Figura 1), serão retornados nessa tela os dados do atributo selecionado.

Após os dados serem retornados, deve-se alterar a descrição (o código não pode ser alterado) e clicar na opção **Alterar** do menu de botões da tela de gerenciamento de atributos (Figura 1) para que os dados do atributo sejam alterados no banco de dados.

1.5 CONSULTAR ATRIBUTOS

Ao clicar na opção **Consultar** do menu de botões da tela de gerenciamento de atributos (Figura 1), é apresentada a tela de consulta de atributos cadastrados no banco de dados (Figura 2).

Para que a consulta seja retornada na tela de gerenciamento de atributos é preciso selecionar um atributo e clicar no botão **Abrir**.

Clicando no botão **Cancelar**, o usuário fecha a tela de consulta de atributos.

Por se tratar de uma janela modal, não podem ser realizadas operações na tela de gerenciamento de atributos, até que a tela de consulta de atributos seja fechada.

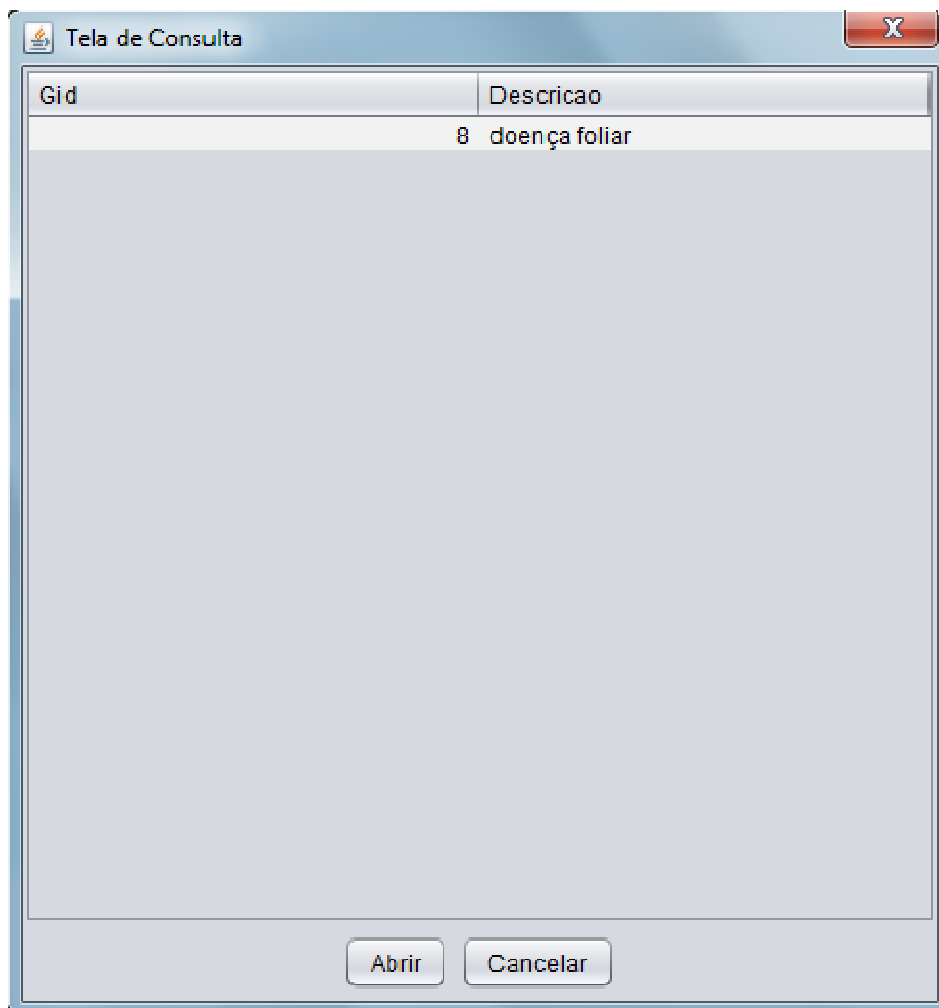


Figura 2- Tela de Consulta de Atributos
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE D– Opção de Ajuda da tela de Renderização de Áreas e Amostras

Ao serem cadastradas as áreas e/ou amostras são renderizadas na tela principal, mas o usuário pode solicitar a renderização dessas áreas e/ou amostras novamente em outro momento. O *software* permite a renderização de áreas e/ou amostras, através do menu **Renderizar**, que apresenta os sub-itens **Áreas** e **Amostras**.

O processo de renderização de áreas e amostras é o mesmo, na **Tela de Renderização de Amostras** (Figura 1) (ou áreas) são apresentadas as amostras (ou áreas) cadastradas no banco de dados, é preciso selecionar a amostra (ou área) que se deseja renderizar e clicar no botão **Renderizar Amostra** (ou Renderizar Área).



Figura 1 – Tela de Renderização de Amostras

Fonte: Autoria própria.

Ao clicar no botão **Renderizar Amostra** da Tela de Renderização de Amostras (Figura 1) (ou áreas) a amostra (ou área) é apresentada na Tela Principal (Figura 2).

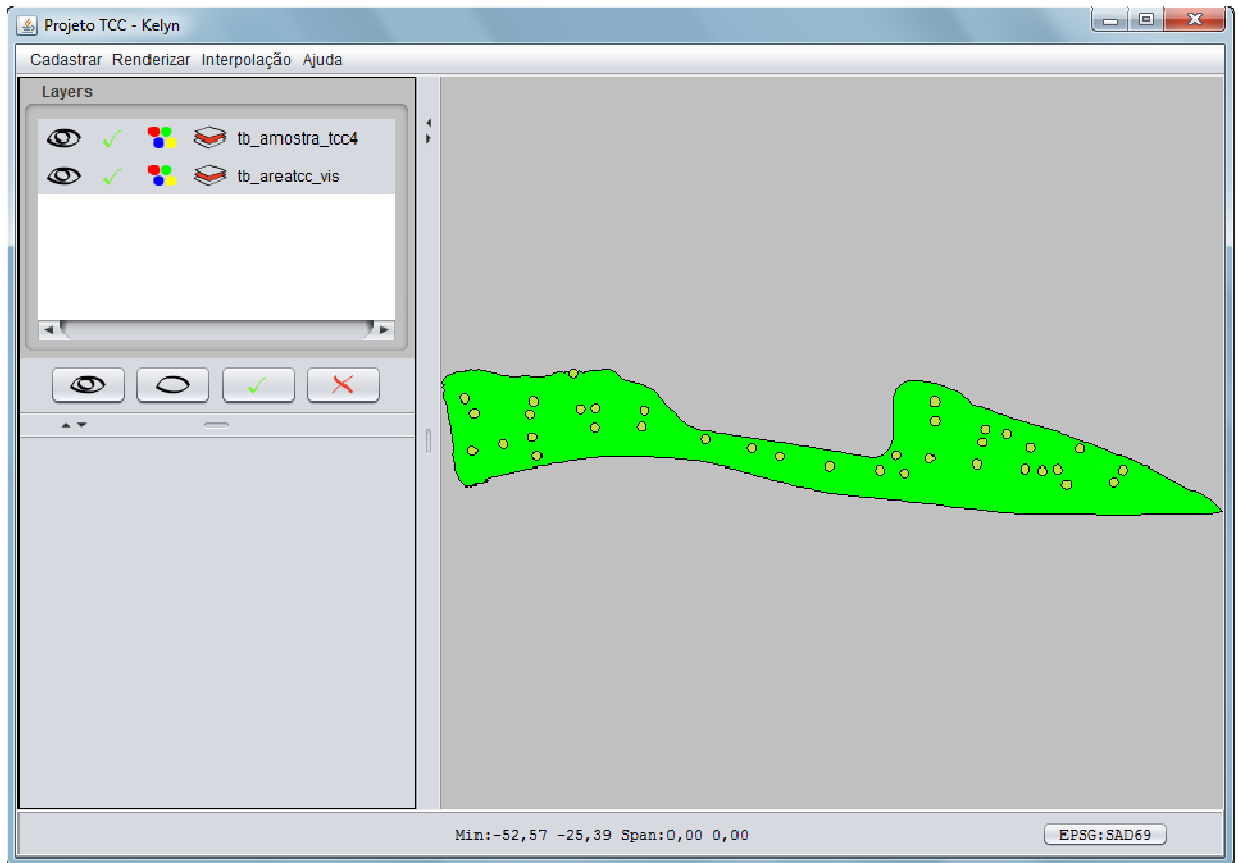


Figura 2 – Renderização de Amostras
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE E – Opção de Ajuda da tela de Gerenciamento de Interpolações

1 GERENCIAR INTERPOLAÇÕES

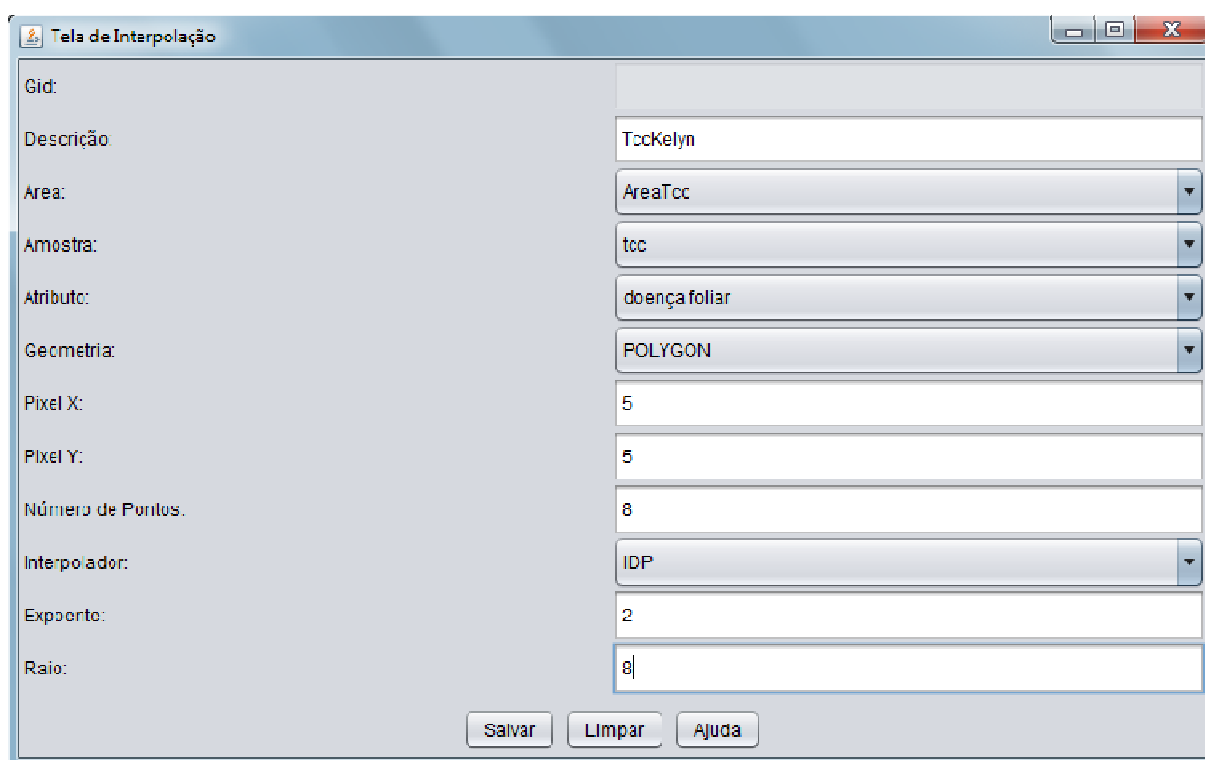
Os mapas temáticos podem ser gerados e visualizados por meio do menu **Interpolação** na tela principal do *software*.

1.1 CADASTRAR INTERPOLAÇÃO

Para cadastrar uma **nova grade de interpolação** é preciso acessar no menu Interpolação a opção **Cadastrar Interpolações** e informar na tela de Gerenciamento de Interpolações (Figura 1) alguns dados da nova grade a ser cadastrada:

- **Nome/Descrição**, corresponde ao nome da nova grade a ser cadastrada;
- Seleção da **área** em que se deseja interpolar os dados amostrais;
- Seleção da **amostra** que se deseja interpolar;
- Seleção do **atributo** das amostras que se deseja interpolar;
- Seleção da **Geometria** que se deseja representar a grade de interpolação, permitindo que o usuário gere superfícies contínuas (*Polygon*) ou pontos (*Point*) para representação do mapa a ser gerado;
- **Pixel X**, corresponde ao tamanho em metros da distância entre o centro de um polígono e outro mais próximo ou entre dois pontos próximos (opção Vertical);
- **Pixel Y**, corresponde ao tamanho em metros da distância entre o centro de um polígono e outro mais próximo ou entre dois pontos próximos (opção Horizontal);
- **Número de Pontos**, é a opção de número de pontos mais próximos a serem considerados para interpolação;

- **Seleção do Interpolador**, permitindo que seja selecionada a opção de interpolação MM ou IDP;
- **Expoente**, é o valor do expoente do interpolador IDP e que permite dar prioridade ou maior importância para vizinhos mais próximos (quanto maior o expoente, maior a importância para os pontos amostrais mais próximos);
- **Raio**, corresponde ao parâmetro de configuração para definir a distância para que sejam selecionadas amostras para interpolação de um *pixel*.



A imagem mostra a interface gráfica de usuário para a configuração de interpolação. A janela, intitulada 'Tela de Interpolação', contém os seguintes campos e controles:

Gid:	
Descrição:	Tockelyn
Area:	AreaTcc
Amostra:	tcc
Atributo:	doença foliar
Geometria:	POLYGON
Pixel X:	5
Pixel Y:	5
Número de Pontos:	8
Interpolador:	IDP
Expoente:	2
Raio:	8

Na base da janela, há três botões: 'Salvar', 'Limpar' e 'Ajuda'.

Figura 1 – Tela de Gerenciamento de Interpolações

Fonte: Autoria própria.

Após informados os dados da nova grade, deve-se clicar na opção **Salvar** da **Tela de Interpolação** (Figura 1), a grade será salva no banco de dados, e será aberta a tela de **Carregamento de Grades de Interpolação** (Figura 2) para apresentação do mapa temático de interpolação.

É preciso selecionar em que intervalos de cores as interpolações serão mostradas na tela, deve-se clicar no botão *add* para adicionar um novo intervalo de interpolação, sendo permitido o máximo de 4 intervalos. Pode-se utilizar os valores predefinidos ou modificá-los.

De	Até	Cor
0	9.99	Amarelo
10	39.99	Vermelho
40	69.99	Azul
70	100	Rosa

Buttons: Add, Carregar Grade, Limpar Dados

Figura 2 - Tela de Carregamento de Grades de Interpolação
Fonte: Autoria própria.

Definido o mapa a ser apresentado na tela, é preciso clicar no botão **Carregar Grade** da Tela de Carregamento de Grades de Interpolação (Figura 2), logo após o mapa temático de interpolação é apresentado na tela principal (Figura 3).

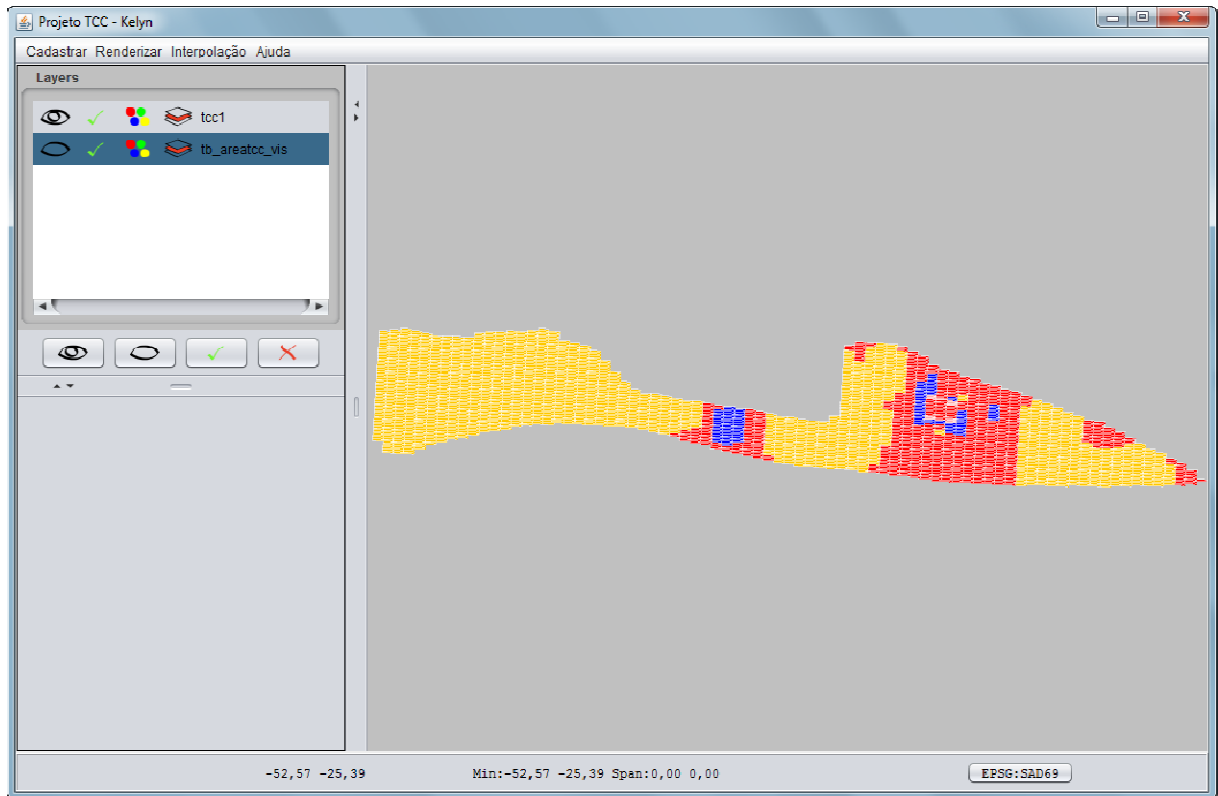


Figura 3 – Apresentação do Mapa Temático de Interpolação na Tela Principal
Fonte: Autoria própria.

1.2 VISUALIZAR INTERPOLAÇÃO

O usuário pode solicitar a visualização de uma grade de interpolação já cadastrada anteriormente no banco de dados, através da opção **Visualizar Interpolações** do menu Interpolação. Será apresentada a tela de **Carregamento de Grades de Interpolação** (Figura 4) para definição dos intervalos de apresentação do mapa de temático de interpolação.

É preciso selecionar a **grade** e em que intervalos de cores as interpolações serão mostradas na tela, deve-se clicar no botão *add* para adicionar um novo intervalo de interpolação, sendo permitido o máximo de 4 intervalos. Pode-se utilizar os valores predefinidos ou modificá-los.

De:	Até:	Cor
0	9.99	Amarelo
10	39.99	Vermelho
40	69.99	Azul
70	100	Rosa

Grade:

Carregar Grade Limpar Dados

Figura 4 - Tela de Carregamento de Grades de Interpolação
Fonte: Autoria própria.

Definido o mapa a ser apresentado na tela, é preciso clicar no botão **Carregar Grade** da Tela de Carregamento de Grades de Interpolação (Figura 4), logo após o mapa temático de interpolação é apresentado na tela principal (Figura 3).

APÊNDICE F– Opção de Ajuda da tela de Seleção de Caminho dos Arquivos dos Pontos Amostrais

Ao clicar no botão **Selecionar Amostras** da tela principal, o usuário pode cadastrar o caminho do arquivo (pasta) que contem as amostras das folhas de cada ponto amostral através da **Tela de Seleção de Caminho dos Pontos Amostrais** (Figura 1), para isso é preciso selecionar a amostra e através do botão **Buscar Arquivo** selecionar o caminho da pasta em que encontra-se as folhas que serão processadas para a definição do nível de infestação daquele ponto. Ao clicar no botão **Salvar** os dados serão salvos no banco de dados.

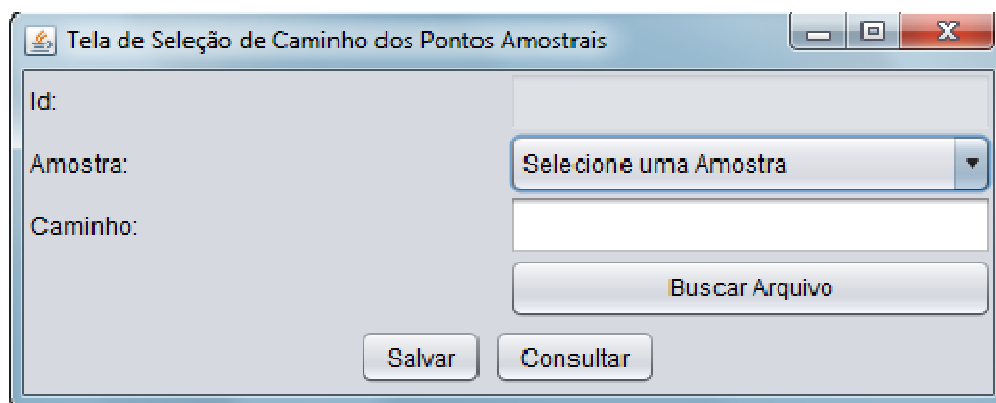
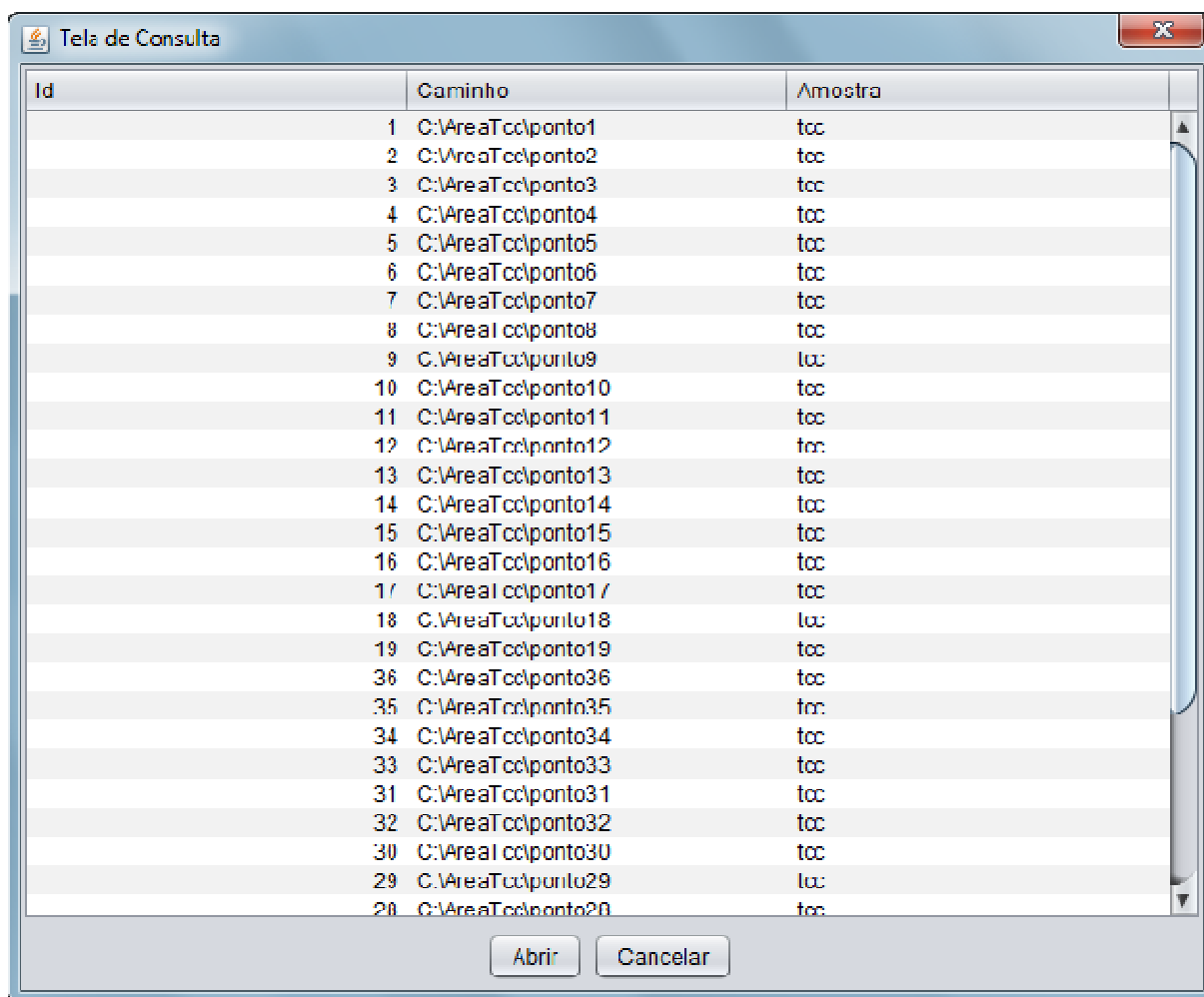


Figura 1 – Tela de Seleção de Caminho dos Pontos Amostrais
Fonte: Autoria própria.

Pode-se consultar o local onde as folhas de cada ponto amostral foram armazenadas, através do botão Consultar da tela de Seleção de Caminho de Pontos Amostrais (Figura 1), essa consulta retorna o código, o caminho e a amostra de cada ponto, conforme mostrado na Figura 2.



Id	Caminho	Amostra
1	C:\AreaTcd\ponto1	tcc
2	C:\AreaTcd\ponto2	tcc
3	C:\AreaTcd\ponto3	tcc
4	C:\AreaTcd\ponto4	tcc
5	C:\AreaTcd\ponto5	tcc
6	C:\AreaTcd\ponto6	tcc
7	C:\AreaTcd\ponto7	tcc
8	C:\AreaTcd\ponto8	tcc
9	C:\AreaTcd\ponto9	tcc
10	C:\AreaTcd\ponto10	tcc
11	C:\AreaTcd\ponto11	tcc
12	C:\AreaTcd\ponto12	tcc
13	C:\AreaTcd\ponto13	tcc
14	C:\AreaTcd\ponto14	tcc
15	C:\AreaTcd\ponto15	tcc
16	C:\AreaTcd\ponto16	tcc
17	C:\AreaTcd\ponto17	tcc
18	C:\AreaTcd\ponto18	tcc
19	C:\AreaTcd\ponto19	tcc
36	C:\AreaTcd\ponto36	tcc
35	C:\AreaTcd\ponto35	tcc
34	C:\AreaTcd\ponto34	tcc
33	C:\AreaTcd\ponto33	tcc
31	C:\AreaTcd\ponto31	tcc
32	C:\AreaTcd\ponto32	tcc
30	C:\AreaTcd\ponto30	tcc
29	C:\AreaTcd\ponto29	tcc
28	C:\AreaTcd\ponto28	tcc

Figura 2 – Tela de Consulta do Local de Armazenamento de Pontos Amostrais

Fonte: Autoria própria.

OBS: Para que seja possível realizar posteriormente o processamento e a visualização das folhas é preciso que o caminho do arquivo cadastrado aqui esteja no diretório raiz C: seguido do nome da amostra e da palavra ponto mais o código do ponto cadastrado, conforme mostrado na Figura 2.

APÊNDICE G – Opção de Ajuda da tela de Definição do Nível de Infestação de Doenças

Ao clicar no botão **Processar Amostras** da tela principal, o usuário pode realizar o processamento das folhas de cada ponto amostral, informando o código da amostra e clicando no botão **Carregar Imagem**, o valor de infestação do ponto amostral é então salvo no banco de dados, para futura representação nos mapas espaciais.

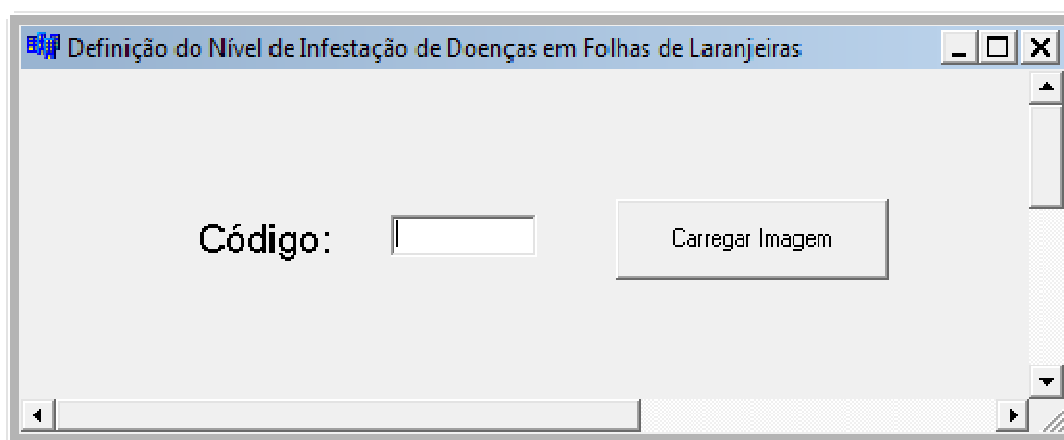


Figura 1 – Definição do Nível de Infestação de Doenças em Folhas de Laranjeiras
Fonte: Autoria própria.

OBS: O código do ponto cadastrado aqui deve seguir a mesma ordem em que foram cadastrados na Tela de Seleção de Caminho dos Pontos Amostrais.

APÊNDICE H – Opção de Ajuda da tela de Visualização das Folhas dos Pontos Amostrais

Se o usuário tiver feito o cadastro do caminho do arquivo de amostras de cada ponto, é permitido que ele realize a visualização das folhas dos pontos amostrais através do *software*, clicando no botão **Visualizar Folhas** da tela principal.

É preciso selecionar a amostra e o ponto amostral que se deseja visualizar as folhas e clicar no botão Visualizar da tela de Visualização das Folhas dos Pontos Amostrais (Figura 1).

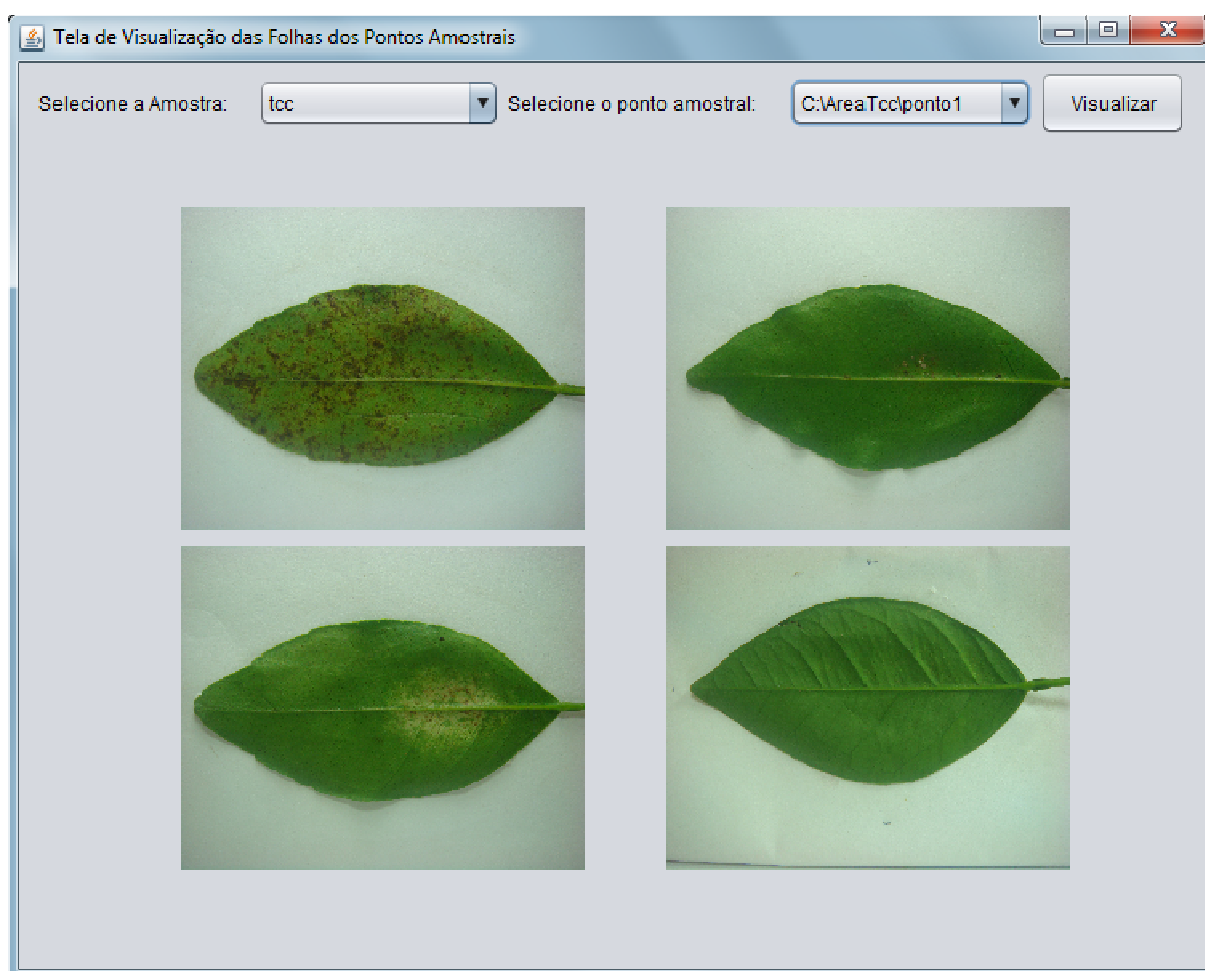


Figura 1 – Tela de Visualização das Folhas dos Pontos Amostrais
Fonte: Autoria própria.