

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS
MESTRADO EM INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

HUGO HENRIQUE RAMOS SABARÁ

**O USO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANT) NA
IDENTIFICAÇÃO DO PERCEVEJO MARROM EM LAVOURAS DE
SOJA USANDO TÉCNICAS DE RECONHECIMENTO DE PADRÕES E
APRENDIZADO DE MÁQUINAS**

CAMPO MOURÃO
2018

HUGO HENRIQUE RAMOS SABARÁ

**O USO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANT) NA
IDENTIFICAÇÃO DO PERCEVEJO MARROM EM LAVOURAS DE
SOJA USANDO TÉCNICAS DE RECONHECIMENTO DE PADRÕES E
APRENDIZADO DE MÁQUINAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Inovações Tecnológicas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Inovações Tecnológicas.

Orientador: Prof. Dr. Wyrllen Everson de Souza

Co-orientador: Prof. Dr. Márcio Rodrigues da Cunha

CAMPO MOURÃO
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

S113 Sabará, Hugo Henrique Ramos

O uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) na identificação do percevejo marrom em lavouras de soja usando técnicas de reconhecimento de padrões e aprendizado de máquinas / Hugo Henrique Ramos Sabará. – Campo Mourão, 2018.
76 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Wyrllen Everson de Souza
Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Inovações Tecnológicas, Campo Mourão, 2018.
Inclui bibliografia.

1. Agricultura de precisão. 2. Percevejo (Inseto). 3. Processamento de imagens. 4. Inovações tecnológicas – Dissertações. I. Souza, Wyrllen Everson de, orient. II. Cunha, Márcio Rodrigues da, co-orient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Inovações Tecnológicas. IV. Título.

CDD (22. ed.) 658.514

Biblioteca da UTFPR - Câmpus Campo Mourão

Bibliotecária/Documentalista:
Andréia Del Conte de Paiva – CRB-9/1525



TERMO DE APROVAÇÃO

O USO DE VEÍCULO AÉREOS NÃO TRIPULADO (VANT) NA IDENTIFICAÇÃO DO PERCEVEJO MARROM EM LAVOURAS DE SOJA USANDO TÉCNICAS DE RECONHECIMENTO DE PADRÕES E APRENDIZADO DE MÁQUINAS.

Por

HUGO HENRIQUE RAMOS SABARÁ

Essa dissertação foi apresentada às dezenove horas, do vinte e sete de agosto de dois mil e dezoito, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Inovações Tecnológicas, Linha de Pesquisa Desenvolvimento de Equipamentos, Tecnologias e Sistemas Eletrônicos, no Programa de Pós-Graduação em Inovações Tecnológicas - PPGIT, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Wyrllen Everson de Souza (Orientador – PPGIT)

Prof. Dr Gilson Junior Schiavon (Membro Interno – PPGIT)

Prof^a. Dr^a. Ana Paula Colavite (Membro Externo – UNESPAR)

Dedico esta pesquisa primeramente à DEUS por nós conceder o dom da vida, a minha esposa pelo amor, paciência e incentivo durante toda a caminhada, a meus pais, minhas irmãs, e a todos os professores que de alguma forma contribuíram para que isso fosse possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por nós dar saúde e forças para que fosse possível vencer esse desafio.

A minha esposa Débora pelo amor, incentivo e além de tudo paciência nos momentos que me fiz ausente, pois acredito que sem isso não seria possível. Gostaria de agradecer também a minha família pelos incentivos e conhecimentos.

Agradeço ao meu co-orientador Prof. Dr. Márcio Rodrigues Cunha, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

A todos os professores do programa pela disposição em transmitir conhecimento, apoiar e incentivar nos momentos mais difíceis, isso com certeza fez toda a diferença. Em especial ao Prof. Dr. Wyrllen Everson de Souza pela dedicação e disposição em auxiliar no desenvolvimento da pesquisa.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

Cada sonho que você deixa para trás, é
um pedaço do seu futuro que deixa de
existir. (Steven Jobs)

RESUMO

SABARÁ, Hugo Henrique Ramos. **O uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) na identificação do percevejo marrom em lavouras de soja usando técnicas de reconhecimento de padrões e aprendizado de máquinas.** 2018. 76 p. Dissertação (Mestrado em Inovações Tecnológicas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2018.

A crescente evolução da tecnologia está cada vez mais influenciando a vida das pessoas. Devido a velocidade de propagação das informações, auxiliando assim uma tomada de decisão mais rápida e eficaz. Um dos segmentos onde a tecnologia está cada vez mais presente é na agricultura, especificamente para intensificar o aumento da produção e tornar uma lavoura mais saudável, diminuindo assim o uso de inseticidas e pesticidas. O controle de pragas na cultura de soja, em especial o percevejo marrom sempre foi algo de grande preocupação para o produtor devido à dificuldade de localizar o foco de infestação. Um dos métodos para localização do percevejo marrom é o pano de batida, porém é necessário que o produtor percorra a propriedade para retirar amostras, demandando muito tempo e influenciando o mesmo a tomar decisões com base em partes isoladas da propriedade. O uso de veículos aéreos não tripulados (VANT's) vem crescendo e ganhando cada dia mais importância, devido aos benefícios que o mesmo vem agregando na tomada de decisões. Os VANT's foram desenvolvidos inicialmente para o mercado militar e nos últimos anos passaram a ganhar outros mercados, passando a ser utilizado em atividades que antes eram realizadas apenas por humanos. Na agricultura seu uso vem possibilitando ao produtor monitorar lugares de difícil acesso, analisando sua propriedade como um todo. Além disso, dispensando a necessidade de percorrer a lavoura atrás de pragas ou até mesmo falhas, trazendo um ganho na produtividade e diminuição de custos. A metodologia apresentada é realizada através do processamento digital de imagens, onde as mesmas foram capturadas na lavoura de soja com a utilização de um VANT. Após essa etapa a imagem passa por um tratamento computacional com a finalidade de identificar pontos com possíveis infestações, foi utilizado também o aprendizado de máquina supervisionado, com o objetivo de identificar o percevejo marrom na soja e sua localização através das coordenadas geográficas da imagem. Para validação do processo de classificação foram utilizados dois algoritmos de reconhecimento de padrões, a análise discriminante linear e a regressão logística. Para validação dos resultados foram realizados testes de classificação com os dados originais e com o uso da análise fatorial. Após a realização dos testes o algoritmo que apresentou maior assertividade na classificação do percevejo marrom foi o de regressão logística com o uso da análise fatorial, chegando a 97,22% de acerto, comprovando assim o uso da metodologia proposta, permitindo que o produtor possa realizar o controle de percevejo na lavoura de soja fazendo o uso de inseticidas apenas nas aéreas com foco de infestação, diminuindo assim os custos de produção e contribuindo para uma produção mais saudável.

Palavras-chave: Vants. Agricultura de precisão. Percevejo marrom. Processamento de imagem.

ABSTRACT

SABARÁ, Hugo Henrique Ramos. **The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) in the identification of brown stings in soybean fields using pattern recognition techniques and machine learning.** 2018. 76 p. Dissertação (Mestrado em Inovações Tecnológicas) - Federal Technology University - Parana. Campo Mourão, 2018.

The increasing evolution of technology is increasingly influencing people's lives. Due to the speed of information propagation, thus aiding a faster and more efficient decision making. One of the segments where technology is increasingly present is in agriculture, specifically to intensify increased production and make farming healthier, thereby reducing the use of insecticides and pesticides. Pest control in soybean crops, especially the brown stink bug, has always been of great concern to the farmer because of the difficulty of locating the source of infestation. One of the methods for locating the brown stink bug is the cloth, but it is necessary for the producer to walk the property to take samples, requiring a lot of time and influencing the decision making based on isolated parts of the property. The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) has been increasing and gaining more importance, due to the benefits that it has been adding in decision making. The UAVs were initially developed for the military market and in recent years started to gain other markets, starting to be used in activities that were previously performed only by humans. In agriculture its use has enabled the producer to monitor difficult access places, analyzing its property as a whole. In addition, eliminating the need to tread plowing or even failure, bringing a gain in productivity and cost savings. The methodology presented is performed through the digital image processing, where they were captured in the soybean crop with the use of a UAV. After this step the image undergoes a computational treatment with the purpose of identifying points with possible infestations, it was also used the supervised machine learning, with the objective of identifying the brown bug in the soybean and its location through the geographical coordinates of the image. For validation of the classification process, two algorithms of pattern recognition, linear discriminant analysis and logistic regression were used. To validate the results, classification tests were performed with the original data and with the use of factorial analysis. After the tests, the algorithm that presented the highest assertiveness in the classification of the brown bug was the logistic regression with the use of the factorial analysis, reaching 97.22% accuracy, thus proving the use of the proposed methodology, allowing the producer to control insects in the soybean crop by making insecticides only in the areas with an infestation focus, thus reducing production costs and contributing to a healthier production.

Keywords: Vants. Precision agriculture. Brown bug. Image processing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - <i>Euschistus heros</i> (percevejo-marrom)	19
Figura 2 - Pano de batida	20
Figura 3 - Fases do processamento digital de imagem	22
Figura 4 - Visão de alto nível do produto tecnológico proposto.....	32
Figura 5 - Vant – Phantom 3 Standart.....	34
Figura 6 - Plano de vôo	35
Figura 7 - Área de captura do Vant	37
Figura 8 - Ciclo da soja.....	38
Figura 9 - Composição do pixel.....	39
Figura 10 - Imagem sem tratamento	40
Figura 11 - Imagem saturada	40
Figura 12 - Imagem saturada e aplicado o contraste	41
Figura 13 - Imagem redimensionada e sua matriz de dados RGB.....	43
Figura 14 - Vetor gerado no arquivo CSV	43
Figura 15 - Tabela do banco de dados.....	46
Figura 16 - Banco de imagens	47
Figura 17 - Tela inicial do programa	48
Figura 18 - Tela para incluir informações no banco de dados.....	49
Figura 19 - Tela de seleção de propriedades.....	50
Figura 20 - Arquivo TXT com as coordenadas geográficas.....	51
Figura 21 - Fluxograma do software.....	52
Figura 22 - Imagem sem tratamento	53
Figura 23 - Imagem com tratamento	54
Figura 24 - Imagem com tratamento sem pixel vermelho.....	55
Figura 25 - Etapas de processamento, recorte e redimensionamento	55
Figura 26 - Imagem recortada e padronizada	56
Figura 27 - Mapa de localização do percevejo marrom.....	61
Figura 28 - Diagrama de classes.....	63
Figura 29 - Diagrama de objetos	64
Figura 30 - Diagrama de sequência	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Produção no Brasil	18
Quadro 2 - Pixels por metro de altura.....	36
Quadro 3 - Classificação dos dados originais pelo método de RL	57
Quadro 4 - Classificação dos dados originais pelo método de ADL.....	57
Quadro 5 - Número de fatores gerados.....	58
Quadro 6 - Classificação dos dados originados pela AF pelo RL.....	59
Quadro 7 - Classificação dos dados originados pela AF pelo método ADL	59
Quadro 8 - Comparação entre a classificação com e sem o uso da AF	60

LISTA DE SIGLAS

ADL	Análise Discriminante Linear
AF	Análise Fatorial
API	<i>Application Programming Interface</i> (Interface de programação aplicativos)
CSV	<i>Comma-separated values</i> (Valores separados por vírgula)
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IDE	<i>Integrated Development Environment</i> (Ambiente de desenvolvimento integrado)
JAR	<i>Java Archive</i> (Arquivo Java)
PIXEL	<i>Picture Element</i> (Elemento de imagem)
RGB	<i>Red, Green e Blue</i> (Vermelho, verde e azul)
RL	Regressão Logística
TXT	<i>Text</i> (Texto)
UML	Linguagem de Modelagem Unificada
VANT	Veículos Aéreos Não Tripulado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVO	14
1.1.1 Objetivo Geral.....	14
1.1.2 Objetivos Específicos.....	15
1.2 JUSTIFICATIVA	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 CULTURA DA SOJA	17
2.2 PERCEVEJOS	18
2.2.1 <i>Euschistus heros</i> (Percevejo marrom).....	19
2.3 MÉTODO DE AMOSTRAGEM PANO DE BATIDA	20
2.4 AGRICULTURA DE PRECISÃO	21
2.5 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM	22
2.6 MINERAÇÃO DOS DADOS	23
2.7 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	24
2.7.1 Reconhecimento de padrões.....	24
2.7.1.1 Regressão Logística.....	25
2.7.1.2 Análise discriminante.....	25
2.7.1.3 Abordagem de Lachenbruch.....	27
2.7.1.4 Análise fatorial.....	27
2.8 USO DE VANTS NA AGRICULTURA	29
2.8.1 Trabalhos realizados.....	30
3 METODOLOGIA	32
3.1 CAPTURA DA IMAGEM	33
3.2 PROCESSAMENTO DA IMAGEM	38
3.3 SELEÇÃO DA IMAGEM	41
3.4 CLASSIFICAÇÃO	44
3.4.1 Análise Discriminante.....	45
3.4.2 Regressão Logística.....	45
3.5 INCREMENTO DA BASE DE DADOS	46
3.6 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE	47
4 RESULTADOS	53
4.1 DOCUMENTAÇÃO DO SOFTWARE	62
4.1.2 Diagrama de classe.....	62
4.1.3 Diagrama de objetos.....	63
4.1.4 Diagrama de sequência.....	65
5 CONCLUSÃO	67
5.1 TRABALHOS FUTUROS	69
REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), hoje produzida em grande escala no mundo, teve origem na região da Manchúria, situada no nordeste da China. Faz parte da família das leguminosas, e por se tratar de um grão de grande consumo e apresentar diversos benefícios, começou a chamar a atenção das indústrias mundiais. Porém as condições climáticas desfavoráveis não permitiram o desenvolvimento em alguns países do continente europeu (EMBRAPA, 2016).

A crescente demanda da soja no mercado mundial e o disparo do seu preço em meados de 1970 fizeram com que os agricultores e o governo brasileiro passassem a olhar a cultura da soja de forma diferente, visando uma rentabilidade maior em seus cultivos.

O cultivo da soja no Brasil vem crescendo de forma acelerada em função de sua grande influência econômica no cenário atual (EMBRAPA, 2016). Entretanto, o custo de produção ainda é elevado, devido ao uso excessivo de defensivos agrícolas para controle de pragas, atacando as plantas desde a sua raiz até sua folhagem. Dentre as pragas mais encontradas, está o percevejo marrom, que age na folhagem causando uma perda considerável na cultura.

Segundo Nunes e Souza (2016), no que se refere a custo, 20% do gasto de uma produção de soja corresponde a aplicação de agroquímicos, sendo a principal ameaça desta lavoura o percevejo marrom, com alto potencial destrutivo da planta, representando constante preocupação ao agricultor.

O lançamento desenfreado dos defensivos, sem real conhecimento de sua capacidade química, pode trazer diversos transtornos ao meio ambiente, contaminando lençóis freáticos, rios e também os seres humanos, tanto os que manuseiam quanto os que consomem os alimentos. A aplicação de um produto ineficiente em uma determinada praga pode conduzi-la ao fortalecimento, o que leva à necessidade de usar doses cada vez maiores e produtos mais fortes.

A escolha do inseticida deve ser criteriosa, tendo sempre em mente o controle biológico natural, ou seja, aquele que existe na natureza. O controle químico deve ser visto como um fator associado ao controle biológico e não como uma medida antagônica, para se obter resultados satisfatórios e mais duradouros.

O aumento da área de plantio contribuiu para uma perda de controle e conseqüentemente um uso maior de inseticidas, pois em pequenas propriedades o agricultor realizava a gestão de sua propriedade de forma manual, controlando as diferenças de solo e relevo. Esse aumento segundo Molin, Amaral e Colaço, (2015), fez com que o agricultor perdesse muito da sua visão dos detalhes quanto ao solo e à cultura, pois o maquinário de alta capacidade trata facilmente grandes áreas de maneira uniforme.

De acordo com Silva (2016), a dificuldade de realizar tratamentos específicos em determinadas regiões da lavoura tornou a agricultura uma atividade fundamentada em probabilidades, fazendo com que o agricultor tome decisões na área total baseadas em pequenas amostras da propriedade.

Para realizar o acompanhamento das pragas na lavoura, os produtores utilizam-se de diversos métodos de amostragem, dentre eles os que mais se destacam, devido a sua eficiência, estão o pano de batida e a rede de varredura. A escolha está condicionada a diversos fatores, “a espécie a ser amostrada, características da cultura, precisão desejada para estimativa, além de custos operacionais e dificuldades de realização” (CORRÊA-FERREIRA, 2012, p.631).

A agricultura de precisão vem ganhando mais espaço e cada vez mais tem se tornando algo indispensável para a realização de um plantio saudável e com melhores resultados.

A agricultura de precisão trata-se da utilização da tecnologia no campo, visando um melhor desempenho, desde a preparação do solo até a parte final da colheita, contribuindo para um aumento na produtividade e uma apuração de resultados mais precisa. Segundo Deere (1999), a implementação das técnicas de agricultura de precisão influencia diversos fatores na produção da cultura, diminuindo o uso de insumos, conservando o ambiente e trazendo uma renda maior para os agricultores.

Assim, os veículos aéreos não tripulados vêm ganhando cada dia mais importância, isso devido aos benefícios que o mesmo vem agregando na tomada de decisões. Os VANT's foram desenvolvidos, inicialmente, para o mercado militar e nos últimos anos passaram a ganhar outros mercados de aplicação, passando a serem utilizados em atividades que antes eram realizadas por humanos.

O mercado que está cada dia mais se beneficiando desta tecnologia é o da agricultura. Seu uso no campo tem possibilitado ao produtor chegar em lugares que antes eram inacessíveis, além de terem informações mais rápidas e precisas, através de imagens e sensores que permitem apurar falhas na plantação, na saúde da planta, na demanda por água, bem como identificação de pragas, auxiliando assim o uso correto de agrotóxicos, dispensando a necessidade do produtor de percorrer a lavoura para realizar avaliações.

O processamento digital de imagens no campo vem sendo um grande aliado dos produtores. Imagens que antes eram capturadas apenas por satélites, não permitiam uma avaliação precisa da lavoura. Com isso, o uso de veículos aéreos não tripulados, entraram no mercado rural devido a facilidade de manuseio, permitindo uma captura mais próxima da lavoura, resultando em uma avaliação mais eficiente. A maioria dos VANT's possuem sistema GPS (Sistema de Posicionamento Global) integrado, permitindo que o produtor intervenha apenas nos lugares com maior necessidade.

A evolução das máquinas, aliada com a rapidez e a precisão com que um computador consegue realizar cálculos e identificar resultados, são os fatores preponderantes para o uso destas tecnologias no auxílio da identificação e quantificação dos percevejos marrons na lavoura da soja.

O estudo visa oferecer um controle de pragas mais eficaz na cultura da soja, auxiliando o produtor no processo de identificação do percevejo marrom, contribuindo assim para um aumento na produção e uma redução de custos no que diz respeito ao uso de defensivos agrícolas.

1.1 Objetivo

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um *software* que seja capaz de processar as imagens capturadas pelo veículo aéreo não tripulado e identificar a presença de percevejo marrom em lavouras de soja, utilizando técnicas de visão computacional e aprendizado de máquina.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para realizar o algoritmo de reconhecimento do percevejo marrom, apontam-se como objetivos específicos os seguintes itens:

- Explorar a tecnologia existente a respeito dos veículos aéreos não tripulados (VANT's), assim como identificar o que melhor apresenta custo/benefício para as necessidades desta pesquisa;
- Aplicar técnicas para realizar a leitura e o devido tratamento das imagens por meio de algoritmo de programação;
- Definir a altura para a captura de imagens com recursos computacionais;
- Capturar, além da imagem, a latitude e a longitude, no momento da análise direto na plantação, a fim de demarcar os locais nos quais existem possíveis proliferações de percevejo marrom;
- Realizar a identificação de percevejo marrom, utilizando inteligência artificial de aprendizagem de máquina, por meio da imagem digital capturada e tratada;
- Criar e alimentar um banco de imagens pelo qual a inteligência artificial realizará a busca por informações para carregar seus parâmetros;
- Desenvolver um mapa com a proporção de percevejo marrom existente na propriedade, de acordo com o objetivo geral, e assim auxiliar o agricultor a realizar o manejo desta praga nos locais e momentos certos.

1.2 Justificativa

Esse projeto visa identificar a presença de percevejo marrom nas lavouras de soja, utilizando-se não mais o pano de batida, e sim de uma visão computacional com a ajuda da tecnologia.

A identificação dos percevejos marrons na lavoura de soja, hoje é realizada através de uma técnica conhecida como pano de batida, uma técnica tradicional na qual o produtor deve percorrer a lavoura para identificar e localizar as pragas existentes.

Não pode-se negar que essa técnica é eficiente, porém, é realizada de forma manual, gerando assim uma demanda de tempo que pode influenciar diretamente na tomada de decisões, aumentando assim o custo da produção, bem como o uso de inseticidas em grande escala para o controle e manejo das pragas, em especial do percevejo marrom.

Diante do cenário hoje encontrado e da dificuldade de se realizar um controle eficaz nas lavouras, o uso de tecnologia visa trazer praticidades e um acompanhamento mais eficaz, auxiliando para uma decisão mais rápida.

Com a obtenção das imagens da propriedade agrícola através do VANT, junto com a velocidade de processamento e identificação de pragas, o agricultor poderá acompanhar o desenvolvimento da cultura de uma forma geral, não apenas em alguns lugares como é feito atualmente, diminuindo assim o uso de inseticidas na propriedade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Cultura Da Soja

A soja, também chamada *Glycine hispida* (Moench) Maxim ou *Glycine max* (L.) Merrill, pertence à família das Papilionaceas e à subordem das leguminosas, como feijão e a lentilha. É uma planta herbácea anual, de altura entre 30 centímetros e dois metros, cujas folhas trifoliadas se subdividem em grande número de ramificações. As flores, pequenas e dispostas em cachos, são violáceas ou amareladas. Os frutos apresentam-se sob a forma de vagens de 3 a 10 centímetros de comprimento, que contêm de 1 a 5 grãos globulosos de cores diversas conforme a variedade (BERTRAND et al. 1987, p.21).

A primeira referência sobre o plantio da soja no Brasil, foi na Bahia em 1882, porém não apresentou grandes resultados, devido as condições de latitude e longitude. Oficialmente, a cultura foi introduzida no Brasil apenas em 1914, na chamada região pioneira de Santa Rosa no Rio Grande do Sul (Dall'agnol, 2016).

De acordo com EMBRAPA (2016), dois fatores internos no final da década de 60, fizeram com que o Brasil passasse a enxergar a soja como um produto comercial, fato esse que mais tarde influenciaria na produção mundial de grãos. O trigo era a principal cultura da época no sul do Brasil e a soja surgia como uma opção de plantio para a safra de verão em sucessão ao trigo. Na mesma época, o Brasil também iniciava a produção de suínos e aves, gerando assim uma demanda de farelo de soja para fabricação da ração. Em 1996, a produção de soja já era uma necessidade estratégica e sua produção girava em torno de 500 mil toneladas/ano.

O Brasil tem a seu favor uma vantagem competitiva em relações a outros produtores, o escoamento da safra brasileira ocorre na entressafra norte-americana, momento em que os preços atingem as maiores cotações. Fato pelo qual em um processo liderado pela EMBRAPA, o governo começou a investir em tecnologia para adaptação da cultura da soja no país (EMBRAPA, 2016).

Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de grão de soja, ficando atrás apenas dos Estados Unidos da América. Outros países que se destacam mundialmente na produção são a Argentina, a China, a Índia e o Paraguai (EMBRAPA, 2016).

A safra brasileira de 2016/2017 teve uma produção segundo a (EMBRAPA, 2017), de 113,923 milhões de toneladas em uma área plantada de 33,890 milhões de hectares.

Dentre os estados com maior produção estão o Mato Grosso, o Paraná e o Rio Grande do Sul, conforme quadro 1.

Quadro 1 - Produção no Brasil

Estado	Mato Grosso	Paraná	Rio Grande do Sul
Produção milhões de toneladas	30,514	19,534	18,714
Área plantada milhões de hectares	9,323	5,250	5,570
Produtividade kg/há.	3.273	3.721	3.360

Fonte: EMBRAPA, 2017, p1.

Os benefícios da soja estão fazendo com que o seu consumo aumente, isso porque trata-se de um grão rico em proteínas e óleo. Segundo Chung e Singh, (2008), a composição de grãos da soja consiste em 40% de proteína e 20% óleo. Além de outras vitaminas que auxiliam e podem prevenir diversos tipos de doenças. A soja também é utilizada para fabricação de ração animal.

2.2 Percevejos

Os percevejos representam a principal praga no cultivo de soja (*glycine max* (L.) Merrill) no Brasil, podendo causar problemas graves devido ao hábito alimentar. Seus danos são irreversíveis, a partir de determinados níveis populacionais, afetando diretamente o rendimento e a qualidade das sementes (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999).

Os grãos quando atacados ficam menores, enrugados, chochos e tornam-se mais escuros. A má formação das vagens e dos grãos provocam a retenção das folhas das plantas de soja, que não amadurecem na época da colheita (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000).

Os percevejos estão entre os grupos das pragas mais perigosas da cultura da soja, ocasionando problemas no grão, nas hastes e inclusive na formação, provocando retenção foliar, atrapalhando a colheita, influenciando no desenvolvimento do grão, no peso e na qualidade da mesma (CASMÚZ et al., 2010).

A população de percevejos constitui o maior risco à cultura. Causam danos irreversíveis à soja, alimentando-se diretamente dos grãos desde o início da formação de vagens. As três espécies mais importantes são: *Nezara viridula*, *Piezodorus guildini* e *Euschistus heros*, seus nomes populares são percevejo verde, percevejo verde pequeno e percevejo marrom (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000).

2.2.1 *Euschistus heros* (Percevejo marrom)

São nativos da Região Neotropical (América Tropical), ocorrendo na América do Sul, e também, no Panamá o percevejo-marrom-da-soja *Euschistus heros*. (PANIZZI, 2004). É encontrado com mais facilidade, no norte do Paraná ao Centro Oeste do Brasil, devido a incidência de climas quentes (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000).

O percevejo-marrom ilustrado na Figura 1, tem a soja como seu hospedeiro principal, e é encontrado no período de safra, que ocorre entre os meses de novembro e abril:

As fêmeas ovipositam nas folhas, massas com 5 a 7 ovos amarelados. As ninfas recém eclodidas permanecem sobre os ovos e mudam para o segundo ínstar, quando iniciam o processo alimentar. A partir de terceiro ínstar são mais ativas, iniciam a dispersão, tornando-se mais vorazes. Os adultos apresentam longevidade média de 116 dias, podendo viver por mais de 300 dias (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999. pg. 10,11) .

Figura 1 - *Euschistus heros* (percevejo-marrom)



Fonte: Autoria própria.

Ele exibe coloração marrom escura, e a característica de possuir uma faixa branca em forma de meia lua no final do escutelo e dois espinhos laterais no protórax (GALLO et al., 2002).

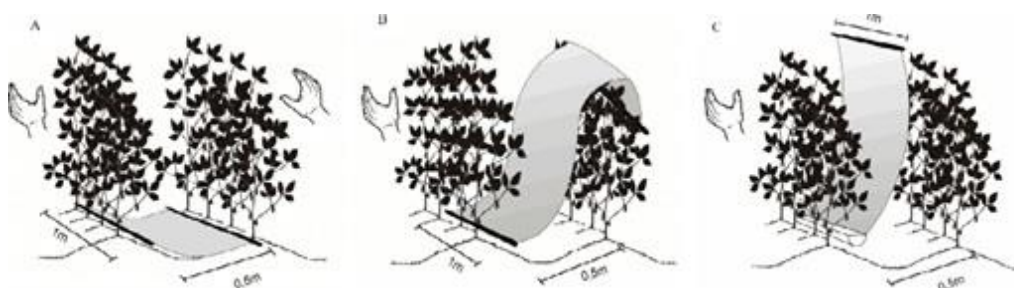
O percevejo marrom possui uma maior sobrevivência, pois permanece sob a vegetação, facilitando escapar de ataques de parasitoides e predadores por aproximadamente sete meses, tempo esse em que se alimenta de diversas culturas, entre elas, soja, carrapicho-de-carneiro e girassol, favorecendo a sua abundância (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999).

2.3 Método de amostragem pano de batida

O Método de amostragem pano de batida é mundialmente conhecido devido a sua eficácia. Desenvolvido por Boyer e Dumas em 1963, é utilizado para realizar amostragem da população de lagartas, besouros e percevejos (CORRÊA-FERREIRA, 2012).

Stürmer (2012) ontam os três principais panos de batida, o pano de batida (A), pano de batida largo (B) e o pano de batida vertical (C). Destaca que o pano-de-batida vertical é o mais eficiente para a coleta de lagartas e de percevejos, além de ser importante para quantificar a densidade populacional de lagartas e de percevejos, para que, com base nos níveis de controle estabelecidos, sejam tomadas decisões adequadas sobre o seu manejo. A Figura 2 representa os três principais tipos de pano de batida.

Figura 2 - Pano de batida



Fonte: Stürmer ET ALL (2012).

2.4 Agricultura de precisão

Aliando ao desenvolvimento tecnológico a agricultura de precisão passou a ganhar mais espaço nas lavouras brasileira, isso devido a sua agilidade e resposta eficiente, podendo estar presente em todo ciclo da cultura, desde de a preparação do solo até após a colheita.

Resende et al (2005) ressaltam que a agricultura de precisão foi introduzida no Brasil há pouco mais de uma década, apresentando grande potencial de aplicação na produção de grãos e em culturas, onde certamente contribuirá para a garantia da segurança alimentar, com sustentabilidade econômica e ambiental.

De acordo com Moreira (2003), na agricultura, as imagens aéreas são utilizadas no mapeamento de culturas, na detecção de áreas comprometidas, na avaliação de áreas cultivadas em cadastros rurais e no mapeamento de solo. Através da agricultura de precisão, são tomadas decisões de maneira mais pontual e mais precisas.

Pereira Neto (2007) em sua tese, ressalta que atualmente grande parte dos produtores rurais se desfez da visão unitária e passou a perceber as grandes possibilidades que existem em uma propriedade agrícola enquanto unidade de produção. Essa evolução do conceito espacial da propriedade agrícola leva o meio rural a um novo paradigma: o da agricultura de precisão, onde são tomadas decisões de maneira mais pontual e mais precisas.

De acordo com Shiratsuchi (2001), a agricultura de precisão é uma nova concepção que leva em consideração informações sobre a variabilidade espacial da propriedade agrícola em relação às diversas variáveis ambientais que afetam a produção, como a fertilidade, a umidade, as pragas e as doenças, a fim de otimizar o uso de insumos através de uma aplicação pontual.

Produtores agrícolas, segundo Costa (2013), estão diminuindo a quantidade de defensivos químicos aplicados, visando um lucro maior em sua lavoura, aliando a essa redução de uso, as leis ambientais também estão se tornando cada vez mais restritas quanto ao uso desses produtos, pois poluem o meio ambiente e, conseqüentemente, afetam a saúde humana.

Aita (2013) defende em sua tese que a agricultura de precisão vem aos poucos evoluindo para uma situação promissora demonstrando cada vez mais

resultados, a aplicação dessa prática apresenta maior potencial de resposta, com menor impacto ambiental e com resultados econômicos e sociais satisfatórios.

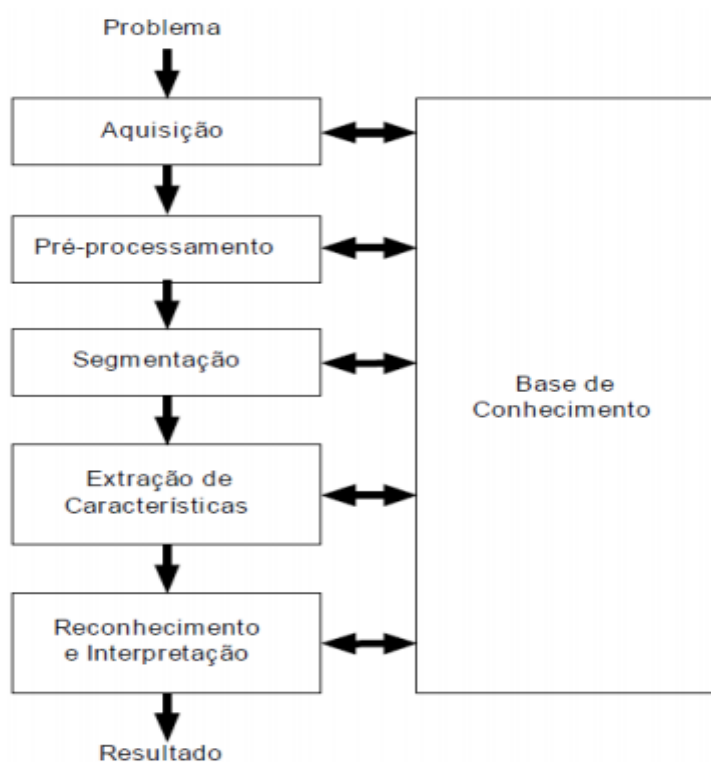
2.5 Processamento digital de imagem

O processamento digital de imagens trata-se da análise e da manipulação de imagens por computador, relacionado com a identificação e extração de dados existentes em uma imagem, para futuros trabalhos de análise e processamento. Esse procedimento é de grande importância devido à dificuldade do ser humano de processar volumes grandes de informações (ALVARENGA et al.2005).

O processamento digital de imagens é dividido em 5 fases, ou seja: a aquisição; o pré-processamento; a segmentação; a extração de características; e a classificação. Na primeira etapa é realizada a captura da imagem, no pré-processamento são realizados ajustes na mesma, a segmentação trata-se do isolamento de objetos ou partes da imagem, a extração retira os objetos para realizar a classificação (MARQUES FILHO, VIERA NETO, 1999).

A Figura 3 descreve as fases do processamento digital de imagens.

Figura 3 - Fases do processamento digital de imagem



Fonte: MARQUES FILHO, VIERA NETO (1999).

O processamento digital de imagens é responsável por realizar a manipulação das imagens, através de métodos matemáticos realiza a manipulação dos *pixels*, com finalidade de melhorar a qualidade da mesma. Dentre os exemplos de processamento estão o aumento de contraste e da saturação da imagem.

2.6 Mineração dos dados

Mineração de dados é a exploração e a análise, por meio automático ou semiautomático, de grandes quantidades de dados, a fim de descobrir padrões e regras significativos (BERRY E LINOFF, 1997, p.5).

Mineração de Dados é uma área de pesquisa multidisciplinar, incluindo tecnologia de bancos de dados, inteligência artificial, aprendizado de máquina, redes neurais, estatística, reconhecimento de padrões, sistemas baseados em conhecimento, recuperação da informação, computação de alto desempenho e visualização de dados (AMO, 2003).

Camilo e Silva (2009) citam como exemplo em seu trabalho, que o uso de mineração permite que:

[...]um supermercado melhore a disposição de seus produtos nas prateleiras, através do padrão de consumo de seus clientes; uma companhia de marketing direcione o envio de mensagens promocionais, obtendo melhores retornos; uma empresa aérea possa diferenciar seus serviços oferecendo um atendimento personalizado; empresas planejem melhor a logística de distribuição dos seus produtos, prevendo picos nas vendas[...];

Devido ao grande avanço da tecnologia, o volume de informações está cada vez maior, tornando assim sua interpretação cada vez mais complexa e de difícil interpretação, fatores esses que destacam a importância de utilizar a mineração de dados, auxiliando em previsões futuras transformando dados antes descartados em dados valiosos (DANTAS et al., 2008).

2.7 Inteligência artificial

A inteligência artificial trata-se da elaboração de algoritmos, que obtém conhecimento de forma automática, permitindo assim tomar novas decisões com base em soluções anteriores (REZENDE 2003 apud MONARD e BARANAUSKAS, 2003).

De acordo com Morais et al. (2010) apud BOTTINO e LAURENTINI (2001), a inteligência artificial (IA) é uma parte da ciência da computação que recomenda várias técnicas e recursos no desenvolvimento de programas inteligentes, ou seja, programas capazes de tomar uma decisão semelhante ao humano.

Uma das formas de realizar o aprendizado de máquina é através da indução, que realiza o raciocínio através de amostras fornecidas. Pode ser dividido em supervisionado e não-supervisionado. No supervisionado, através das amostras já conhecidas, é realizada a classificação de novos indivíduos. No não-supervisionado não existem amostras conhecidas, a máquina é quem tenta agrupar, encontrar, um método de realizar o agrupamento. Nesse caso, após o término é necessária uma análise humana, para verificar qual foi o método de agrupamento realizado (REZENDE 2003 apud MONARD; BARANAUSKAS, 2003).

2.7.1 Reconhecimento de padrões

Reconhecimento de padrões é responsável por extrair características de uma base de dados com amostras já conhecidas e realizar a classificação de novas, o mesmo é conhecido por suas diversas aplicações em diferentes áreas. Souza (2016) destaca que o reconhecimento de padrões pode ser utilizado em tarefas como reconhecimento de dígitos, faces, falhas de equipamento e tendências financeiras.

“O reconhecimento de padrões é considerado uma das principais vertentes do uso da estatística multivariada, viabiliza a obtenção de mais informações quando comparado com os procedimentos univariados que são usualmente adotados.” (CORREIA E FERREIRA, 2007, p.481).

Reconhecimento de padrões pode ser definido:

[...]como sendo um procedimento em que se busca a identificação de certas estruturas nos dados de entrada em comparação a estruturas conhecidas e sua posterior classificação dentro de categorias, de modo que o grau de associação seja maior entre estruturas de mesma categoria e menor entre as categorias de estruturas diferentes. Os dados de entrada são medidos por sensores e selecionados segundo o conteúdo de informações relevantes para a decisão, e passam por um processo de redução de sua dimensionalidade para que possam ser usados pelo classificador, que o designará à classe que melhor o represente[...] (GUIMARÃES e CHAVES NETO, 2002, p.04)

Segundo Carvalho (2013) para classificar um padrão é realizado uma comparação entre duas ou mais categorias, e ambas as características dessas, devem corresponder a cada uma das classes específicas. O padrão é classificado como pertencente à classe mais semelhante.

2.7.1.1 Regressão Logística

A regressão logística foi descoberta no século XIX para descrever o crescimento das populações e as reações químicas. É uma técnica estatística cujo objetivo é descrever a relação entre uma variável resposta e um conjunto de variáveis explicativas (SOUZA, 2006).

Marôco (2011), cita um exemplo em seu livro, que através da regressão logística é possível definir a partir das informações obtidas de uma pessoa, a qual de duas categorias ela pertença. Outro exemplo trivial, é quais variáveis podem definir se uma pessoa é homem ou mulher.

A regressão logística é, segundo Hair Junior, et al. (2009), apud GOUVÊA, GONÇALVES e MANTOVANI, (2012), “uma técnica de análise multivariada utilizada para aferição da probabilidade de ocorrência de um evento e para identificação das características dos elementos pertencentes a cada categoria estabelecida pela dicotomia da variável dependente”.

2.7.1.2 Análise discriminante

A análise discriminante é uma técnica da estatística multivariada que possui os seguintes objetivos: identificar e agrupar as variáveis em grupos, criar uma

função discriminante com as variáveis e por fim classificar novos valores nos grupos (MARÔCO, 2003).

“A análise discriminante é uma técnica estatística multivariada usada na resolução de problemas que envolvem a separação de conjuntos distintos de observações e a alocação de novas observações em um conjunto específico” (GUIMARÃES e CHAVES NETO. 2002, p.04).

A técnica multivariada segundo (SARTÓRIO, 2008), pode ser determinada como um conjunto de métodos estatísticos, onde as variáveis ou fatores são medidos simultaneamente para cada unidade experimental.

De acordo com o Hongyu et al (2005) apud Regazzi (2000), o primeiro relato do problema de discriminação entre dois ou mais grupos, para futura classificação, aconteceu em 1936 com Fisher.

Fisher em 1936 abordou o problema da estatística multivariada e análise discriminante, com a aquisição de uma combinação linear das características medidas, que oferecia o maior potencial de discriminação entre os grupos estudados (SARTÓRIO, 2008).

Segundo Reis (1997), a análise discriminante é a estruturação de uma regra de classificação, cujo o objetivo é encontrar uma combinação linear das variáveis independentes, que possibilite realizar uma classificação mais assertiva.

De acordo com Hair Junior et al. (2005. p. 32),

A análise discriminante é aplicável em situações nas quais a amostra total pode ser dividida em grupos baseados em uma variável dependente não-métrica que caracteriza diversas classes conhecidas. Os objetivos primários da análise discriminante múltipla são entender as diferenças de grupos e prever a probabilidade de que uma entidade (indivíduo ou objeto) pertencerá a uma classe ou grupo em particular com base em diversas variáveis independentes métrica.

Corroborando, Guimarães e Chaves Neto (2002) afirmam também que tal análise determina a que grupo, dentre dois ou mais determinados, pertence um novo elemento, com base em várias características observadas para o mesmo.

2.7.1.3 Abordagem de Lachenbruch

Segundo Souza (2012) apud Johnson e Wichern (1998), o método de Lachenbruch, é uma abordagem estatística capaz de avaliar o desempenho da regra de reconhecimento de padrão e medir a probabilidade de classificação correta e incorreta em cada grupo.

Muller e Siqueira (2009) afirmam que o procedimento de retenção de Lachenbruch, é o modo mais seguro de se medir a eficiência de qualquer método de reconhecimento e classificação, onde se utiliza todas as informações de um modo mais criterioso.

Marques e Lima (2002, p.923) apontam o seguinte procedimento para entender melhor tal classificação: “o algoritmo descrito para dois grupos de classificação e estendido aqui para vários grupos...”

- Passo 1: Inicie com as observações (amostras) do grupo 1, omita uma observação desse grupo e construa as funções de classificação usando as (n_1-1) restantes do grupo 1 acrescidas das n_p observações dos p grupos que compõem a análise;
- Passo 2: Classifique a observação retida, usando as funções construídas no passo 1;
- Passo 3: Repita os passos 1 e 2 até que todas as observações de todos os grupos sejam classificadas e construa a tabela de classificação.

2.7.1.4 Análise fatorial

O desenvolvimento tecnológico das descobertas científicas tem crescido cada vez, expandindo a capacidade de se ter informações de fatos que estão sendo analisados. Essas grandes massas de informação devem ser processadas antes de serem transformadas em conhecimento (Costa, 2006).

A análise fatorial surge como um procedimento estatístico que permite reduzir a complexidade do problema original, agrupando p variáveis aleatórias, X_1, \dots, X_p , em grupos formados por variáveis fortemente correlacionadas. Para

explicar tal metodologia, Carvalho (2013) explica a análise fatorial através de um exemplo em sua tese:

[...] o caso em que o diretor de uma fábrica de automóveis pretende entender o que leva o consumidor a escolher determinado modelo específico de automóvel, de forma a direcionar a produção nesse sentido. Para isso, foram consideradas as opiniões dos consumidores relativamente à importância de 14 variáveis na sua decisão (custos de reparação baixos, espaço interior amplo, facilidade de manuseamento, bom motor...). O elevado número de variáveis dificulta a sua avaliação e conseqüentemente o desenvolvimento de planos de ação. Aplicando a análise fatorial, as 14 variáveis passam a constituir 4 fatores relacionados com o conforto, a relação custo/eficiência, o estilo e a facilidade de manipulação, simplificando significativamente a tarefa do diretor[...]. (CARVALHO, 2013).

Figueiredo Filho e Silva Junior (2010) retratam que a análise fatorial apresenta uma opção que agrega mais informações, exigindo maior grau de sofisticação da técnica. A principal função é reduzir uma grande quantidade de variáveis observadas em um número menor de fatores.

Oliveira (2006) apresenta quatro passos na execução da análise fatorial:

- Entrada de dados: os dados de entrada da análise geralmente tomam a forma de um conjunto de valores de variáveis para cada objeto ou indivíduo na amostra;
- Cálculo das correlações entre as variáveis: para o cálculo da matriz de correlações utilizam-se duas abordagens, a análise fatorial R (as correlações são calculadas entre variáveis) e a análise fatorial Q (são calculadas entre casos);
- Extração inicial dos fatores: Uns dos mais usados são os componentes principais, é intensamente empregado na prática e é o mais adotado para extração dos fatores das análises fatoriais;
- Rotação da matriz: duas formas de métodos de rotação da matriz, a rotação ortogonal (rotação varimax), que mantém os fatores não correlacionados e a rotação oblíqua, que torna os fatores correlacionados entre si.

O método fatorial mais usado e mais fácil de reportar e de interpretar é o modelo fatorial ortogonal, no qual os fatores não correlacionados têm variância 1

Carvalho (2013). É o mais comumente utilizado esse método procura minimizar o número de variáveis que apresentam altas cargas em cada fator.

2.8 Uso de Vants na agricultura

O interesse em Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's) tem crescido ao redor do mundo. Avanços recentes na tecnologia computacional, desenvolvimento de *software*, materiais mais leves, sistemas globais de navegação, avançados links de dados, sofisticados sensores e a miniaturização são os motivos do aumento de desenvolvimentos de VANT's (CASTRO JORGE e INAMASU, 2014).

O Drone, uma nomenclatura dada aos VANT's (Veículos Aéreos Não-Tripulados), é a peça chave para a captura de imagens da lavoura. Esse nome é dado a qualquer máquina pilotada a partir do momento que não haja humanos a bordo. De acordo com Grégoire Chamayou (2015), ele pode ser controlado seja a distância, por operadores humanos ou de forma autônoma, por dispositivos robóticos.

Os Veículos Aéreos Não-Tripulados (VANT's) são uma importante inovação e uma nova opção na agricultura de precisão, onde a utilização e a aplicação de novos conhecimentos no meio rural amparam o produtor a identificar estratégias que possam melhorar a eficiência no gerenciamento da agricultura, aumentando a rentabilidade das colheitas e tornando o agronegócio mais competitivo (ALONÇO et al., 2005).

O termo "Veículo Aéreo Não Tripulado" é mundialmente reconhecido e inclui uma grande gama de aeronaves que são autônomas, semiautônomas ou remotamente operadas. (CASTRO JORGE e INAMASU, 2014, p 110).

Segundo Molin (2000), as imagens aéreas de satélites e a videografia são ferramentas que tem um grande potencial para identificação de manchas existentes nas lavouras, infestações de plantas, topografia e geração de mapas de produtividade.

2.8.1 Trabalhos realizados

O uso de drones na agricultura vem crescendo a cada dia devido às facilidades e benefícios nas tomadas de decisões, evitando assim, que o agricultor percorra toda a lavoura, através de falhas, pragas, etc. Assim, podemos citar alguns trabalhos/estudos que analisam a importância do uso de VANT's.

Poloni (2016) cita que os drones cada vez mais vêm sendo utilizados na agricultura, por meio dos seus voos rasantes, ajudam a identificar falhas nas plantações, tais como, falta ou excesso d'água, necessidade de utilização de defensivos agrícolas entre outros.

Na tese de Costa (2013), ele propõe a integração de um VANT's para efetuar a pulverização agrícola de um campo, onde foram instaladas redes sem fio por todo o terreno. O VANT capaz de carregar e pulverizar defensivos químicos, é utilizado para percorrer o campo agrícola enquanto o pulveriza, reconhecendo como os defensivos químicos estão sendo aplicados, podendo assim tomar decisões com o objetivo de melhorar a eficiência da pulverização.

O objetivo era de analisar se o sistema proposto melhoraria a eficiência da pulverização agrícola comparado com as técnicas tradicionais; avaliando diferentes protocolos de comunicação, visando maximizar o tempo de bateria dos nós sensores do sistema. O trabalho foi validado pelo método de simulação (Costa, 2013).

Foi verificado na pesquisa de Costa (2013) que utilizando tal sistema são obtidos resultados mais estáveis e melhores que pelo sistema tradicional de pulverização agrícola. A eficiência do sistema obtida no experimento foi 90,42%, em média, contra 75,96% do sistema tradicional. Foi possível concluir, que o sistema proposto por Costa, consegue aumentar, em média, 16% a quantidade de defensivos químicos aplicados dentro do campo agrícola, evitando assim que haja desperdício na aplicação. Além disso, utilizando o VANT foi possível obter resultados mais estáveis.

Pacheco e Barros (2015) utilizaram as imagens aéreas digitais para mensuração da cobertura do solo em sistemas de produção de milho e soja em área de transição dos tabuleiros costeiros e agreste de Sergipe.

Pereira Neto (2007) sugere produzir um mapeamento preciso das infestações de plantas invasoras em uma cultura de soja, utilizando fotos obtidas através de aeromodelos radio controlados.

Na primeira etapa do trabalho, com uma foto do aeromodelo sobre a soja, foram feitas várias classificações digitais. Em uma segunda etapa, foram obtidas fotos aéreas por aeromodelo de controle remoto em culturas de cana-de-açúcar, na fase inicial de crescimento, para avaliar falhas de plantio através de processamento de imagens e do classificador por redes neurais. Na terceira e última etapa, foi desenvolvido um *software* de uniformização de temas para se avaliar a melhoria da precisão de mapeamento sobre a foto de cultura de soja contendo infestação de planta daninha, usada na primeira etapa (PEREIRA NETO, 2007).

Na pesquisa realizada por Jesus, Silva, Rocha (2015) foi utilizado uma aeronave não tripulada (VANT) autônoma para aquisição de fotos da plantação de soja, e um conjunto de *software* de processamento das imagens, tornando possível a detecção de pragas e doenças.

Em sua tese, Aita (2013) realizando o controle local de lagartas e percevejos em soja, buscou analisar a distribuição espacial e temporal, utilizando técnicas de agricultura de precisão para o mapeamento e controle dos insetos. Este estudo foi realizado em cinco áreas de cultivo com soja nas safras 2010/11 e 2011/12. Também foram realizadas análises técnicas e econômicas deste sistema de manejo.

Fontes e Pozzetti (2016) analisaram os benefícios que os drones podem trazer para um monitoramento mais eficaz na Amazonia, verificando sua aplicabilidade na proteção ambiental, concluindo que essa nova tecnologia é saudável, possibilitando realizar atividade de sustentabilidade que o ser humano não consegue realizar com a mesma eficiência.

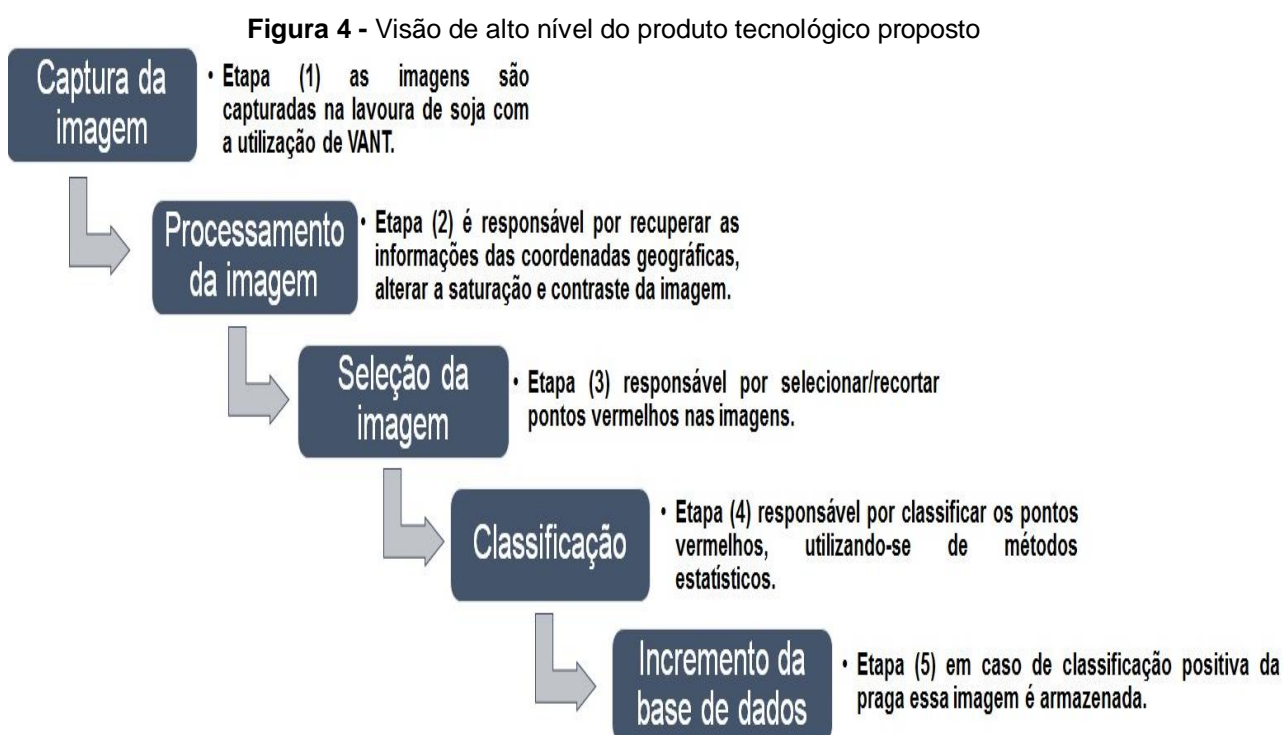
Em sua dissertação Nunes e Souza (2016) propõem uma metodologia para identificação do percevejo marrom na lavoura de soja através da captura de imagens com o auxílio de câmera digital acoplado por haste de pvc a dois metros de altura. Após a captura as imagens são processadas com a utilização de visão computacional e aprendizagem de máquina, com a finalidade de identificar percevejo marrom, quantificar e validar. Chegando através de testes a uma acurácia de 92% de assertividade na identificação da praga, com a utilização de análise discriminante linear - LDA e o classificador *bootstrap*.

3 METODOLOGIA

A pesquisa pauta-se no método experimental com teste de campo e ensaios laboratorias, com o objetivo de desenvolver uma técnica de mapeamento de pragas em cultivo de soja, em particular o mapeamento do percevejo marrom, realizando a aquisição de imagens com um Veículo Aéreo Não-Tripulado (VANT), e a detecção do percevejo marrom com técnicas de reconhecimento de padrões e aprendizado de máquina.

Segundo GIL (2008), a pesquisa experimental é quando se determina um objeto de estudo, selecionando as variáveis capazes de influenciar na pesquisa, assim como definir as formas de controle e de observações que as mesmas produzem no objeto.

O intuito da pesquisa visou desenvolver um produto tecnológico para auxiliar o produtor no momento adequado e na localização correta do percevejo marrom na lavoura de soja, para tal houve a necessidade de subdivir-se a pesquisa em 5 etapas: (1) captura da imagem, (2) processamento da imagem, (3) seleção da imagem, (4) classificação e (5) incremento da base de dados, conforme mostrado na Figura 4.



Fonte: Autoria própria.

O VANT irá sobrevoar a propriedade para realizar a captura das imagens. As imagens capturadas serão descarregadas no *software* que foi desenvolvido, o mesmo irá realizar o processamento digital das imagens. Na etapa de seleção das imagens, será realizada a busca por *pixels* vermelhos, as imagens que possuírem *pixels* vermelhos passam para o processo de classificação, caso não exista é realizado o descarte da imagem.

O processo de classificação é responsável pela identificação do percevejo marrom. Para os casos em que a classificação da praga for positiva, a imagem é incrementada no banco de dados, caso contrário, é realizado o descarte da imagem.

3.1 Captura da Imagem

A etapa de captura da imagem é o primeiro passo do processamento digital e caracteriza-se pela aquisição, armazenamento e transmissão para etapas seguintes. Segundo Borth *et al.* (2014), a captura das imagens pode ocorrer com diferentes equipamentos como por exemplo, as câmeras digitais, celulares, smartphones, tablets, infravermelho, câmeras de segurança normais ou térmicas, scanners, placas digitalizadoras, webcams, câmeras para 3D, satélites, ressonância magnética, tomografia computadorizada, Polymerase Chain Reaction (PCR), raio-x, ultrassonografia, microscópio, telescópio, visão 360° como o Google Car, dentre inúmeros outros.

A captura das imagens foi realizada utilizando um VANT da fabricante chinesa DJI, modelo Phantom 3 Standart mostrado na Figura 5 de fácil manuseio e de grande estabilidade. Os procedimentos de vôo são realizados a partir do aplicativo da fabricante, instalado em um smartphone ou tablet.

O VANT possui uma autonomia de até 25 minutos de vôo, podendo ser controlado por até 1 km de distância do seu controle, chegando em uma velocidade de até 57 km/h.

Figura 5 - Vant – Phantom 3 Standart



Fonte: Autoria própria.

A câmera utilizada para realizar a captura das imagens foi do modelo FC300C, da fabricante DJI, já acoplada no VANT com 12 megapixels de qualidade. As configurações de fábrica da câmera não foram alteradas, pois a mesma realiza a calibração automática das cores.

A captura das imagens ocorreu em 3 diferentes propriedades 2 localizadas na cidade de Araruna e uma na cidade de Peabiru, as propriedades selecionadas possuem diferentes dimensões sendo a primeira de Araruna cerca de 8 hectares, a segunda de 13 hectares e a de Peabiru 11,5 hectares. Não houve critério para seleção das propriedades, a pesquisa em questão poderia ter sido realizada em qualquer outra propriedade.

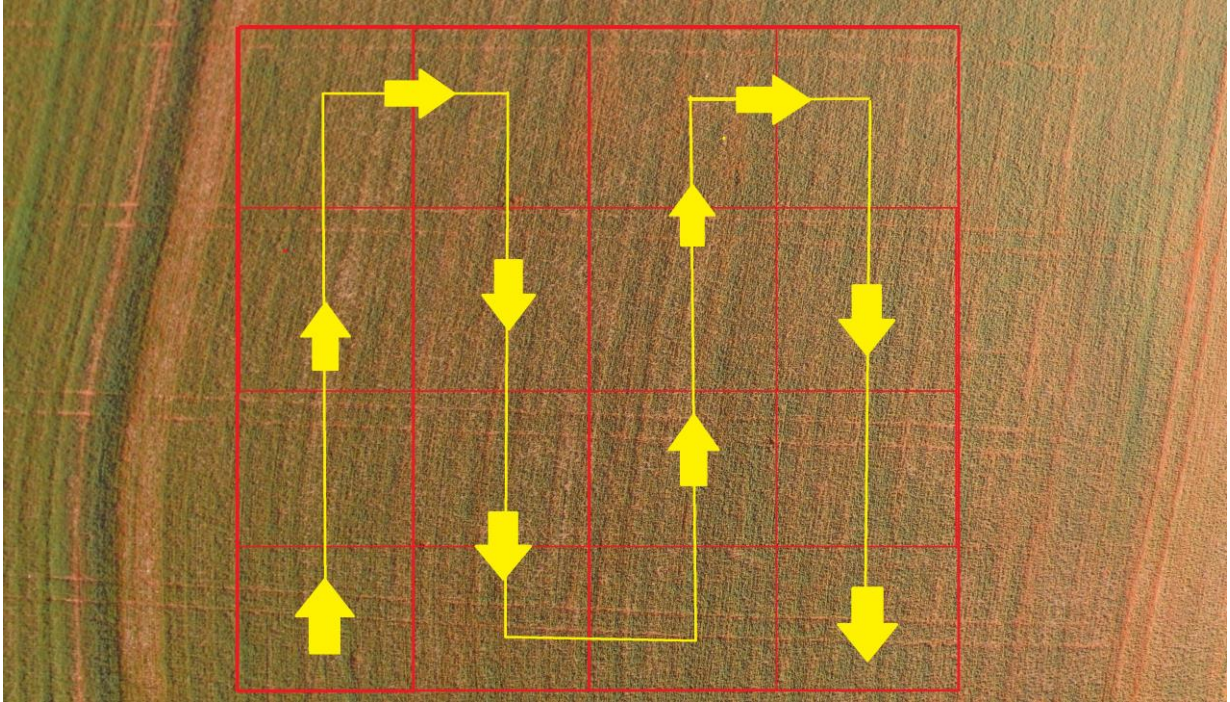
As coletas das imagens foram realizadas no período diurno e vespertino, com condições climáticas favoráveis, ou seja, com ausência de chuva ou muitas nuvens, visando a qualidade da imagem e a integridade do VANT. Vale ressaltar que a câmera do VANT utilizado não faz o uso de flash e a captura aconteceu sem interferência humana no cenário.

O primeiro teste realizado foi o de altura fator esse de extrema importância para o desenvolvimento da pesquisa, pois o mesmo interfere diretamente no tamanho do percevejo marrom. Foram capturas imagens em 5 alturas diferentes para que pudesse chegar na que melhor iria atender a pesquisa, essa distância deve levar em consideração a copa da planta até o VANT.

Em ambas as propriedades a forma de captura ocorreu por amostragem, foi selecionada apenas uma parte para realiza a captura da imagem, a área de

amostragem selecionada possui cerca de 5000m² conforme ilustra a Figura 6, em todo os processos de captura realizados foram respeitados os limites de altura e de a área.

Figura 6 - Plano de voo



Fonte: Autoria própria.

Foram capturadas 1922 imagens em 5 alturas diferentes, afim de identificar qual seria a melhor para atender a pesquisa. As imagens capturadas devem possuir uma alta definição de qualidade, não apresentando distorções, esse é um fator crítico desse desenvolvimento, pois se trata de uma praga bem pequena, da ordem de 11 mm em sua fase adulta.

As capturas das imagens foram realizadas com o GPS do VANT ligado, registrando assim a latitude e a longitude, que serão os parâmetros determinantes da localização do percevejo marrom na propriedade rural.

O tamanho padrão das imagens capturadas, para realização desse estudo, foi de 4000 *pixels* de largura por 2250 *pixels* de altura, não interferindo na identificação da praga. Já a altura como discorrido anteriormete é um fator de grande importância, pois influência na área quadrada atendida pela imagem e no descarte das manchas para classificação.

O Quadro 2 apresenta as 5 alturas de captura das imagens assim como a área quadrada atendida em cada, para calcular a área foi realizado a contagem dos *pixels* existentes em 1 metro da imagem, após isso a divisão da largura e altura da imagem pela quantidade *pixel* por metro, seguinte a divisão é realizada a multiplicação entre a largura e altura.

Quadro 2 - Pixels por metro de altura

Altura (m)	Quantidade de <i>pixel</i> (1 Metro)	Área (m²)
1	2500	1,44
2	1400	4,60
3	1000	9,00
4	800	14,06
5	650	21,30

Fonte: Autoria própria.

As imagens capturadas entre 1 e 2 metros de altura foram descartadas devida a interferência do VANT na soja. Quanto mais próximo o veículo da planta, o vento produzido causava um balanço na soja, deixando assim as imagens distorcidas.

As distâncias de 4 e 5 metros de altura apresentaram boa qualidade de imagem, porém, pelo fato de se tratar de uma praga pequena, a identificação da mesma não foi clara e o tempo de processamento foi alto.

A altura estabelecida para realizar os estudos foi de 3 metros de altura, pois não houve interferência do VANT na soja. A referência para essa distância é a altura da copa da planta até o VANT, atingindo assim uma área analisada de aproximadamente 9 metros quadrados, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7 - Área de captura do Vant

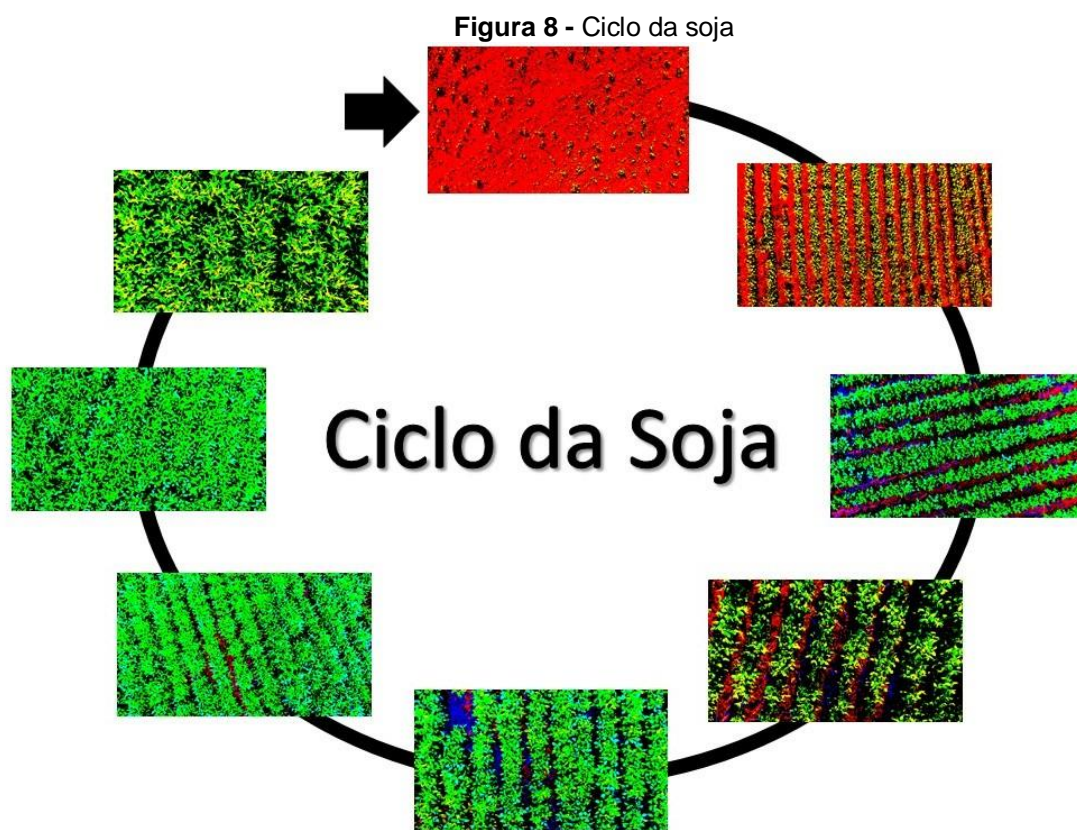


Fonte: Autoria própria.

A captura das imagens ocorreu em diversas fases do cultivo da soja, desde o plantio da cultura, passando pelo o início do desenvolvimento da planta até próximo da colheita, conforme ilustrado na Figura 8.

As imagens capturadas no início do ciclo de desenvolvimento da cultura, apresentaram muitos ruídos causados pela coloração do chão, devido à grande abertura das linhas de plantio. Esse fato interferiu diretamente no processo de classificação, pois a cor do solo, após tratada, pode ser confundida com a cor do percevejo marrom.

Para aplicação do estudo, o melhor momento para captura das imagens é quando a soja começa a fechar as linhas de plantio, eliminando assim os ruídos causados pela coloração do chão. O período com maior incidência de percevejo marrom foi o matutino, devido à baixa temperatura.

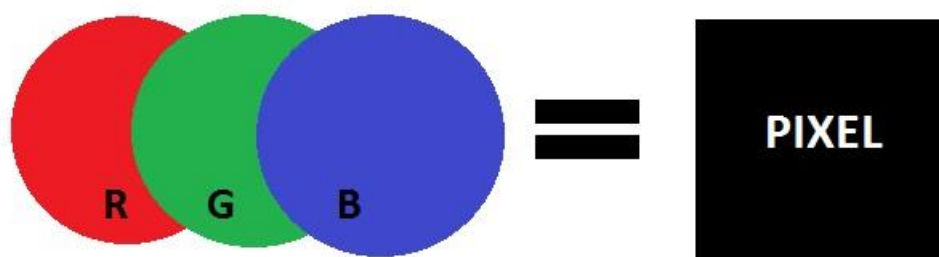


Fonte: Autoria própria.

3.2 Processamento da Imagem

Após realizada a coleta das imagens na propriedade agrícola com a utilização do VANT, os dados obtidos nesta análise passaram por tratamentos como aumento do contraste e saturação, com a finalidade que seja destacado pontos vermelhos na imagem para que seja realizado a mineração em busca do percevejo marrom.

No processamento das imagens, foi levado em consideração o sistema de cores RGB (Red, Green e Blue). Neste padrão, cada cor pode ter um valor inteiro entre 0 e 255, onde 0 indica a ausência de intensidade e 255 indica a intensidade máxima. A composição dos valores RGB determinará a cor do *PIXEL* (*Picture Element*), conforme ilustrado na Figura 9.

Figura 9 - Composição do pixel

Fonte: Autoria própria.

De acordo com Damasceno et al (2015), a variação dos índices de cada eixo é de 0 a 255, sendo assim é possível formar 16.777.216 cores. Esse número nos ajuda a entender a sensibilidade na diferenciação de cores de uma imagem. Considerando assim, uma imagem RGB como um arranjo tridimensional das cores vermelho, verde e azul.

Foi realizado o processamento de todas as imagens capturadas, onde inicialmente, realizou-se a leitura dos metadados das mesmas para recuperar os dados de latitude e de longitude, que são imprescindíveis para localização da imagem na lavoura.

Na próxima etapa, foi realizado o tratamento de todas essas imagens, utilizando de técnicas de edição, onde foram submetidas a filtros como:

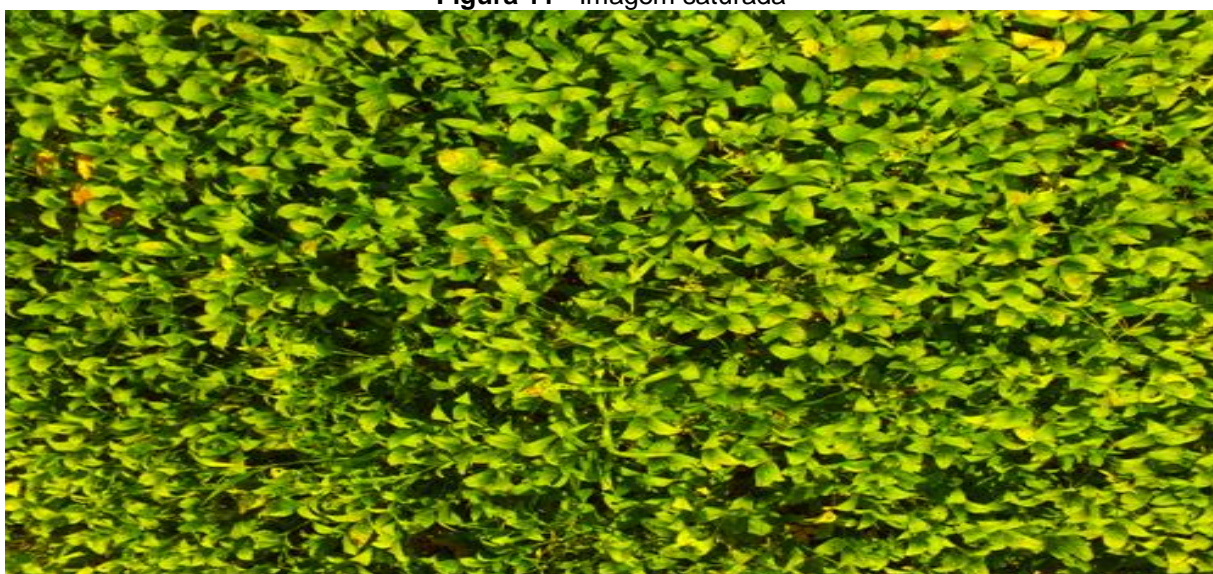
- **Saturação:** É a pureza da cor, ou seja, quanto mais pura a cor mais saturada ela será, pode se diminuir a saturação de uma cor através da mistura com cinza, quanto mais cinza for misturado menos pura ela será;
- **Contraste:** É um fenômeno com o qual se pode diferenciar cores, atendendo à sua luminosidade, ou à cor de fundo sobre a qual projetam.

A Figura 10 está em seu estado original, da mesma forma em que foi capturada na lavoura de soja.

Figura 10 - Imagem sem tratamento

Fonte: Autoria própria.

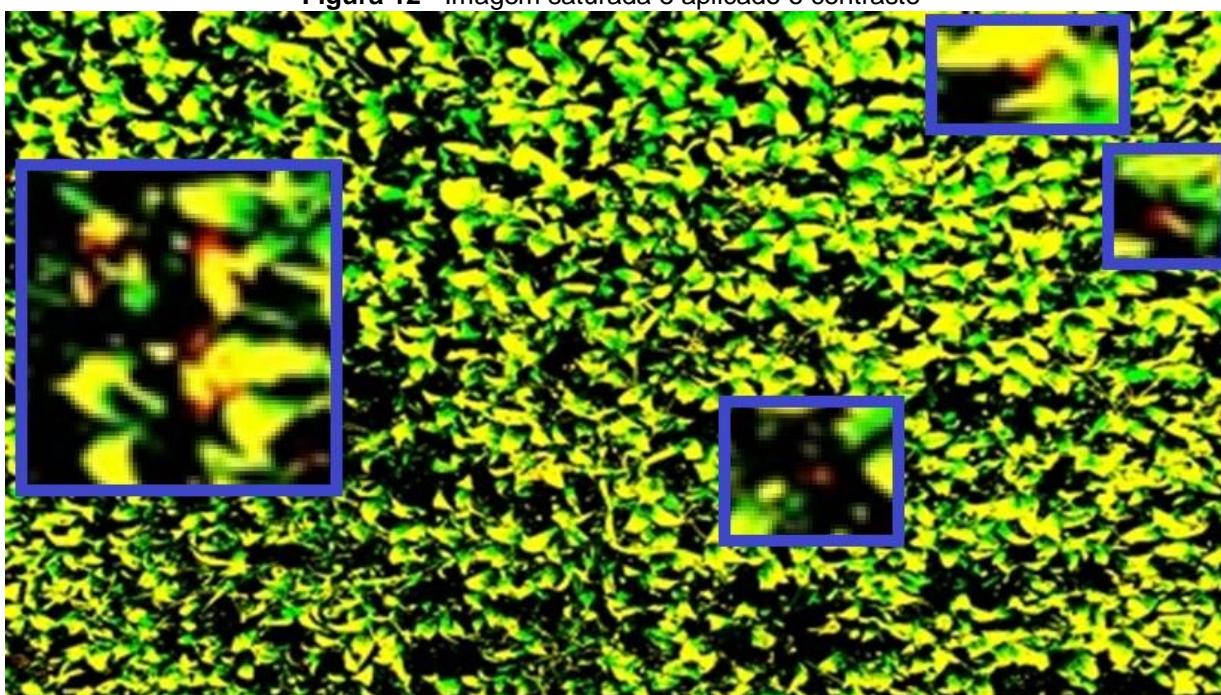
Para a aplicação da saturação na imagem foi utilizado a classe *HSBAdjustFilter* (*Hue, Saturation e brightness*), responsável por aumentar ou diminuir os canais de matiz, saturação e brilho. Foi utilizado apenas o canal de saturação que foi aumentado para 400%. Esse ajuste visa tornar a cor mais pura, afim de melhorar a distinção de objetos presentes na imagem, conforme mostrado na Figura 11.

Figura 11 - Imagem saturada

Fonte: Autoria própria.

Após a imagem ter passado pelo processo de saturação, foi realizado o contraste da mesma. O processo que foi realizado pelo *software* através da classe *ContrastFilter* (filtro de contraste), que é responsável por melhorar a qualidade da imagem, ajustando a luminosidade dos *pixels*, aumentando em 100% o contraste da mesma, de forma que pontos vermelhos sejam identificados nas imagens para fins de identificação da praga.

Figura 12 - Imagem saturada e aplicado o contraste



Fonte: Autoria própria.

3.3 Seleção da Imagem

Após o tratamento da imagem ser realizado, foi efetuada uma nova leitura na imagem, primeiramente identificando os pontos vermelhos, onde o algoritmo irá percorrer toda a imagem, realizando a verificação *pixel a pixel*. Caso não exista nenhum ponto, a imagem será descartada.

Quando encontrado um ponto vermelho, o algoritmo passa a analisar os *pixels* vizinhos do mesmo, com a finalidade de definir o agrupamento dos pontos para posterior validação da praga junto ao banco de dados.

Esse agrupamento de *pixels*, identificados como uma mancha na imagem, foi realizado utilizando um vetor, onde foi armazenado todos os pontos em vermelho que estão conectados.

Para descobrir o tamanho real da mancha, foi necessário recuperar as extremidades da mancha, linha e coluna. Com essas informações, a largura é encontrada a partir da subtração entre a linha e a coluna do canto esquerdo e do canto direito. A altura da mancha é encontrada a partir da subtração entre a posição superior e inferior da mancha.

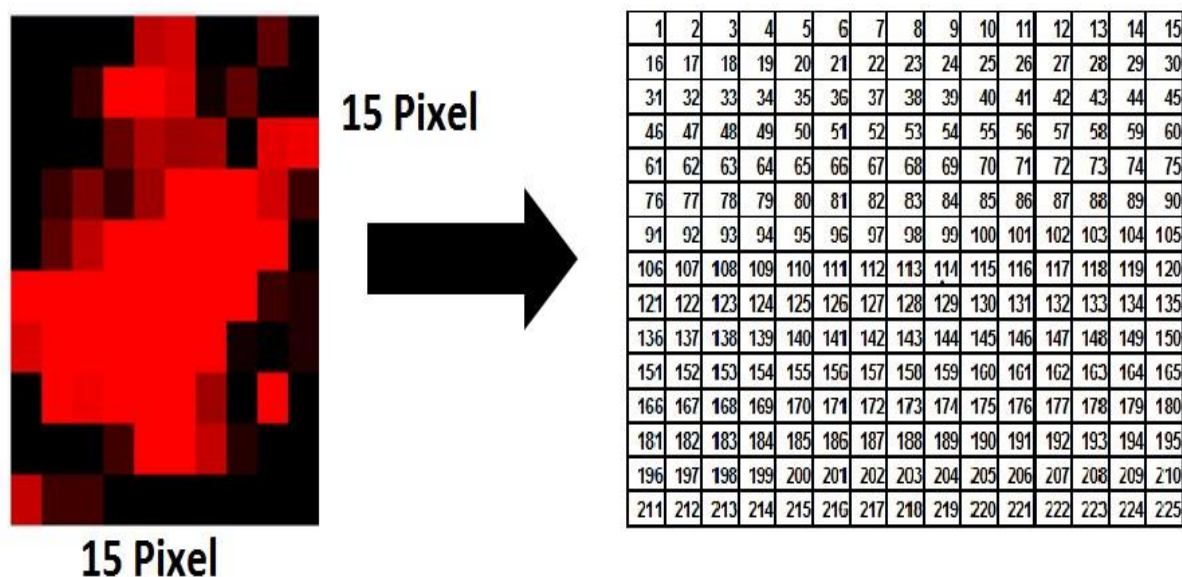
A mancha vermelha encontrada na imagem é retirada da mesma. A imagem sem a mancha é reprocessada diversas vezes para localizar outros pontos vermelhos, que podem existir na imagem.

O recorte da imagem foi realizado com o método *GetSubImagem*, existente na classe *BufferedImage*, através da largura da mancha e das coordenadas do canto superior e inferior. O recorte gerou uma nova imagem com identificação das coordenadas geográficas da imagem original.

Após o recorte, a nova imagem passou por uma validação de tamanho para identificação do percevejo. A faixa de corte estabelecida para descarte foi menor que 3 *pixels* e maior que 20 *pixels*, obtida através de análise visual das imagens, a faixa de corte estabelecida é para a altura de 3 metros de altura, uma vez que o tamanho do *pixel* é influenciado pela altura de captura da imagem, conforme apresentado anteriormente no quadro 2.

As imagens selecionadas, segundo a faixa de corte estabelecida, passaram por um processo de renderização, gerando novas imagens com tamanho padrão de 15 linhas por 15 colunas, visando um melhor desempenho computacional e uma padronização de tamanho. A Figura 13 apresenta uma imagem já redimensionada e sua respectiva matriz de dados em *pixels*. Após a renderização, as imagens foram salvas em um novo diretório que o *software* criou dentro do diretório de origem das imagens.

Figura 13 - Imagem redimensionada e sua matriz de dados RGB



Fonte: Autoria própria.

Realizado o processo de renderização da imagem, as imagens são representadas por um padrão matricial de 15 linhas por 15 colunas, ou seja, 15 *pixels* de altura por 15 *pixels* de largura, compondo assim uma matriz de 225 posições.

Em seguida, é realizada uma leitura nas imagem padronizadas (15x15) para recuperar a composição RGB (*Red*, *Green* e *Blue*) de cada *pixel* e posterior confecção de um arquivo com extensão CSV (*Comma-separated values*), contendo os três valores de cores separados para cada *pixel*, além das informações das coordenadas geográficas, e também uma coluna para classificação do percebejo marrom da imagem, criando assim um vetor com 678 posições para cada imagem recortada, ou seja, para cada *pixel* de uma imagem o vetor irá conter 3 posições, conforme mostrado na Figura 14.

Figura 14 - Vetor gerado no arquivo CSV

-24.462203	-51.381753	3	4	5	6	...	677	Classificação
------------	------------	---	---	---	---	-----	-----	---------------

Fonte: Autoria própria.

3.4 Classificação

Após a criação do arquivo com os dados das imagens processadas, foi realizada a classificação. Para realização do processo de classificação foram testados dois algoritmos de métodos estatísticos para realizar o reconhecimento de padrões, com a finalidade de se obter uma assertividade maior.

Os métodos estatísticos utilizados para realização da pesquisa foram a análise discriminante linear e a regressão logística, ambos os métodos foram escolhidos com base na literatura encontrada, para resolução de problemas com reconhecimento de padrões.

Para realizar o processo de reconhecimento e classificação, foi necessária a redução da grande quantidade de variáveis de entrada. Foi criado um novo vetor cujo os componentes são combinações lineares das variáveis originais, utilizando o método estatístico denominado de análise fatorial.

A análise fatorial é uma técnica usada para diminuir uma grande quantidade de variáveis observadas a um número reduzido de fatores (Hair et al, 2006). Ao diminuir tais dados, a análise obtém dimensões latentes que expõem os dados em um número menor de conceitos do que as variáveis individuais originais.

A análise fatorial é responsável por realizar a extração dos fatores de correlação existentes entre as variáveis originais. Os novos fatores realizam o agrupamento das variáveis com forte correlação.

O algoritmo desenvolvido para realizar a análise fatorial, recebe, inicialmente, dois arquivos contendo: (1) 420 registros para composição da regra e (2) 180 registros para testes com suas respectivas classificações.

No primeiro passo, os dados são processados separadamente para composição da regra, inicialmente a informação referente a classificação é retirada do arquivo para iniciar o processo de análise, após isso é gerada a matriz de correlação dos dados.

A partir da matriz de correlação são calculados os autovalores, necessários para a aplicação do critério de Kaiser e consequente redução dos fatores, permanecendo assim apenas fatores maiores de que 1.

A seguir é realizada a rotação varimax e realizado o cálculo das comunalidades. Os escores fatoriais encontrados são aplicados nos dados separados para teste, que serão classificados futuramente.

Após a realização da análise fatorial, o processo de classificação foi realizado por dois métodos, análise discriminante linear e regressão logística, e para obter as taxas de acertos reais foi utilizado o método de Lachenbruch (*leave-one-out*).

3.4.1 Análise Discriminante

Para a realização da análise discriminante linear, inicialmente, a base de dados gerada através da análise fatorial é dividida, gerando duas matrizes, uma contendo os dados independentes do modelo e outra com as variáveis resposta.

A implementação do método foi realizada utilizando-se do algoritmo existente no *software* MATLAB. Para utilização da função da análise discriminante é necessário informar os novos dados a serem classificados, as informações existentes no banco de dados, separadas em dois arquivos um para as informações, outro para a classificação e o tipo da função, nesse caso linear.

O objetivo é encontrar uma combinação linear das variáveis independentes, que possibilite realizar uma classificação dos novos valores. Realizado o processo de classificação são totalizados os acertos, gerando assim a matriz de confusão dos valores para apuração do percentual total de acertos.

3.4.2 Regressão Logística

O método de regressão logística recebe, inicialmente, a nova base de dados gerada através da análise fatorial, e realiza a separação dos dados e das variáveis resposta.

Para geração do modelo, o algoritmo realiza o processo de todas as informações existentes na base de dados, utilizando o método de Lachenbruch (*leave-one-out*), ou seja, a cada iteração um valor da matriz de dados é retirado, e é realizado o processamento novamente, produzindo assim diversos modelos dos dados, que no final são ajustados, definindo assim o padrão de classificação.

Para a utilização do método de regressão logística é necessário ter uma faixa de corte, valor esse utilizado para definir a classificação dos novos valores, que deve pertencer ao intervalo [0,1]. Para a realização desta pesquisa, a faixa de corte foi definida através da divisão entre o total dos classificados como praga pelo total de elementos do banco de dados.

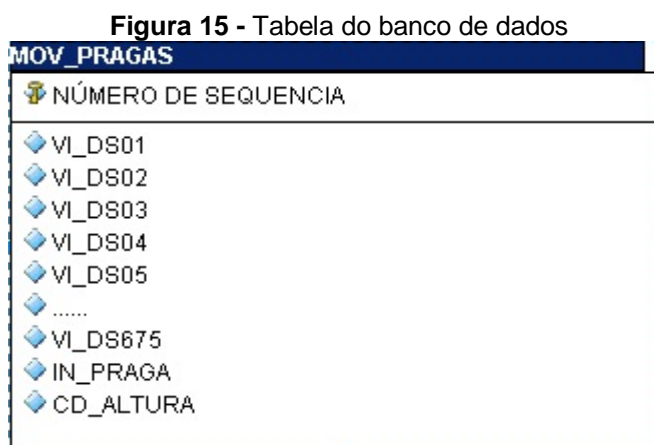
Após a definição da faixa de corte foi realizado o cálculo dos parâmetros da regressão logística, posteriormente esses valores são aplicados aos novos dados que serão classificados. Realizada a aplicação dos valores é chegada na regressão logística dos novos dados, no próximo passo o sistema passa a realizar a comparação desse valor com a faixa de corte e passa a totalizar a quantidade de acertos, gerando assim a matriz de confusão dos valores para apuração do percentual total de acertos.

3.5 Incremento da base de dados

A metodologia utilizada na construção dessa pesquisa foi o de aprendizado de máquina supervisionado, onde foi necessária uma base de dados já conhecida sobre o percevejo marrom.

O banco de dados é composto por uma única tabela com nome de “MOV_PRAGAS”, que contém 678 atributos, um campo com número de sequência, 675 campos para os valores RGB, um campo para classificação da praga e outro para altura da captura da imagem, conforme ilustrado na Figura 15.

Figura 15 - Tabela do banco de dados

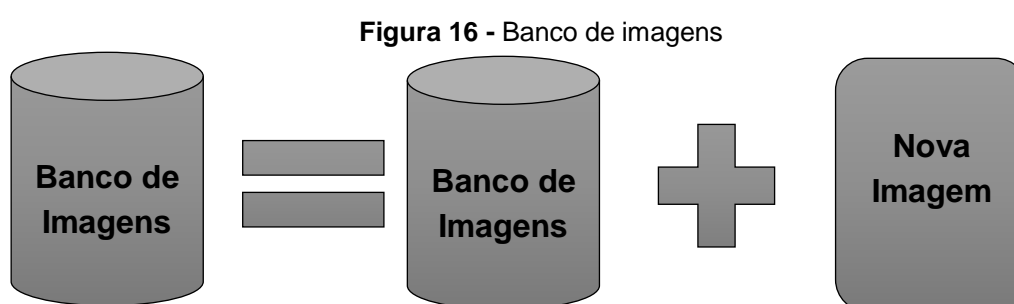


NÚMERO DE SEQUENCIA
VI_DS01
VI_DS02
VI_DS03
VI_DS04
VI_DS05
.....
VI_DS675
IN_PRAGA
CD_ALTURA

Fonte: Autoria própria.

Para a composição desse banco de dados, inicialmente, é indispensável a visão humana, para identificar quais imagens possuem ou não a praga. O banco de dados foi composto, primeiramente, por 600 imagens, sendo 289 com e 311 sem percevejo marrom.

A cada novo registro informado para o banco de dados o mesmo é inserido junto com as informações já conhecidas, o banco de dados não possui tamanho máximo, tornando assim mais preciso para futuras classificações, conforme Figura 16.



Fonte: Autoria própria.

Após a composição do banco de dados, o *software* em classificações futuras passará a realizar a identificação automática do percevejo marrom de acordo com informações já existentes.

3.6 Desenvolvimento do software

O *software* foi desenvolvido com o auxílio da *IDE Netbeans*, versão 8.1. A linguagem Java foi utilizada no desenvolvimento, e a construção da interface gráfica foi realizada com a API de desenvolvimento *Swing*. O processo de classificação das imagens foi realizado na plataforma *MATLAB*, *software* de alta performance em cálculos matemáticos. Para a gestão e o armazenamento das imagens foi utilizado o banco de dados *H2*, versão 1.3.176.

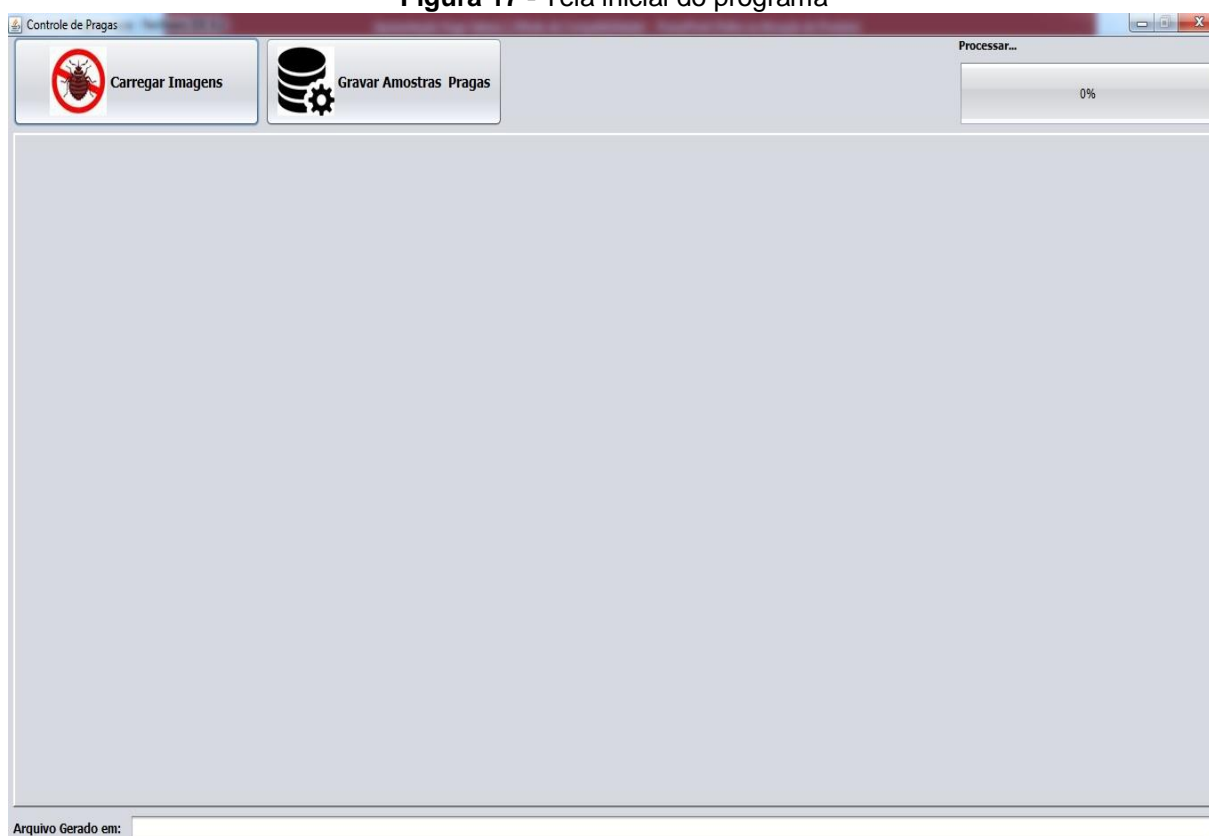
Todo o processamento da imagem antes da classificação foi realizado pelo *software* desenvolvido em linguagem Java, ou seja, os algoritmos desenvolvidos foram responsáveis por todos os procedimentos de tratamento de imagens, aplicando os filtros e descartando as que não atendiam aos requisitos estabelecidos.

A classificação das imagens já tratadas, foi realizada com auxílio da análise fatorial e o reconhecimento de padrões foi realizado utilizando os métodos de análise discriminante linear e de regressão logística na plataforma MATLAB.

A integração entre os processos desenvolvidos na linguagem Java e os processos desenvolvidos no ambiente MATLAB, foi realizada através de um arquivo de pacotes em Java, conhecido como JAR, com a criação de uma função para realizar a leitura do arquivo com as informações das imagens, bem como, a leitura das informações existentes no banco de dados, para posteriormente realizar a classificação.

O *software* possui uma interface de fácil uso, com dois botões, um para carregar as imagens a serem processadas e outro para inserir informações na base de dados, conforme ilustrado na Figura 17.

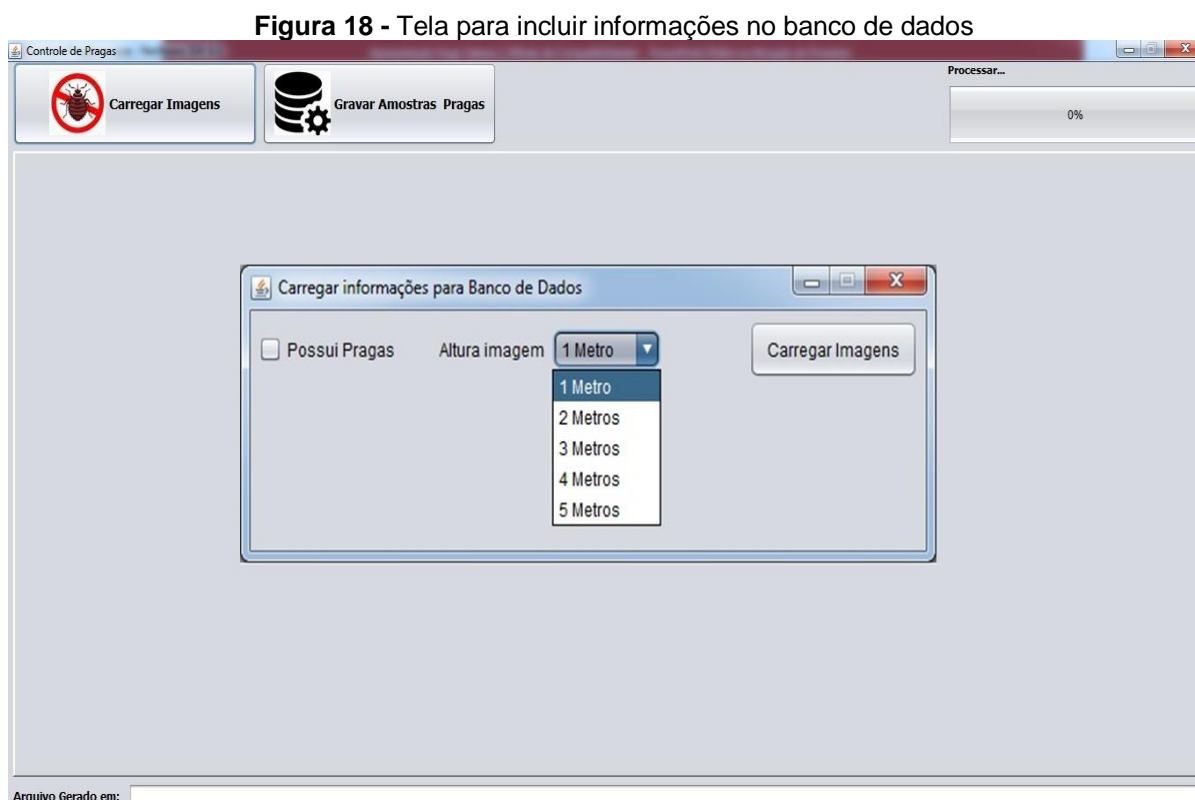
Figura 17 - Tela inicial do programa



Fonte: Autoria própria.

O usuário poderá cadastrar informações previamente conhecidas na base de dados, acessando a tela de cadastro, selecionando o botão com o nome “Gravar Amostras Pragas”. A tela possui um indicador onde o usuário deverá informar se as

imagens a serem carregadas possuem praga, assim como a altura de captura da mesma, conforme mostrado na Figura 18.

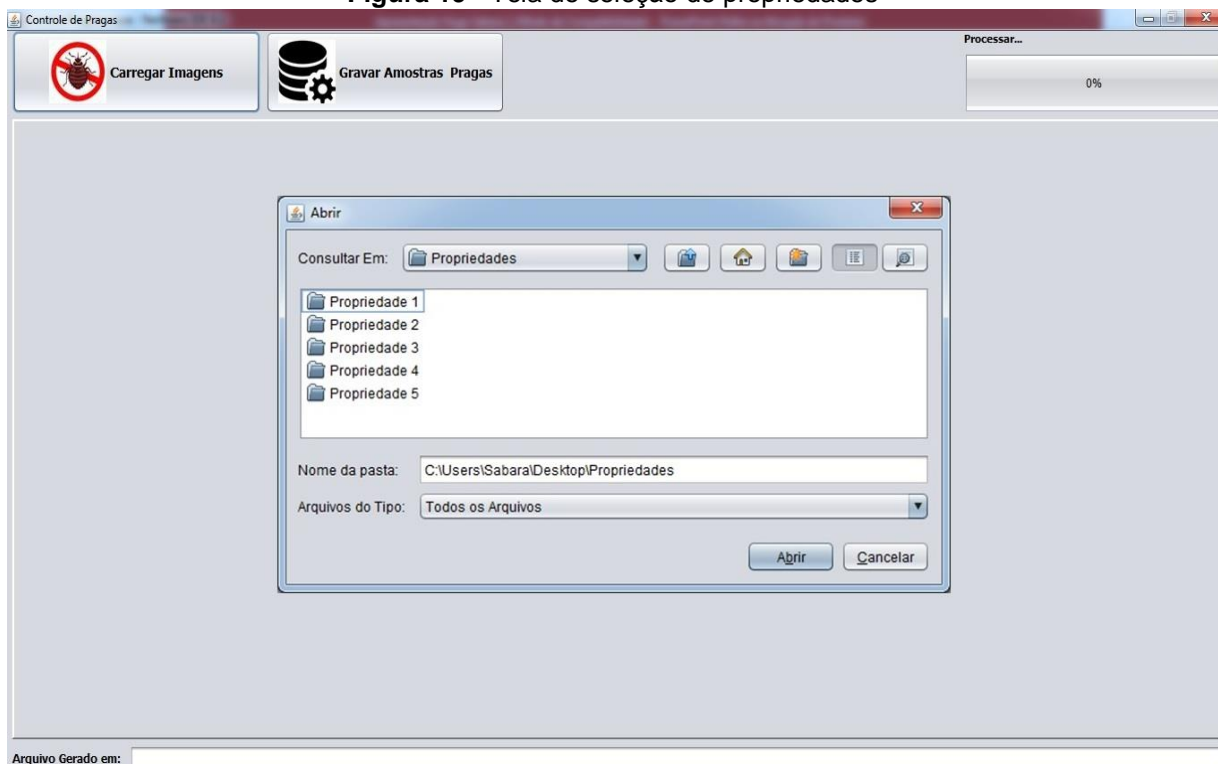


Fonte: Autoria própria.

Os mesmos procedimentos de tratamentos da imagem, citados anteriormente, são realizados nas amostras a serem inseridas, atendendo também a forma de padronização da base de dados.

Todas as imagens capturadas da propriedade, são descarregadas em um diretório específico com o mesmo nome da propriedade. Para realizar o processo de classificação é necessário, na tela principal, acessar o botão com o nome “Carregar Imagens”. Ao selecionar essa opção, o sistema irá abrir uma tela para que seja selecionado o diretório a ser processado, conforme ilustrado na Figura 19.

Figura 19 - Tela de seleção de propriedades

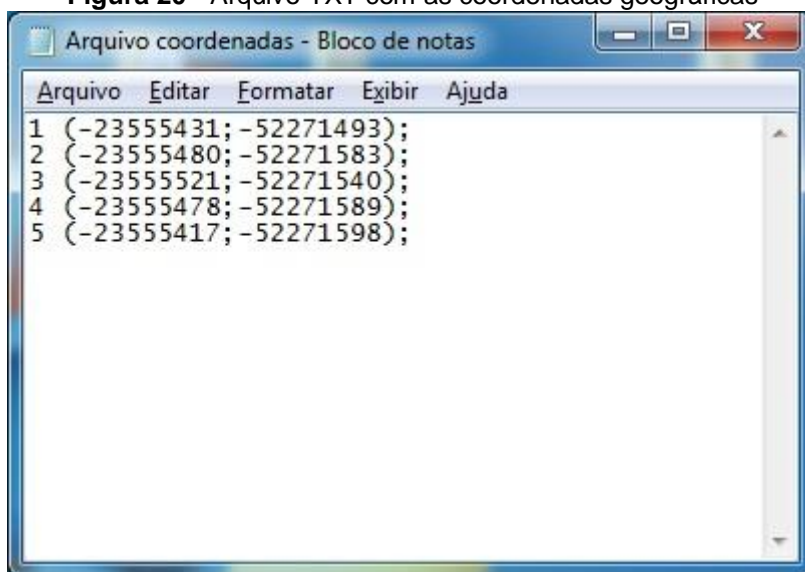


Fonte: Autoria própria.

Selecionadas as imagens, o *software* realiza os procedimentos para tratamento da imagem, descritos anteriormente, e a classificação dos dados.

Após o término da classificação, as informações da mesma serão geradas em um arquivo CSV. Essas informações serão descarregadas e em caso de identificação do percevejo marrom, o *software* armazenará as imagens, além dos dados de latitude e longitude obtidos na captura.

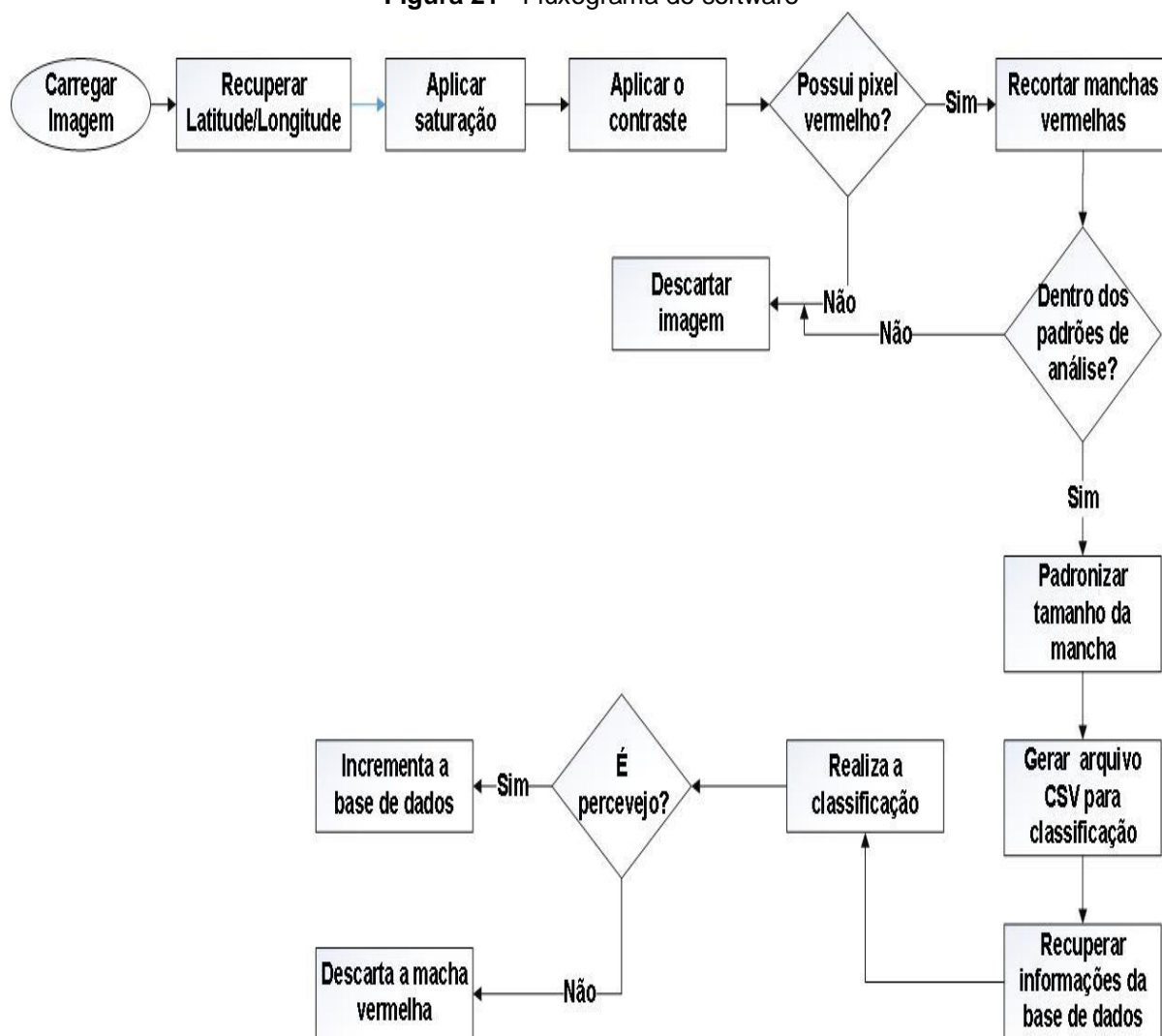
Através destes parâmetros, será confeccionado um arquivo (*.TXT) com as coordenadas geográficas das imagens com foco de infestação da praga conforme ilustrado na Figura 20, além de um mapa em forma de imagem que mostrará ao produtor rural, onde está concentrado o percevejo marrom em sua propriedade.

Figura 20 - Arquivo TXT com as coordenadas geográficas

Fonte: Autoria própria.

Com o mapa em mãos, o agricultor realizará o acompanhamento de sua propriedade de uma forma geral, sabendo sobre a existência de infestação, auxiliando na aplicação de inseticidas apenas nos locais que possuem a praga, gerando assim uma grande economia em defensivos agrícolas, diminuindo o impacto ao meio ambiente demasiadamente desnecessária. A Figura 21 apresenta o fluxograma das etapas realizadas pelo *software*.

Figura 21 - Fluxograma do software



Fonte: Autoria própria.

4 RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados encontrados após a aplicação da metodologia para identificação do percevejo marrom na lavoura de soja.

Inicialmente, para a validação da metodologia, foi necessário um banco de dados com informações previamente conhecidas sobre o percevejo marrom, com um total de 600 imagens selecionadas por análise visual, sendo 289 com percevejo marrom e 311 com ausência da praga. As imagens que compõe o banco foram capturadas seguindo o passo a passo da metodologia, respeitando sempre o padrão de captura estabelecido.

Todas as imagens capturadas na lavoura de soja foram processadas pelo *software* desenvolvido nesta pesquisa, passando inicialmente por uma alteração na sua cor, aplicando os ajustes de saturação e de contraste, com o objetivo de destacar as manchas vermelhas, para realizar a validação.

Na Figura 22, é observada a imagem em seu estado original, sem alterações, da mesma forma em que foi capturada na lavoura de soja.

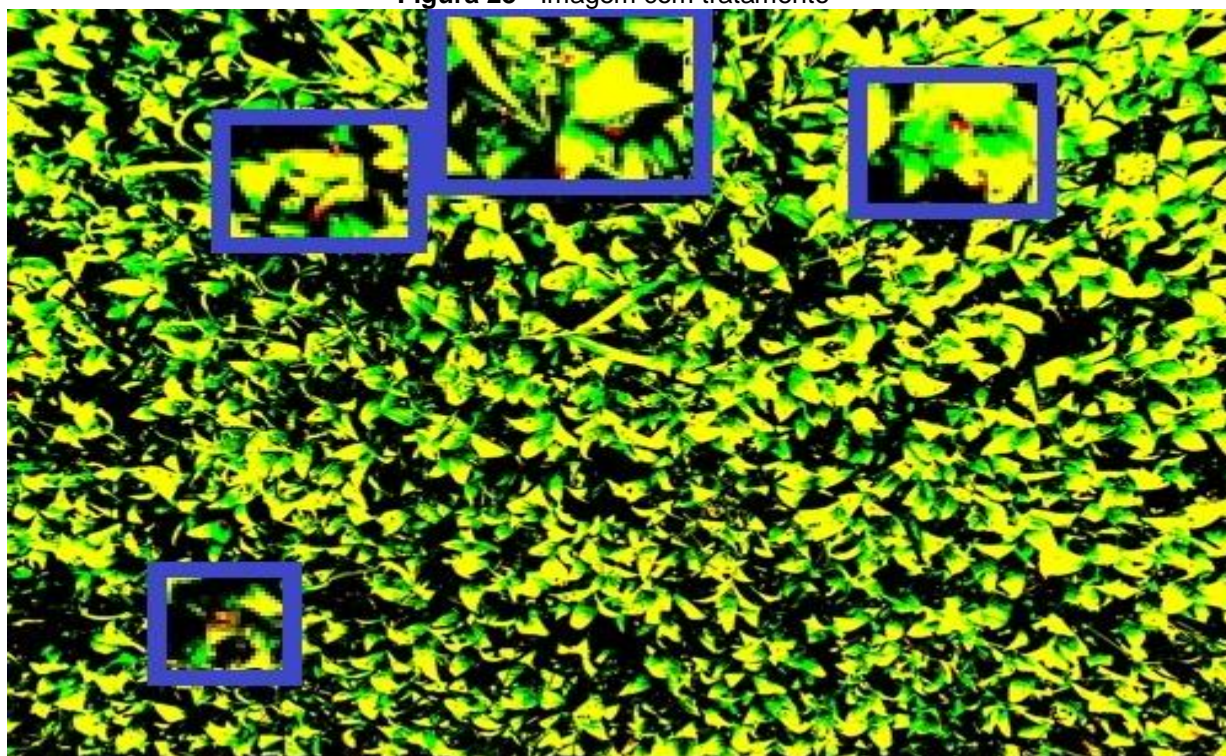
Figura 22 - Imagem sem tratamento



Fonte: Autoria própria.

Na Figura 23, após o processamento da imagem pelo *software* e a realização dos tratamentos de saturação e contraste, a imagem passou a apresentar as cores com mais pureza, permitindo assim, uma melhor identificação.

Figura 23 - Imagem com tratamento

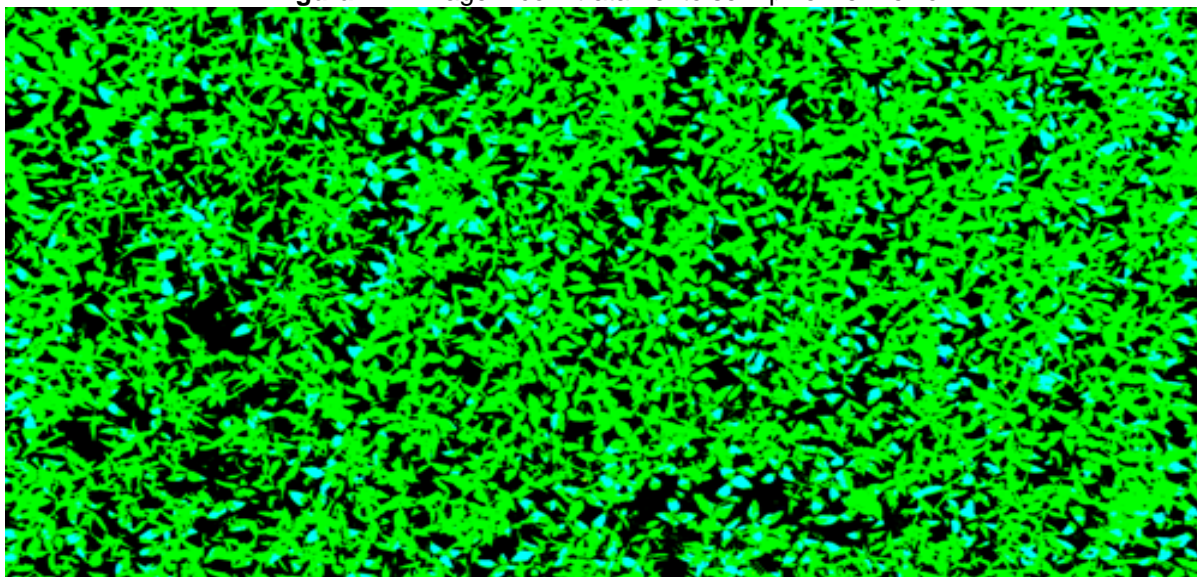


Fonte: Autoria própria.

Os *pixels* vermelhos são de fácil identificação, podendo assim, diferenciar do resto da imagem. Os *pixels* diferentes de vermelho são descartados através do processo de isolamento das manchas.

Após passar pelo tratamento, as imagens com a ausência de *pixel* vermelho foram descartadas, eliminando assim, a suspeita de percevejo marrom, conforme ilustrado na Figura 24.

Figura 24 - Imagem com tratamento sem pixel vermelho



Fonte: Autoria própria.

Com a imagem processada e os *pixels* vermelhos identificados, o *software* recuperou as extremidades de cada *pixel* para ter o tamanho exato da mancha vermelha. Foi realizado o recorte da mancha e o processo de redimensionamento, de acordo com a padronização especificada na metodologia, conforme ilustrado na Figura 25.

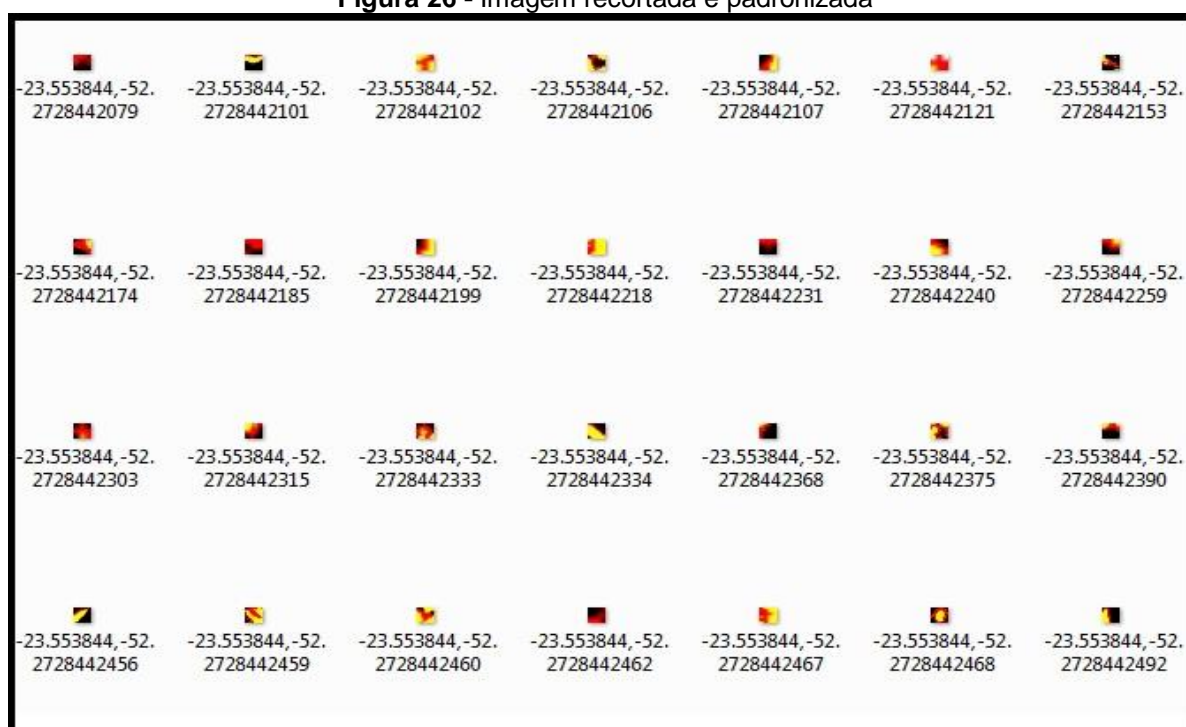
Figura 25 - Etapas de processamento, recorte e redimensionamento



Fonte: Autoria própria.

A Figura 26 apresenta os *pixels* identificados com a cor vermelha. Já recortados e padronizados, todos eles foram armazenados com as coordenadas geográficas da imagem original.

Figura 26 - Imagem recortada e padronizada



Fonte: Autoria própria.

Com as manchas vermelhas recortadas e com a localização de cada uma foi realizada a classificação dos dados. O procedimento de validação do *software* utilizou as 600 imagens do banco de dados para obtenção dos resultados.

Para realizar a classificação, o banco de dados foi dividido em duas partes conforme discorrido anteriormente, o banco de treinamento para composição da regra ficou com 420 registros, ou seja, 202 com percevejos marrons e 218 sem a praga. Já o banco de teste ficou com 180 registros, sendo 87 com percevejo marrom e 93 sem a praga.

A classificação dos dados foi realizada de duas formas, com a finalidade de testar a eficácia da aplicação da análise fatorial nos dados. Foi realizada uma comparação da taxa de acerto real dos dados originais, com a taxa de acerto real das observações geradas pela análise fatorial.

O quadro 3 apresenta classificação dos dados originais pelo método de RL, apresentou uma taxa de acerto de 93,33%, dos 87 registros com o percevejo marrom o algoritmo classificou 82 de forma correta, já dos 93 registros sem o percevejo marrom 86 foram classificados de forma correta. Para obtenção da taxa de acerto real, é somado o total de acerto (168) e dividido pelo total de amostras (180).

Quadro 3 - Classificação dos dados originais pelo método de RL

		Classificação Prevista	
		Com Praga	Sem Praga
Classificação Real	Com praga	* 82	5
		94,25%	5,75%
	Sem praga	7	* 86
		7,53%	92,47%
Taxa de Acerto Real	93,33%		
* Percentual de acerto			

Fonte: Autoria própria.

O quadro 4 apresenta classificação dos dados originais pelo método de ADL, apresentou uma taxa de acerto de 58,89%, dos 87 registros com o percevejo marrom o algoritmo classificou 52 de forma correta, já dos 93 registros sem o percevejo marrom 54 foram classificados de forma correta.

Quadro 4 - Classificação dos dados originais pelo método de ADL

		Classificação Prevista	
		Com Praga	Sem Praga
Classificação Real	Com praga	* 52	35
		59,77%	40,23%
	Sem praga	39	* 54
		41,94 %	58,06%
Taxa de Acerto Real	58,89%		
* Percentual de acerto			

Fonte: Autoria própria.

Após realizada a classificação dos dados originais, os mesmos passaram pelo processo de análise fatorial. O Quadro 5 apresenta o número de fatores gerados para os dados originais após a aplicação do método de análise fatorial. O objetivo da aplicação do método é obter uma quantidade menor de fatores com relação aos dados originais, esses fatores são responsáveis por explicar a variabilidade das observações. Foram extraídos 72 fatores que corresponde a (92,03%) da variabilidade dos dados. O método utilizado para determinar os fatores foi o de Kaiser, onde o número de fatores extraídos e gerado através do número de autovalores que possuem valores maiores ou iguais a 1.

Quadro 5 - Número de fatores gerados

Números de fatores	Autovalores	Variância Cumulativa	Números de fatores	Autovalores	Variância Cumulativa
1	110,387	6,7736	37	2,7768	77,6401
2	64,4059	15,3574	38	2,6709	78,5706
3	54,7914	20,4787	39	2,6020	79,4536
4	44,6530	23,4482	40	2,5281	79,7387
5	31,4626	26,7004	41	2,3799	80,0262
6	25,1647	29,053	42	2,3041	80,5773
7	23,8541	30,8359	43	2,1505	80,8196
8	21,9472	34,9708	44	2,1048	81,3893
9	16,4823	38,6715	45	2,0410	81,6106
10	14,0039	43,1129	46	2,0211	82,0409
11	12,1985	46,7388	47	1,9533	82,5525
12	11,7194	47,9086	48	1,8832	82,7982
13	10,8998	51,6095	49	1,7882	83,2198
14	10,1406	54,8786	50	1,7388	83,6567
15	9,8537	56,2149	51	1,7240	83,8713
16	8,7095	57,5485	52	1,6960	84,2060
17	7,7562	58,2004	53	1,6610	84,5948
18	6,9644	60,8224	54	1,6022	84,9511
19	6,3916	61,4232	55	1,5403	85,7160
20	6,2203	64,0288	56	1,5139	86,1857
21	5,6241	64,5811	57	1,4712	86,5862
22	5,4563	67,3037	58	1,4447	86,9240
23	5,1248	67,8594	59	1,3766	87,2176
24	4,7853	68,3235	60	1,3480	87,7526
25	4,4561	68,9670	61	1,3256	88,1139
26	4,2685	69,6274	62	1,2729	88,9394
27	3,9987	69,8875	63	1,2527	89,1862
28	3,8217	70,9367	64	1,2085	89,4772
29	3,6598	72,9860	65	1,1672	89,7002
30	3,4513	73,2169	66	1,1562	89,9674
31	3,4275	73,6367	67	1,1421	90,3862
32	3,2061	75,0924	68	1,1130	90,6385
33	3,0763	75,5411	69	1,1011	90,9055
34	2,9597	75,8174	70	1,0578	91,2889
35	2,8976	76,1681	71	1,0406	91,6301
36	2,8695	77,2765	72	1,0128	92,0386

Fonte: Autoria própria.

Realizado o cálculo dos escores fatorais, o mesmo foi aplicado aos dados originais, gerando assim uma nova base de dados para realizar a classificação. Com essa nova base de dados gerada foi aplicado o método de regressão logística (RL) e a análise discriminante (ADL).

O quadro 6 apresenta a classificação dos dados originados pela AF pelo método de RL, apresentou uma taxa de acerto de 97,22%, dos 87 registros com o percevejo marrom o algoritmo classificou 84 de forma correta, já dos 93 registros sem o percevejo marrom 91 foram classificados de forma correta.

Quadro 6 - Classificação dos dados originados pela AF pelo RL

		Classificação Prevista	
		Com Praga	Sem Praga
Classificação Real	Com praga	* 84	3
		96,55%	3,45%
	Sem praga	2	* 91
		2,15%	97,85%
Taxa de Acerto Real	97,22%		
* Percentual de acerto			

Fonte: Autoria própria.

O quadro 7 apresenta classificação dos dados originados pela AF pelo método de RL, apresentou uma taxa de acerto de 95,00%, dos 87 registros com o percevejo marrom o algoritmo classificou 80 de forma correta, já dos 93 registros sem o percevejo marrom 91 foram classificados de forma correta.

Quadro 7 - Classificação dos dados originados pela AF pelo método ADL

		Classificação Prevista	
		Com Praga	Sem Praga
Classificação Real	Com praga	* 80	7
		91,95%	8,05%
	Sem praga	2	* 91
		2,15%	97,85%
Taxa de Acerto Real	95,00%		
* Percentual de acerto			

Fonte: Autoria própria.

Nota-se que, para as duas classificações, o uso da análise fatorial incrementou o resultado da classificação. Além disso, com o uso do método AF, o tempo de processamento da classificação foi 4 minutos mais rápido, visto que, inicialmente, foi realizado sobre as 675 variáveis, e após a redução, passou a analisar 72 fatores, dando assim uma melhor resposta em um tempo de 14,64 segundos. O quadro 8 apresenta uma comparação da classificação sem e com a análise fatorial.

Quadro 8 - Comparação entre a classificação com e sem o uso da AF

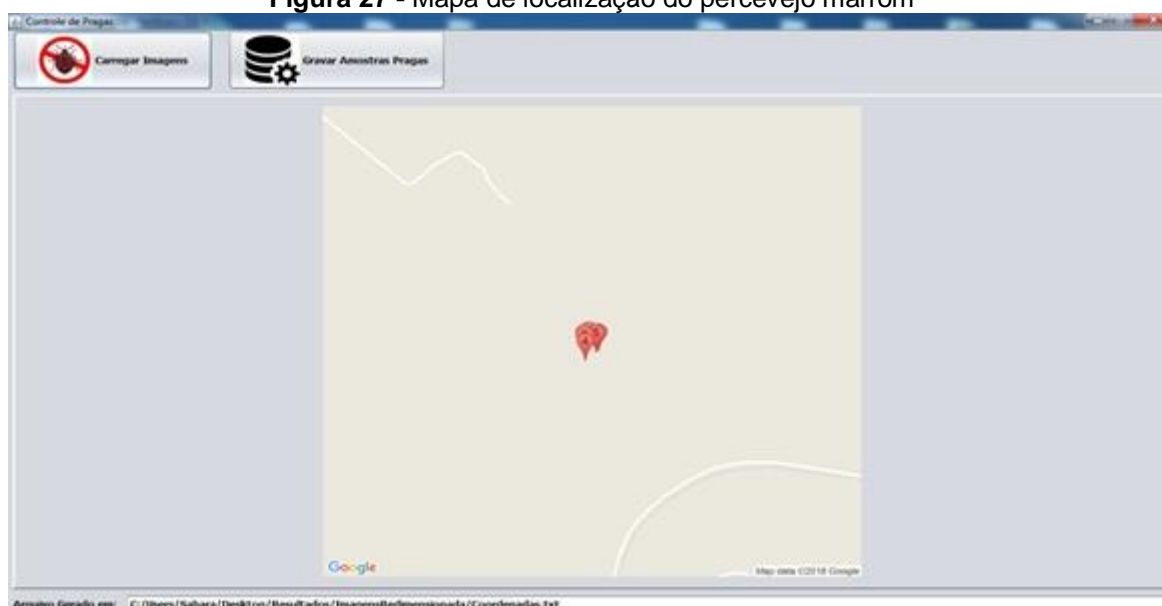
		Taxa de acerto real	
		Regressão Logística	Análise Discriminante
Banco de dados	Sem Análise fatorial	93,33%	58,89%
	Com Análise fatorial	97,22%	95,00%

Fonte: Autoria própria.

Diante dos resultados obtidos, o método de regressão logística com o uso de análise fatorial foi quem apresentou melhor resultado na classificação do percevejo marrom, obtendo uma assertividade de 97,22%.

Com o término da classificação das imagens, em caso positivo de praga o sistema apresenta um mapa da propriedade, destacando os pontos com presença da praga, assim como um arquivo com a extensão (*.TXT) com as coordenadas das imagens, conforme apresentado na Figura 27.

Figura 27 - Mapa de localização do percevejo marrom



Fonte: Autoria própria.

A metodologia proposta apresentou grande eficácia na identificação e localização do percevejo marrom, permitindo assim, que o produtor realize o manejo da praga com maior eficiência utilizando-se de uma quantidade menor de defensivos agrícolas.

Para destacar a eficiência da metodologia proposta foi realizado uma comparação entre o padrão atual de aplicação de inseticidas e a forma proposta.

Nos padrões atuais de aplicação de inseticidas para o controle de percevejo marrom, é utilizada uma média de 3kg por alqueire. A quantidade pode variar de acordo com a incidência da praga, sendo normal o uso de 03 aplicações por safra, totalizando aproximadamente 9kg de inseticidas aplicados indiscriminadamente por toda a extensão da lavoura, ou seja, em muitos lugares sem a real necessidade.

Foi realizado o cálculo para uma das propriedades onde foi capturada as imagens, com cerca de 11,5 alqueires, o uso é de aproximadamente 103,5kg de inseticidas por safra.

Foi realizado o cálculo em uma área de 500m², utilizando a metodologia proposta, encontrando 15 amostras de percevejo marrom, com base na área de 9 m² visualizada pela imagem capturada a 3 metros de altura. Realizando a aplicação de inseticida apenas nessas 15 áreas, totaliza-se uma área de 135m² de aplicação, reduzindo a aplicação em 365m², gerando uma economia na área de aplicação de 72,98%.

4.1 Documentação do software

Para modelar e documentar o *software*, foram desenvolvidos diagramas seguindo as anotações da Linguagem de Modelagem Unificada (UML). De acordo com Booch et al (2005), a UML é uma linguagem de modelagem de dados que permite ao usuário visualizar, especificar, construir e documentar um sistema.

A ferramenta utilizada na construção foi o *ASTAH Community, version 6.4*. Os diagramas apresentados para o sistema desenvolvidos são os diagramas de classe, de objetos e de sequência.

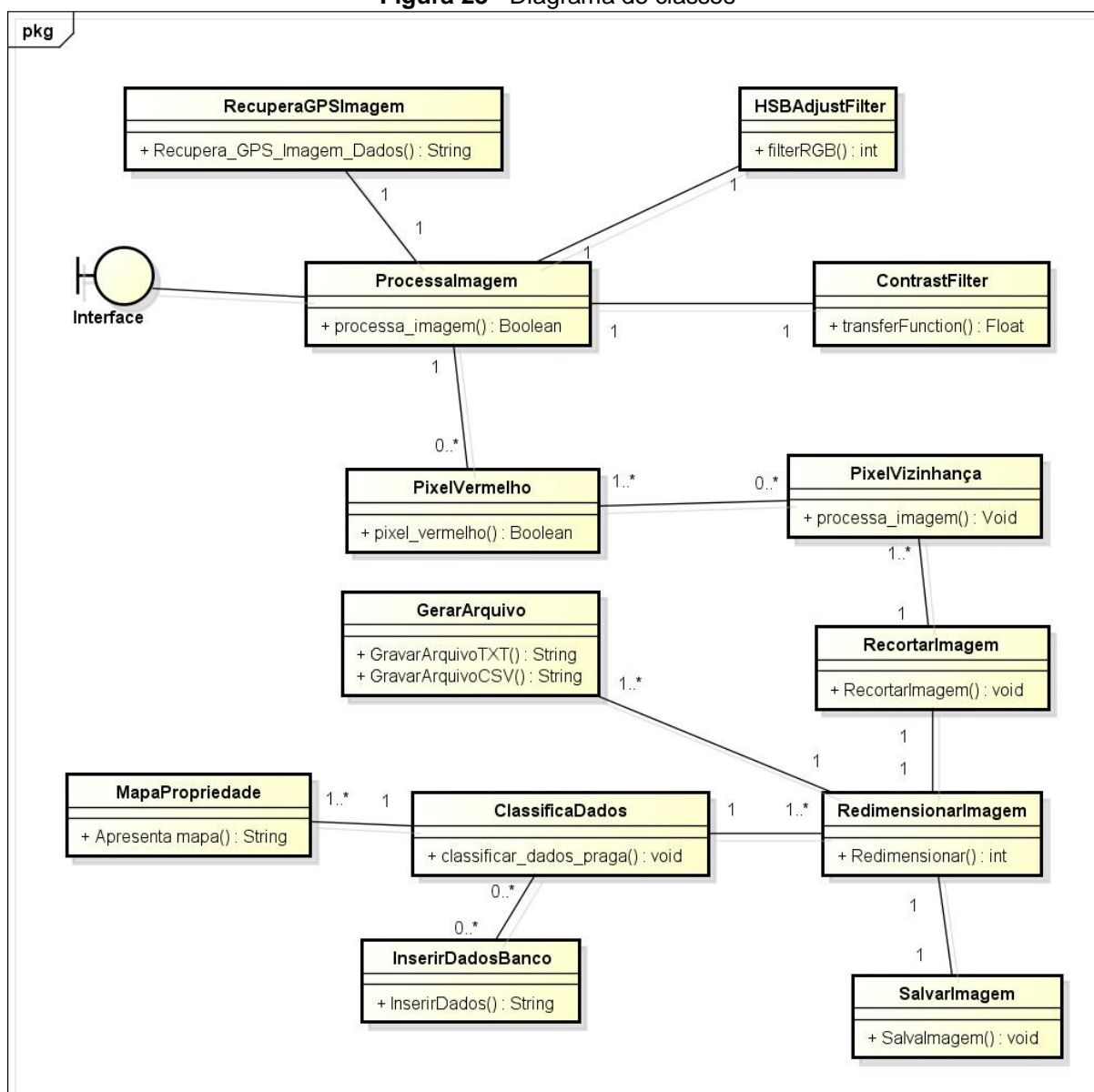
4.1.2 Diagrama de classe

Guedes (2018) afirma que o diagrama de classe é um dos mais importantes da UML, permitindo uma visualização de todas as classes que fazem parte do sistema, assim como seus atributos e métodos, apresentando assim uma visão estática das classes e seus relacionamentos.

Segundo FOWLER (2014), o diagrama de classe apresenta os tipos de objetos existentes no sistema e os diversos tipos de relacionamentos estáticos que existem entre as classes.

Um diagrama de classe é responsável por apresentar o conjunto de classes de um sistema, assim como os relacionamentos entre as respectivas classes e seu fluxo de execução. A Figura 28 ilustra o diagrama de classe do *software* desenvolvido.

Figura 28 - Diagrama de classes



Fonte: Autoria própria.

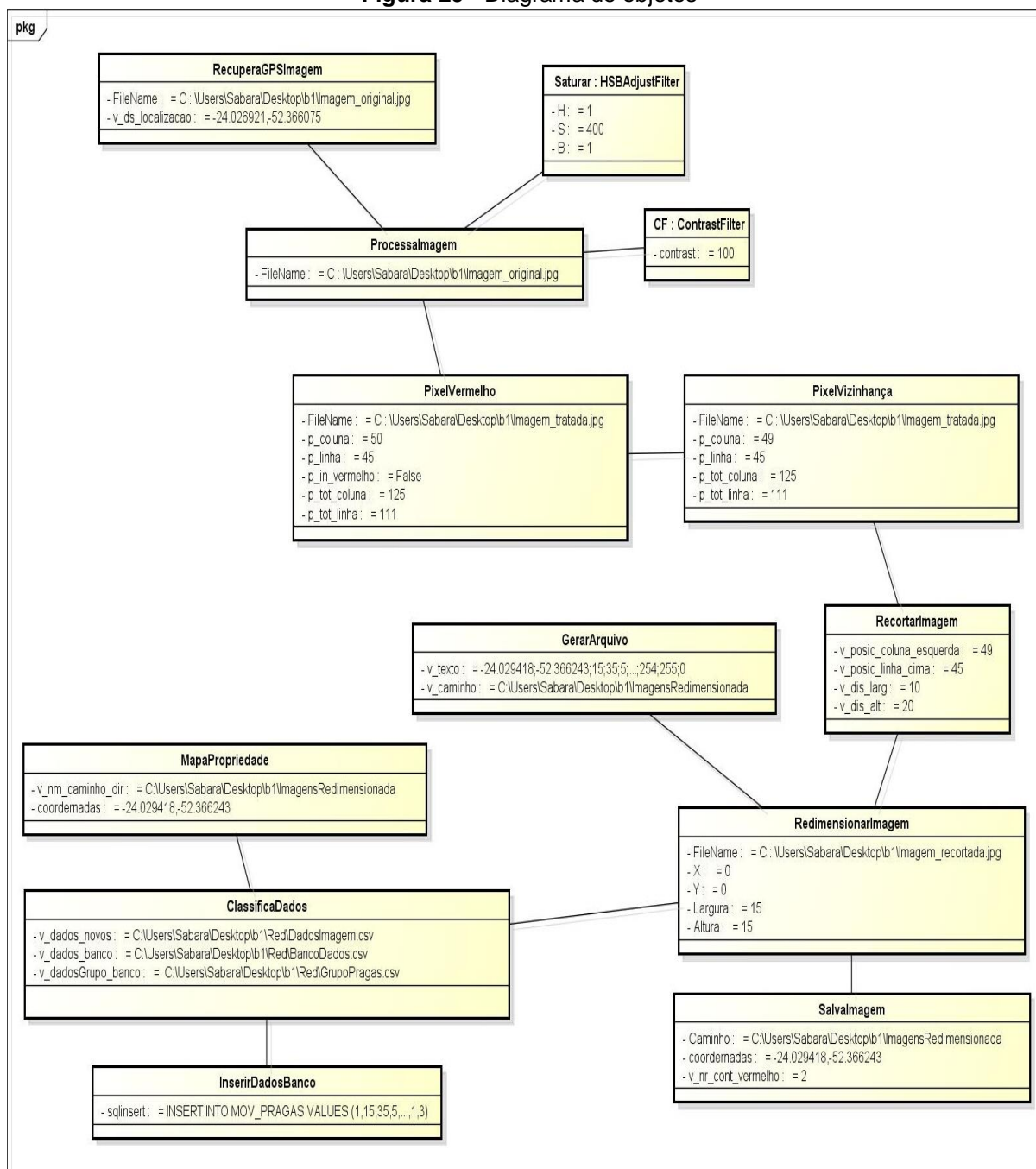
4.1.3 Diagrama de objetos

Segundo GUEDES (2018), o diagrama de objeto é o complemento do diagrama de classes, fornecendo uma visão dos valores contidos pelos objetos de um diagrama de classe em um determinado momento de execução.

De acordo com BEZERRA (2017), o diagrama de objetos apresenta uma imagem do sistema em um exato momento, mostrando como é realizada a interação entre os objetos, de acordo com os valores de seus atributos.

O diagrama de objetos apresenta como os objetos são instanciados no sistema, assim como uma visão do sistema em um determinado momento da execução, apresentando os valores de cada objeto. A Figura 29 apresenta o diagrama de objetos do *software*.

Figura 29 - Diagrama de objetos



Fonte: Autoria própria.

4.1.4 Diagrama de sequência

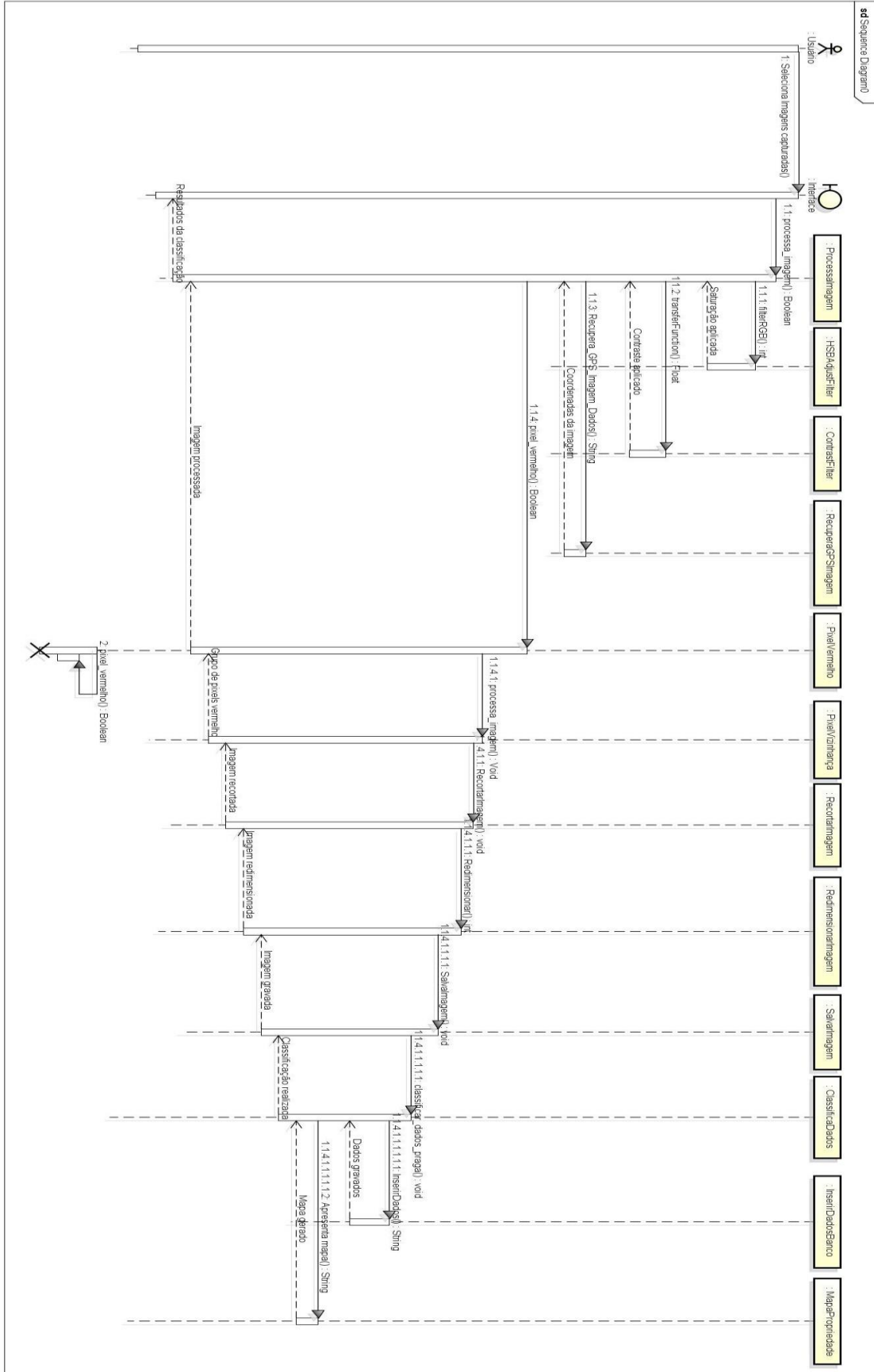
O diagrama de sequência apresenta os objetos do sistema em uma ordem de execução, assim como a troca de mensagens entre as classes relacionadas.

De acordo com GUEDES (2014), através do diagrama de sequência pode ser determinada a sequência de eventos de um processo, identificando quais os métodos que devem ser executados entre atores e objetos.

Os diagramas de sequência são responsáveis por registrar o comportamento do sistema, exibindo como os objetos e mensagens se interagem e realizam a troca de informações (FOWLER ,2014).

A Figura 30 apresenta o diagrama de sequência do *software*.

Figura 30 - Diagrama de sequência



Fonte: Autoria própria.

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento desta pesquisa possibilitou uma análise dos benefícios do uso de tecnologia no controle de pragas na agricultura, em particular o percevejo marrom, que causa diversos problemas ao produtor, podendo atacar a planta durante o período de desenvolvimento.

O *software* desenvolvido permite ao produtor realizar análises de sua propriedade, onde atualmente é feita de forma manual, havendo a necessidade de percorrer a lavoura em busca de amostras da plantação, tomando tempo e não oferecendo resultados satisfatórios.

Dentre as tecnologias usadas na agricultura de precisão, destaque para o VANT, que com uma câmera digital acoplada, realiza a captura de imagens de toda a propriedade, para análise de parâmetros de interesse.

Nesta pesquisa foi possível estabelecer uma metodologia de captura das imagens de uma propriedade agrícola, estabelecendo uma altura de captura de 3 metros da copa da planta, permitindo ao produtor ter acesso às informações de toda sua propriedade, trazendo maiores resultados e precisão na busca do percevejo marrom.

O desenvolvimento desta pesquisa disponibilizou um produto de mapeamento de pragas, para auxiliar o agricultor na localização do percevejo marrom da lavoura de soja, permitindo assim, que o uso de defensivos agrícolas sejam minimizados, aplicando apenas na área infectadas e no momento certo da infestação.

O banco de dados para validação da metodologia contou, inicialmente, com 600 registros, número esse que em classificações futuras será incrementado, pois sempre que identificar um percevejo em determinado ponto de uma propriedade agrícola, a imagem será armazenada no banco de dados.

As imagens capturadas passaram por um processo de tratamento e descarte, para posterior classificação, a mesma foi realizada por dois algoritmos diferentes, a análise discriminante linear (ADL) e a regressão logística (RL), sendo adotado o que apresentou maior assertividade na classificação da praga.

Para validação dos resultados foram realizadas a classificação com os dados originais e, posteriormente, com os dados resultantes da análise fatorial (AF).

A análise fatorial é responsável por realizar uma redução nos dados sem causar perda na apuração dos resultados, agrupando assim as variáveis com maior correlação.

A classificação dos dados originais apresentou uma assertividade de 58,89% com a análise discriminante linear e de 93,33% com a regressão logística. Após a classificação dos dados originais, esses foram submetidos a análise fatorial e de posse dos escores fatoriais, foi realizada, novamente, o processo de classificação dos dados.

A classificação dos novos dados atingiu 95,00% de acerto com a análise discriminante linear e de 97,22% com a regressão logística. Em ambas classificações, o uso da análise fatorial apresentou melhores resultados, tanto em desempenho sendo aproximadamente 4 minutos mais rápido, quanto na classificação, comprovando assim sua eficácia na utilização para reconhecimento de padrões.

Portanto, adotando como classificação padrão do *software* desenvolvido o uso da análise fatorial, com o método de classificação de regressão logística, visando uma classificação mais eficiente.

Comparando a metodologia estabelecida nesta pesquisa com a forma de amostragem tradicional, o pano-de-batida é feito a partir da coleta de amostras em diversos pontos da propriedade e a aplicação de inseticidas é realizada de forma homogênea em toda a extensão agrícola. Ou seja, a decisão é tomada com base nas amostras, aplicando assim muitas vezes inseticidas em lugares que não há necessidade.

Com a metodologia desenvolvida, foi possível identificar apenas os lugares com foco de infestação, permitindo uma aplicação localizada, visando assim, o uso minimizado de inseticidas.

Como discorrido, o uso de tecnologia no campo vem se tornando cada vez mais essencial, visto as dificuldades encontradas para um controle eficaz, especialmente para o controle de pragas, permitindo assim que a metodologia proposta agregue valores a essa evolução tecnológica nas lavouras.

O uso do *software* permite que os produtores realizem o trabalho de identificação do percevejo marrom, de uma forma mais rápida e eficaz, surgindo

assim como um método que pode auxiliar ou até substituir a contagem de pano de batida.

Através do novo método, o produtor enquanto piloto do VANT, pode escolher uma base fixa para realizar a captura das imagens, fazendo com que o VANT percorra a lavoura, dispensando o auxílio de um profissional para percorrer a lavoura atrás do percevejo. Além disso, visa uma economia no uso de defensivos agrícolas, diminuindo assim os custos com produção agrícola.

O impacto ambiental com o uso da metodologia de mapeamento de pragas, desenvolvida nesta pesquisa, também pode ser explorado, visto que uma quantidade significativa de defensivos agrícolas deixará de ser aplicada no cultivo da soja. Fatores como (1) contaminação da planta, (2) contaminação do solo, (3) contaminação de nascentes, rios e lagos, podem ser minimizados com a aplicação de técnicas como a desenvolvida nesta pesquisa, resultando em uma maior preservação do meio ambiente.

5.1 Trabalhos futuros

Em trabalhos futuros, sugere-se aperfeiçoar o algoritmo de reconhecimento de padrões, realizando uma parametrização para o uso na identificação de outras pragas existentes e também para outros tipos de cultura, permitindo ao usuário escolher a cultura e o tipo de praga a ser identificada.

Outro trabalho futuro decorrente é o desenvolvimento de um sistema embarcado para o reconhecimento de padrões, utilizando plataformas como RaspberryPi, BeagleBoard, ESP32, dentre outras, que irá acoplado ao VANT, realizando a captura da imagem na lavoura e identificando em tempo real a existência da praga e sua localização.

Estudos na área ambiental também podem ser realizados para mensurar os impactos ambientais causados com a redução significativa de defensivos agrícolas nos mais diversos tipos de lavoura.

REFERÊNCIAS

- AITA, Valmir. **Manejo de lagartas e percevejos da soja com controle localizado**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3605/AITA%2c%20VALMIR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 15 jan. 2018.
- ALONÇO, Altair dos Santos; MEDEIROS, Fabrício Ardais; BALESTRA, Mônica Regina Gonzatti; DIAS, Vilnei de Oliveira; LANDERHAL JÚNIOR, Mário Luiz. Utilização de um veículo aéreo não-tripulado em atividades de imageamento georeferenciado. **Revista de Ciência Rural**, v.38, n.8, p.2375-2378. Santa Maria, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v38n8/a46v38n8.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2018.
- ALVARENGA, Brummer. Seda; ARCO, Enzo; MOREIRA, Mauricio Alves; RUDORFF, Bernardo Friedrich. Avaliação de técnicas de processamento digital de imagens para a estimativa de áreas de arroz irrigado: um estudo de caso no município de Santa Vitória do Palmar- RS. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, p.3.961-3.966. Goiania, 2005.
- AMO, Sandra. Técnicas de mineração de dados. Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Computação. Disponível em: <<http://www.deamo.prof.ufu.br/>, 2003.>. Acesso em: 08 jan. 2018.
- BERRY, Michael J. A. e Linoff, G. **Data Mining techniques: For Marketing, Sales, and Customer Support**. Wiley Computer Publishing. New York, NY, USA. 1997.
- BERTRAND, J., LAURENT, C.; LECLERCQ, V. **O mundo da soja**. São Paulo: Hucitec, 1987.
- BEZERRA, Eduardo. **Princípios de Análise e Projeto de Sistema com UML**. 3 ed. Editora Campos. Elsevier, 2017.
- BOOCH, Grady; JACOBSON, Ivar; RUMBAUGH, James. **UML - Guia do Usuário**. 2 ed. Tradução Fábio Freitas da Silva e Cristina de Amorim Machado. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- BORTH, M. R.; IACIA, J. C.; PISTORI, H.; RUVIARO, C. F. **A Visão Computacional no Agronegócio: Aplicações e Direcionamentos**. 2º Seminário Internacional de Integração e Desenvolvimento Regional, Ponta Pora, v. 2, p.1-12, 07 out. 2014. Disponível em: <http://www.gpec.ucdb.br/pistori/publicacoes/borth_ecaeco2014.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2018.
- CAMILO, Cassio; SILVA, João. **Mineração de dados: conceitos, tarefas, métodos e ferramentas**. Goiânia, 2009. Disponível em <http://www.portal.inf.ufg.br/sites/default/files/uploads/relatorios-tecnicos/RT-INF_001-09.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2018.

CARVALHO, Francisco Ricardo Duarte. **Análise fatorial**. Dissertação em Matemática, Área de Especialização em Estatística, Otimização e Matemática Financeira. São Paulo-SP, 2013.

CASMÚZ, A.; SOCÍAS, M.G.; CAZADO, L.; GASTAMINZA, G.; PRADO, C.; ESCOBAR, E.; ROVATI, A.; WILLINK, E.; DEVANI, M.; AVILA, R. **Alerta picudo negro em soja**. Tucumán: Estación Experimental Agroindustrial OBISPO Colombres, 2010.

CASTRO JORGE, Lúcio André; INAMASU, Ricardo Y. **Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em Agricultura de Precisão**. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114264/1/CAP-8.pdf>>. Acesso em: 10 mar 2018.

CHAMAYOU, G. **Teoria do drone**. COSAC NAIFY. Fnac Brasil, 2015.

CHUNG, G.; SINGH, R.J. **Broadening the genetic base of soybean: a multidisciplinary approach**. Critical Reviews in Plant Sciences, 27:295-341, 2008.

CORRÊA-FERREIRA, B. S. Amostragem de pragas da soja. In: Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. **EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica**, ISBN 978-85-7035-139-5. Londrina, 2012.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; PANIZZI, A. R. Percevejos da soja e seu manejo. **EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica**, ISSN: 0100-6703. Londrina, 1999.

CORREIA, Paulo Roberto; FERREIRA, Márcia. Reconhecimento de padrões por métodos não supervisionados: explorando procedimentos quimiométricos para tratamento de dados analíticos. **Revista Química Nova**, v 30, No. 2, 481-487. São Paulo, 2007.

COSTA, Fausto Guzzo. **Integração entre veículos aéreos não tripulados e redes de sensores sem fio para aplicações agrícolas**. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Ciências de Computação e Matemática Computacional. Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, 2013.

COSTA, Ernane José Xavier. Inteligência artificial aplicada à Zootecnia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.spe, p.390-396. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v38nspe/v38nspea38.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2018.

COSTA, Giovani Glaucio de Oliveira. **Um procedimento inferencial para análise fatorial utilizando as técnicas Bootstrap e Jackknife**: construção de intervalos de confiança e testes de hipóteses. Tese (Doutorado) Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica. Rio de Janeiro-RJ. 2006.

DALL'AGNOL, Amélio. **A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil**: histórico e contribuições. Brasília, DF : Embrapa, 2016. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1043614/1/LivroEmbrapaSojadesenvolvimentoBROL.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

DAMASCENO, Deangelis; TOLEDO, Thiago; GODINHO, Mariana; SILVA, Cassiano; OLIVEIRA, Sergio; OLIVEIRA, Ancelmo. Análise multivariada de imagens na química: um experimento para determinação do pH de águas potáveis. **Revista Química Nova**, v. 38, n. 6, p. 836-841. Goiania (GO) 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v38n6/0100-4042-qn-38-06-0836.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

DANTAS, Eric; ALMEIDA, José Carlos; LIMA, Daniel; AZEVEDO, Ryan. **O Uso da Descoberta de Conhecimento em Base de Dados para Apoiar a Tomada de Decisões**. João Pessoa, 2008. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos08/331_331_Artigo_SEGET_EJDR_Versao_Final_010808.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2018.

DEERE, J. **The precision-farming guide for agriculturists**. 2 nd. John Deere Publishing, 1999.

EMBRAPA SOJA. Soja em números (safra 2017/2018). **Dados econômicos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 1 mar. 2018

EMBRAPA SOJA História da soja. **História**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/historia>>. Acesso em: 01.mar.2018

FIGUEIREDO FILHO, Dalson Brito; SILVA JUNIOR, José Alexandre. **Visão além do alcance**: uma introdução à análise fatorial. (Doutorado em Ciência Política) Universidade Federal de Pernambuco. OPINIÃO PÚBLICA, Campinas, vol. 16, nº 1, Junho, 2010, p. 160-185. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/op/v16n1/a07v16n1.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

FONTES, Juliana Carvalho. POZZETTI, Valmir César. O uso dos veículos não tripulados no monitoramento ambiental na Amazônia. **Revista de Direito e Sustentabilidade**. Florianópolis (SC), v. 2. n.2. 2016. Disponível em: <<http://indexlaw.org/index.php/revistards/article/view/1257>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

FOWLER, Martin. **UML Essencial**: um breve guia para linguagem padrão de modelagem de objetos. 3 ed. Editora Bookman, 2004.

GALLO, Domingos; NAKANO, Octavio; SILVEIRA NETO, Sinval; CARVALHO, Ricardo Pereira Lima; BAPTISTA, Gilberto; BERTI FILHO, Evoneo; PARRA, José Roberto; ZUCCHI, Roberto Antonio; ALVES, Sergio Batista; VENDRAMIM, José Djair; MARCHINI, Luis Carlos; LOPES, José Roberto ; OMOTO, Celso. **Manual de Entomologia Agrícola**. V. 13. Piracicaba: Fealq, 2002.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. Editora atlas. São Paulo, 2008.

GOUVÊA, Maria Aparecida; GONÇALVES, Eric Bacconi; MANTOVANI, Daielly Melina Nassif. Aplicação de regressão logística e algoritmos genéticos na análise de

risco de crédito. **Revista Universo Contábil**, Blumenau (SC), v. 2, n. 8, p.84-102, abr./jun., 2012. Disponível em: < <http://www.redalyc.org/html/1170/117023653005/>>. Acesso em: 07 jan. 2018.

GUEDES, Gilleanes TA. **UML 2–Guia Prático**. 2 ed. Novatec Editora. São Paulo, 2014.

GUEDES, Gilleanes TA. **UML 2-Uma abordagem prática**. 3 ed. Novatec Editora. São Paulo, 2018.

GUIMARÃES, Inácio Andruski; CHAVES NETO, Anselmo. Reconhecimento de padrões: metodologias estatísticas em crédito ao consumidor. **RAE-eletrônica**, Volume 1, Número 2, jul-dez/2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/raeel/v1n2/v1n2a06>>. Acesso em: 12 abril. 2018.

HAIR JR, Joseph; ROLPH, Anderson; TATHAM, Ronald; BLACK, William. **Análise multivariada de dados**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HOFFMANN-CAMPO, Clara Beatriz; MOSCARDI, Flavio; CORRÊA-FERREIRA, Beatriz; OLIVEIRA, Lenita Jacob; SOSA-GÓMEZ, Daniel Ricardo; PANIZZI, Antonio Ricardo; CORSO, Ivan Carlos; GAZZONI, Decio Luiz; OLIVEIRA, Edilson Bassoli. Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado. **Embrapa Soja**. Circular Técnica. ISSN 1516-7860. Londrina. 2000. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/circtec30_000g46xpyyv02wx5ok0iuqaqkbbpq943.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2018.

HONGYU, Hongyu,; SANDANIELO, Vera L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, Gilmar J. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **Engineering and Science**. 2015, 5:1. Disponível em: <<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/3398/2744>>. Acesso em: 11 abril 2018.

JESUS, Luiz Filipe de; SILVA, Vinicius Barbosa da; ROCHA, Fabiano da. Uso de software para detecção de doenças na cultura da soja com o auxílio de um drone autônomo. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Cáceres- MT. **Computer on the Beach 2015** - 3o. Concurso de Trabalhos Técnicos. 2015. Disponível em <<https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/acotb/article/view/7127/4046>>. Acesso em: 02 maio 2018.

MAROCO, João. **Análise estatística**: com a utilização do SPSS. 2 ed. Lisboa: Silabo, 2003.

MARÔCO, João. **Análise Estatística com o SPSS statistics**. 5 ed. Pero: Pinheiro. 2011.

MARQUES, Jair Mendes. LIMA, José Donizetti de. A Estatística Multivariada na Análise Econômica-Financeira de Empresas. **Revista da FAE**, v. 5, n. 3, 51-59, Setembro 2002. Disponível em: < <https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/view/479>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

MARQUES FILHO, Ogê.; VIEIRA NETO, Hugo. **Processamento digital de imagens**. Brasport Livros e Multimídia. Rio de Janeiro: 1999.

MOLIN, José Paulo.; AMARAL, Lucas Rios do.; COLAÇO, André Freitas. **Agricultura de Precisão**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Texas, 2015.

MOLIN, José Paulo. **Geração e interpretação de mapas de produtividade para a agricultura de precisão**. Pesquisa na USP. Disponível em: <<http://www.ler.esalq.usp.br/download/CLP%202000.01.PDF>> Acesso em: 04 fev. 2018.

MONARD C.; BARANAUSKAS, J. A. Conceitos de aprendizado de máquina. In S. O. Rezende, editor, **Sistemas Inteligentes - Fundamentos e Aplicações**, cap. 4, pag. 89 – 114. Editora Manole, 2003.

MORAIS, Alana M. de.; SOUZA, Aluiza da S.; MACHADO, Linae dos S.; MORAES, Ronei M. **Tomada de Decisão aplicada à Inteligência Artificial em Serious Games voltados para Saúde**. Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística. LabTEVE, UFPB. p. 1-11, 2010. Disponível em: <http://de.ufpb.br/~mds/Artigos_Web/ERMAC095.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2018.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologia de aplicação**. 2.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 307p.

MÜLLER, Sonia Isoldi Marty.; SIQUEIRA, Paulo Henrique. **Procedimento de retenção de lachenbruch para avaliar o melhor método de classificação de fornecedores de produtos**. XLI SBPO 2009 .Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento. Pág. 919. 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228435520_PROCEDIMENTO_DE_RETE_NCAO_DE_LACHENBRUCH_PARA_AVALIAR_O_MELHOR_METODO_DE_CLAS_SIFICACAO_DE_FORNECEDORES_DE_PRODUTOS>. Acesso em: 22 maio 2018

NUNES, Cleverson Dias; SOUZA, Rodrigo Clemente Thom. **Metodologia para identificação do percevejo marrom na lavoura de soja com base em visão computacional e aprendizagem de máquina**. 2016. Dissertação (Mestrado) – Programa de mestrado profissional em desenvolvimento de tecnologia. Curitiba, 2016.

OLIVEIRA, Maria Marly. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis, Vozes, 2007.

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira de. **Metodologia científica: um manual para a realização de pesquisas em Administração**. Catalão: UFG, 72 p. il. Goias. 2011.

PACHECO, Edson Pato; BARROS, Inacio de. O Uso de imagens aéreas para avaliação da cobertura do solo em sistemas de Produção de grãos no estado de Sergipe. **SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA**. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117425/1/siagros-patto-inacio.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2014.

PANIZZI, A. R. Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae). In: CAPINERA, J. L. (Ed.). **Encyclopedia of Entomology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004.

PEREIRA NETO, Osvaldo C. **Mapeamento de feições agrícolas através de redes neurais com fotos obtidas por veículo aéreo não-tripulado (vant)**. 2012. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Londrina, 2007.

POLONI, Katia M. **Identificação de direção de imageamento em vídeos aéreos**. Trabalho de Conclusão de Curso Uel. Londrina-PR. 2016. Disponível em <<http://www.uel.br/cce/dc/wp-content/uploads/VersaoPreliminarTCC-KatiaPoloni.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2018.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REIS, Elisabeth. **Estatística Multivariada Aplicada**. Lisboa: Edições Silabo, 1997.

RESENDE, Álvaro; SHIRATSUCHI, Luciano S.; COELHO, Antonio M.; CORAZZA, Edemar J; VILELA, Marina F.; INAMASU, Ricardo Y.; BERNARDI, Alberto C. C.; BASSOI, Luis H.; NAIME, João M.. **Agricultura de Precisão no Brasil: Avanços, Dificuldades e Impactos no Manejo e Conservação do Solo, Segurança Alimentar e Sustentabilidade**. 2005. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/870646/1/Agriculturaprecisa.o.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2018.

REZENDE, Solange Oliveira. **Sistemas Inteligentes: Fundamentos e Aplicações**. 1. ed. Editora Manole. São Paulo: Barueri, 2003.

SARTORIO, Simone D. **Aplicações de Técnicas de Análise Multivariada em Experimentos Agropecuários usando o Software**. 2008. 131 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.

SHIRATSUCHI, Luciano S. **Mapeamento da variabilidade espacial das plantas daninhas com a utilização de ferramentas da agricultura de precisão**. 2001. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - ESALQ-USP, Piracicaba, 2001.

SILVA, Diogo S. **Atributos de ponto de interesse e casamento de modelos para contagem de insetos-praga em cultura de soja**. 2016. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul, 2016. Disponível em: < <https://posgraduacao.ufms.br/portal/trabalho-arquivos/download/2540>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

SOUZA, Édila C. **Análise de influência local no modelo de regressão logística**. 2006. 101 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz Piracicaba. Piracicaba, 2006.

SOUZA, Wyrllen E. **Sistemas multiagentes inteligentes para reconhecimento e classificação de padrões aplicados em problemas de sistemas elétricos de potência**. 2012. 152 f. (Tese apresentada ao curso de pós-graduação em métodos numéricos em engenharia, área de concentração em programação matemática) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012. Disponível em: <
<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/33906/R%20-%20T%20-%20WYRLLEN%20EVERSON%20DE%20SOUZA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.
Acesso em: 20 jun. 2018.

STÜRMER, G.R. **Capacidade de coleta de três métodos de amostragem e tamanho de amostra para lagartas e percevejos em soja**. 2012. 120 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012. Disponível em: <
<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5056/STURMER%2c%20GLAUBER%20RENATO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 jan. 2018.