

# PLANO DE TRABALHO

**Título do Projeto:** Drones Application and Computer Vision for diagnosis of diseases caused by fungi and identification of pests in soybean

**Título do Plano de trabalho:** Aplicação de Drones e Visão Computacional para diagnóstico de doenças causadas por fungos e identificação de pragas na cultura de soja

**Orientador:** Hemerson Pistori ([pistori@ucdb.br](mailto:pistori@ucdb.br))

**Orientando:** Everton Castelão Tetila. **RA:** 835565

**Curso:** Doutorado em Desenvolvimento Local **Semestre:** 1º Semestre

## **Resumo**

*Atualmente, a soja é a principal commodity agrícola do estado de Mato Grosso do Sul e possui importante participação econômica na balança comercial brasileira. Os principais fatores que prejudicam o alto rendimento da produção de soja são as doenças causadas por fungos e as pragas. Este trabalho propõe criar um aplicativo móvel (app) de visão computacional para realizar a análise de doenças e pragas presentes na lavoura de soja. A partir das imagens capturadas pelas câmeras dos drones, ou através dos próprios dispositivos móveis, uma solução de visão computacional será desenvolvida para classificar doenças e pragas presentes na lavoura de soja; e informar as medidas de controle para a redução de perdas de investimentos na produção.*

## **1. Antecedentes e Justificativa**

O estado de Mato Grosso do Sul está localizado na região Centro Oeste do país, sendo considerado um importante estado produtor de soja, celulose, milho, carne e açúcar. Atualmente, essa região caracteriza-se principalmente pelos elevados índices de produção agropecuária direcionada à exportação, decorrente de seus solos férteis e do clima propício, aliados a vultosos investimentos na moderna tecnologia agropecuária.

Devido à importância do agronegócio sul-mato-grossense no cenário internacional e a necessidade de melhorias nos seus processos, diversos profissionais da área de Computação estão pesquisando e desenvolvendo novas soluções tecnológicas para o agronegócio, voltadas para o desenvolvimento de automação e instrumentação, geotecnologia, modelagem

e simulação, redes de sensores, redes sociais no agronegócio, sistemas de informação e banco de dados, sistemas inteligentes – visão computacional, mineração de dados, redes neurais, sistemas de suporte à decisão, tecnologias web no agronegócio, entre outras aplicações voltadas para essa linha.

Atualmente, a soja é a principal *commoditie* agrícola do estado de Mato Grosso do Sul, possuindo importante participação econômica na balança comercial brasileira. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, atrás apenas dos EUA. Segundo o Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (Mdic), no acumulado de janeiro a março de 2016, a soja acabou superando a celulose, tornando-se o principal produto de exportação do estado em receita. O volume embarcado da oleaginosa nestes três meses de 2016 atingiu 1,062 milhão de toneladas, 120% a mais que as 482,734 mil toneladas do mesmo período do ano passado. Como resultado desse incremento expressivo nos embarques da soja, o faturamento com as exportações do produto teve um crescimento significativo nos três primeiros meses deste ano ante o mesmo intervalo de tempo do ano passado, 95,86%, saltando de US\$ 188,692 milhões para US\$ 369,577 milhões (VIEGAS, 2016).

Ainda segundo os dados do Mdic, a celulose passou a ocupar a segunda posição no ranking de exportações do estado. Entre janeiro e março, o estado vendeu para o mercado internacional 662,512 mil toneladas do produto, com faturamento de US\$ 297,567 milhões. Em terceiro aparece o milho em grãos, com a comercialização de 1,162 milhão de toneladas e receita de US\$ 191,792 milhões; em quarto vem a carne desossada e congelada de bovinos, com 21,053 mil toneladas e resultado financeiro de US\$ 76,958 milhões; e em quinto o açúcar, com 190,863 mil toneladas, e faturamento de US\$ 54,039 milhões (VIEGAS, 2016).

Apesar dos resultados satisfatórios, algumas doenças provocadas por fungos têm prejudicado consideravelmente a produção de soja no estado. “O número de casos de ferrugem asiática da soja na safra 2015/2016 cresceu 268% em Mato Grosso do Sul em comparação com o ciclo anterior 2014/2015, passando de 19 para 70 registros, segundo dados do Consórcio Antiferrugem” (G1 MS, 2016). Essa e outras doenças, como antracnose, mancha alva e oídio

causam grandes perdas na cultura da soja e enfraquecem a produção, elevando custos e gerando maior impacto ambiental.

Outro fator que impacta diretamente no alto rendimento da cultura da soja são as pragas. Diversas espécies de lagartas e percevejos são encontradas com frequência nas lavouras de soja, ocasionando grande prejuízo econômico. A lagarta da soja ataca principalmente as estruturas reprodutivas das plantas, como as plântulas e os cartuchos, sendo considerada uma praga extremamente agressiva e de rápida multiplicação. Já o percevejo injeta toxinas nos grãos durante o ato da alimentação e, nos orifícios deixados pelo seu aparelho bucal, penetram microorganismos que determinam o chochamento dos grãos, causando depreciação do produto no ato da comercialização. As toxinas também atingem as plantas determinando uma retenção<sup>1</sup> foliar, o que reduz a sua produtividade.

Antes da adoção de qualquer medida de controle contra as lagartas e os percevejos, há necessidade de sua correta identificação. Espécies semelhantes podem apresentar suscetibilidades diferentes a um mesmo inseticida, assim como comportamentos distintos. Portanto, o reconhecimento da espécie é de fundamental importância para o manejo adequado de suas populações (EMBRAPA, 2014b). Além disso, o controle químico só deve ser aplicado após a detecção da praga em determinada população, pois quando se utiliza um produto sem que a praga esteja em nível de dano econômico, aumenta-se a pressão por seleção, ou seja, agrava-se o problema em médio prazo (EMBRAPA, s/d).

Para a correta identificação das pragas, o método mais empregado no monitoramento dos níveis de infestação é o pano-de-batida. Trata-se de um método inventado por Motsinger<sup>2</sup> que utiliza um pano ou plástico branco de 1 m de comprimento por 1 m de largura, tendo nas laterais uma bainha onde são inseridos dois cabos de madeira. Este pano é devidamente enrolado e colocado entre duas fileiras de soja, ficando estendido sobre o solo. Logo após,

---

<sup>1</sup> A retenção foliar e/ou haste verde da soja é, quase sempre, consequência de distúrbios fisiológicos que interferem na formação ou no enchimento dos grãos (EMBRAPA, 2009).

<sup>2</sup> Motsinger et al (1967) foi quem introduziu este método na amostragem para a determinação dos níveis de infestação dos insetos em soja, tornando-se o método mais eficiente em programas de manejo integrado de pragas da soja.

as plantas das duas fileiras são inclinadas sobre o pano e sacudidas rapidamente para derrubar os insetos sobre ele (Figura 1). Na sequência, as plantas voltam à posição inicial, e os insetos sobre o pano são contados e registrados em fichas de monitoramento (KOGAN e PITRE, 1980). Esse procedimento deve ser repetido em vários pontos da lavoura, considerando, como resultado, a média de todos os pontos amostrados (EMBRAPA, 2004).

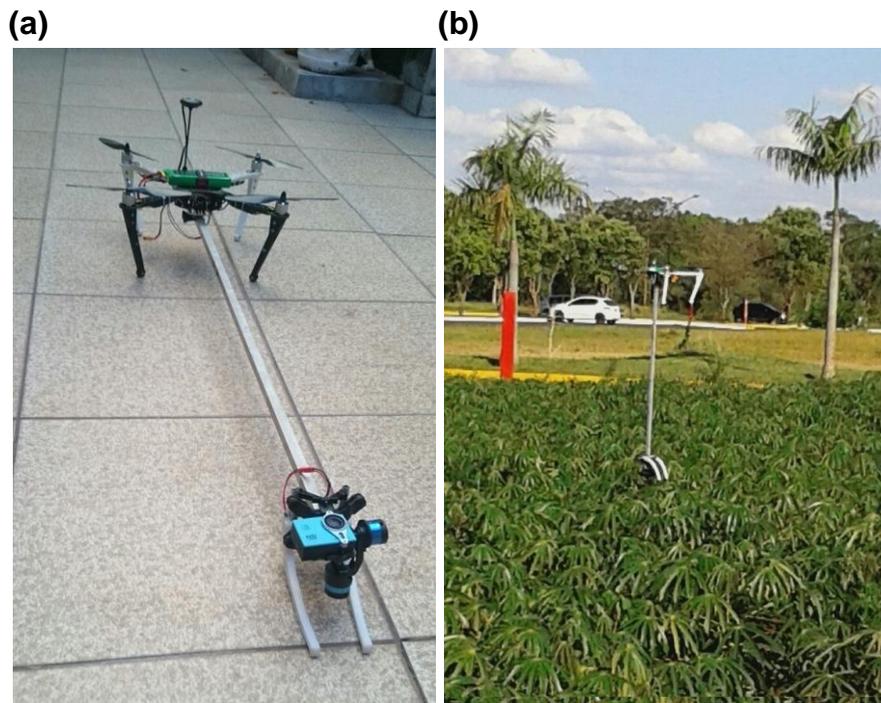


Arquivo Embrapa Soja

**Figura 1. Pano-de-batida amostrando duas fileiras de plantas de soja**  
**Fonte Embrapa (2012)**

Como alternativa a este método manual, o Grupo de Pesquisa em Visão Computacional – INOVISAO, da Universidade Católica Dom Bosco (UCDB), está desenvolvendo o projeto de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) especialmente para capturar imagens de insetos-pragas presentes na lavoura de soja. Há um problema inerente para capturar imagens de insetos na lavoura de soja utilizando drones. Na maioria das vezes, os insetos são difíceis de serem fotografados porque não costumam estar localizados na superfície das plantas, ao contrário, são comumente encontrados no interior da lavoura devido à forma como reagem às determinadas condições climáticas, como temperatura, umidade e luminosidade. Com isso, o grupo de pesquisa INOVISAO está desenvolvendo um drone que possui um cabo estendido a uma câmera para capturar imagens do interior da lavoura, com o intuito de registrar imagens de insetos-pragas a cada nova amostragem, como mostra a Figura

2(a). Uma amostragem aqui corresponde o momento em que o drone interrompe o sobrevoo da lavoura para introduzir a câmera dentro da plantação, como mostra a Figura 2(b).



**Figura 2. Projeto Drone do Grupo de Pesquisa em Visão Computacional – INOVISAO**

Diante do contexto exposto e da lacuna de pesquisa observada, este trabalho propõe criar um aplicativo móvel (app) de visão computacional para apoiar o trabalho diário dos agricultores, estudantes ou profissionais da área agrônômica. Através das imagens que poderão ser capturadas pelos drones, ou pelos próprios dispositivos móveis, uma solução de visão computacional será criada para identificar e calcular quais espécies de insetos-pragas foram capturadas na imagem e apresentar os níveis de infestação atuais da lavoura, recomendando as medidas de controle com base no nível de ataque, no número e tamanho dos insetos-pragas e no estágio de desenvolvimento da soja. Adicionalmente, o sistema deverá classificar a doença presente na folha de soja, o seu estágio e as medidas de controle para a redução de perdas de investimentos na produção.

Deste modo, a região será beneficiada com o desenvolvimento de uma importante aplicação computacional que poderá impulsionar o seu principal setor econômico.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Geral**

Criar um aplicativo móvel (app) de visão computacional para identificar as principais doenças e pragas presentes na lavoura de soja. Por meio de técnicas de processamento digital de imagens e algoritmos de segmentação, extração de atributos, reconhecimento e detecção será desenvolvida uma solução de software que seja capaz de classificar as principais doenças da cultura da soja, descrevendo os sintomas, as condições propícias de desenvolvimento e as medidas de controle para cada uma. Assim como identificar as espécies de insetos-pragas mais importantes e o manejo adequado de suas populações.

### **2.2 Específicos**

Para atingir o objetivo geral, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Construção de um banco de imagens das principais doenças da cultura da soja;
- ✓ Construção de um banco de imagens dos principais insetos-pragas da cultura da soja;
- ✓ Desenvolvimento e implementação do módulo classificador das doenças causadas por fungos;
- ✓ Desenvolvimento e implementação do módulo classificador/contador dos principais insetos-pragas;
- ✓ Validação do módulo classificador das principais doenças da cultura da soja;
- ✓ Validação do módulo classificador/contador dos principais insetos-pragas da cultura da soja;
- ✓ Migração da aplicação de software para a plataforma Android.

### **3. Revisão de literatura.**

A Seção 3.1 apresenta as principais aplicações de drones e visão computacional na agricultura; a Seção 3.2 descreve a área de aplicação destas técnicas; e a Seção 3.3 discute as técnicas que serão implementadas e experimentadas durante o trabalho.

#### **3.1 Aplicações de Drones e Visão Computacional na Agricultura**

Para Alessandro Koerich (2010) “a visão computacional pode ser vista como uma substituta do sentido da visão dos seres humanos e da capacidade de julgamento com uma câmera de vídeo e um computador para realizar uma tarefa”. Essa área lida com a criação de programas de computador capazes de extrair de forma automática ou semi-automática informações relevantes contidas em imagens digitais para resolver ou auxiliar na solução de problemas que dependem diretamente ou indiretamente dessas imagens, por exemplo, medições de áreas, descrições textuais, contagens de objetos, relatórios, estatísticas ou até mesmo uma tomada de decisão.

Mesmo estando longe de imitar a capacidade e flexibilidade do ser humano no uso da visão para resolver problemas, os avanços ocorridos nas últimas décadas, na área de visão computacional, já nos permitem solucionar diversos problemas relevantes, principalmente quando podemos restringir o escopo das imagens que irão alimentar o sistema computacional e existe um grande otimismo em relação aos tipos de problemas que poderão ser resolvidos nos próximos anos, a partir de novos avanços nesta área.

Sendo assim, podemos fazer o uso de dispositivos óticos para receber imagens passíveis de serem analisadas por sistemas de visão computacional, visando à automação de alguma tarefa; e a escolha do equipamento correto, quando possível, é uma tarefa bastante importante. A imagem digital pode ser obtida através de uma infinidade de sensores e equipamentos, desde as quase onipresentes câmeras digitais, filmadoras, *smartphones*, *webcams* e câmeras de segurança até microscópios, aparelhos de ultrassom e ressonância magnética, tomógrafos, telescópios, satélites e drones.

A invenção de veículos aéreos não tripulados para aplicações diversas surgiu, inicialmente, de necessidades militares, visando à execução de missões

aéreas que ofereciam risco à vida humana. Com o avanço da tecnologia computacional e a miniaturização dos componentes eletrônicos das últimas duas décadas, diversas aplicações militares e civis de drones têm sido desenvolvidas ao redor do mundo, havendo constante crescimento do número de projetos dos mais variados tipos (ARMADA, 2004, BLAND et al., 2004).

Hoje, mais de 40 países tem trabalho de desenvolvimento de drones para diferentes mercados. Os Estados Unidos aparecem como líderes em termos de tamanhos, tipos e sofisticações de sistemas, voltados principalmente para a indústria bélica. Outros países incluem o Japão, China, Coréia do Sul, Austrália, França, Inglaterra, Itália, Alemanha, além de Israel e África do Sul. No Brasil, os primeiros relatos do uso de veículos aéreos não tripulados ocorreram na década de 1980, quando o Centro Técnico Aeroespacial (CTA) iniciou o projeto Acauã, visando o desenvolvimento de drones autônomos com intuito de pesquisa militar (MEDEIROS et al, 2008).

Embora nas últimas décadas aplicações militares utilizando drones aumentaram significativamente, estas ainda podem ser considerados recentes e incipientes em outras áreas, como ciências ambientais e agricultura de precisão. Neste contexto, drones podem ser utilizados em propriedades agrícolas para melhorar o gerenciamento da produção, auxiliando o produtor rural nas operações de monitoramento e inspeção no campo. O seu potencial pode ser aproveitado ao máximo em diversas áreas deste setor, como na identificação e mapeamento de plantas invasoras, pragas e doenças, identificação de linhas e falhas de plantio, análise de qualidade de pasto, processamento de ortofotos, contagem de indivíduos, geração de curvas de nível para traçado de plantio, processamento de modelo digital de superfície e de terreno, planejamento e execução de missão e mapeamento de deficiência hídrica/nutrientes.

De maneira particular, a cultura da soja está sujeita, durante todo o seu ciclo, ao ataque de diferentes espécies de insetos-pragas. Embora esses insetos tenham suas populações reduzidas por predadores, parasitóides e doenças, em níveis dependentes das condições ambientais e do manejo de pragas que se pratica, quando atingem populações elevadas, são capazes de

causar perdas significativas no rendimento da cultura, necessitando ser controlados (EMBRAPA, 2004).

Apesar de os danos causados na cultura da soja serem, em alguns casos, alarmantes, não se indica a aplicação preventiva de produtos químicos, pois, além do grave problema de poluição ambiental, a aplicação desnecessária eleva os custos da lavoura e contribui para o desequilíbrio populacional dos insetos. O controle das principais pragas da soja deve ser feito com base nos princípios do “Manejo de Pragas”. Consistem de tomadas de decisão de controle com base no nível de ataque, no número e tamanho dos insetos-pragas e no estágio de desenvolvimento da soja, informações essas obtidas em inspeções regulares na lavoura com esse fim.

Nos casos das lagartas desfolhadoras e dos percevejos, as amostragens geralmente são realizadas com um pano-de-batida. A simples observação visual sobre as plantas não expressa a população real presente na lavoura, especialmente no caso dos percevejos. O controle deve ser realizado somente quando forem atingidos os níveis de danos mencionados na Tabela 1.

**Tabela 1. Níveis de ação de controle para as principais pragas da soja. Fonte: Embrapa (2004)**

Emergência	Período vegetativo	Floração	Formação de vagens	Enchimento de vagens	Maturação
30% de desfolha ou 40 lagartas/pano-de-batida*		15% de desfolha ou 40 lagartas/pano-de-batida*			
Lavouras para consumo			4 percevejos/pano-de-batida**		
Lavouras para semente			2 percevejos/pano-de-batida**		
Broca-das-axilas: a partir de 25% - 30% de plantas com ponteiros atacados					
Tamanhá-da-soja: até V3: 1 adulto/m linear de V4 a V6: 2 adultos/m linear					
Lagartas-das-vagens: a partir de 10% de vagens atacadas					

\*Maiores de 1,5cm.

\*\* Maiores de 0,5 cm.

Conforme a Tabela 1, as lagartas desfolhadoras devem ser controladas quando forem encontradas, em média, 40 lagartas grandes (>1,5 cm) por pano-

de-batida (duas fileiras de plantas), ou se a desfolha atingir 30%, antes da floração, e 15% tão logo apareçam as primeiras flores. Para os percevejos o controle deve ser iniciado quando forem encontrados quatro percevejos adultos ou ninfas com mais de 0,5 cm por pano-de-batida.

Como alternativa a este método manual, este trabalho propõem o uso de drones para capturar imagens de insetos-pragas presentes na lavoura de soja. Com os preços dos drones e das câmeras que podem ser integradas a esses equipamentos caindo gradativamente, existe a previsão de que no futuro próximo teremos o início da utilização em larga escala desse tipo de veículo para a agricultura de precisão. Como os drones conseguem sobrevoar uma plantação a poucos metros de distância, câmeras de alta resolução são capazes de obter imagens até de pequenos insetos presentes na plantação. Sistemas de visão computacional são essenciais, no entanto, para tornar esse tipo de aplicação viável, uma vez que a quantidade de imagens geradas é muito grande para ser analisada por seres humanos.

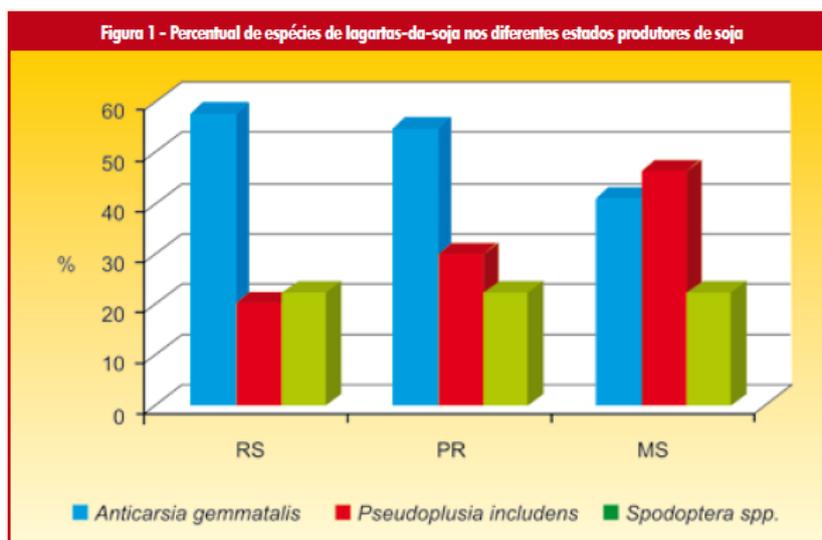
Nas Seções 3.2 e 3.3, respectivamente, são apresentadas as principais espécies de insetos-pragas e doenças encontradas na cultura da soja do estado de Mato Grosso do Sul.

### **3.2 Principais insetos-pragas encontrados na cultura da soja do estado de Mato Grosso do Sul**

Estudos recentes do Grupo de Estudos em Manejo Integrado de Pragas (Gemip) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) revelam que as espécies de lagartas mais abundantes na soja brasileira são as lagartas falsa-medideira, lagarta-da-soja e lagarta-preta. Os dados, embora restritos a uma safra e aos estados do Sul e ao Mato Grosso do Sul indicam uma alteração na composição de espécies, com aumento da população e importância das lagartas-falsa-medideira e da lagarta-preta e redução da população da lagarta-da-soja, que por décadas foi a lagarta predominante na soja brasileira (GUEDES et. al, 2011).

Com base em amostragens de lagartas da soja efetuadas no Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso do Sul, na safra 2009/10 foram constatadas estas alterações populacionais. No Rio Grande do Sul a lagarta-da-soja

representou mais de 50% da população de lagartas e as lagartas falsa-medideira (agora predomínio de *Pseudoplusia includens* sobre *Rachiplusia nu*) e lagarta-preta (*Spodoptera eridania*) representaram 20% cada espécie. Nos estados do Paraná e Mato Grosso do Sul houve menor ocorrência de lagarta-preta (entre 11% e 13%) e menor ocorrência de lagarta-da-soja. Nesses estados a lagarta falsa-medideira (*Pseudoplusia includens*) variou entre 28% e 43% da população de lagartas da soja (Figura 3).



**Figura 3. Percentual de espécies de lagartas da soja nos diferentes estados produtores de soja**

Outro grupo importante de insetos-pragas são os percevejos da soja. Segundo Weber (1999), há três espécies principais de percevejos nesta cultura: o verde (*Nezara viridula*), o pequeno (*Piezodorus guildinii*) e o marrom (*Euschistus heros*). Um quarto percevejo menos frequente, mas que nos últimos anos adquiriu importância nesta cultura é o barriga-verde (*Dichelops furcatus*).

A seguir, são apresentadas as espécies de lagartas e percevejos mais comuns encontrados na cultura da soja brasileira, extraído de (EMBRAPA, 2014b).

### 3.2.1 Lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatilis*)

**Condições de desenvolvimento:** a lagarta-da-soja, na fase larval, passa por seis ínstares. A lagarta pequena (até 10 mm) geralmente apresenta cor verde e possui quatro pares de propernas no abdômen, duas delas vestigiais. Com

isso, se locomove medindo palmos e, muitas vezes, são confundidas com lagartas pequenas das falsas-medideiras. As lagartas maiores do que 15 mm podem ser encontradas tanto nas formas verdes como escuras e apresentam três linhas longitudinais brancas no dorso e quatro pares de propernas abdominais, além de um terminal.

**Adultos:** são mariposas de cor variável, do cinza-claro ao marrom-escuro, mas tendo sempre presente uma linha diagonal de cor marrom-canela, unindo as pontas do primeiro par de asas. Na face inferior do segundo par de asas, apresenta pequenos círculos brancos, próximos da margem externa da asa. Ovipositam durante a noite, ovos individualizados e de cor verde claro, colocados principalmente na face inferior das folhas, mas também nos pecíolos e ramos da soja. As lagartas eclodem em três dias e passam a se alimentar de folhas.

**Danos:** no terceiro estágio, as lagartas já provocam perfurações nas folhas, mas deixam as nervuras centrais e laterais intactas. O consumo foliar é muito pequeno nos três primeiros estádios (lagartas até 10 mm). Do quarto ao sexto estágio, as lagartas consomem mais de 95% do total de consumo foliar, que é de 100 a 120 cm<sup>2</sup> por lagarta. Em altas populações, se não controlado, esse inseto pode provocar desfolhas elevadas (> 30%), causando perdas de produtividade da cultura.

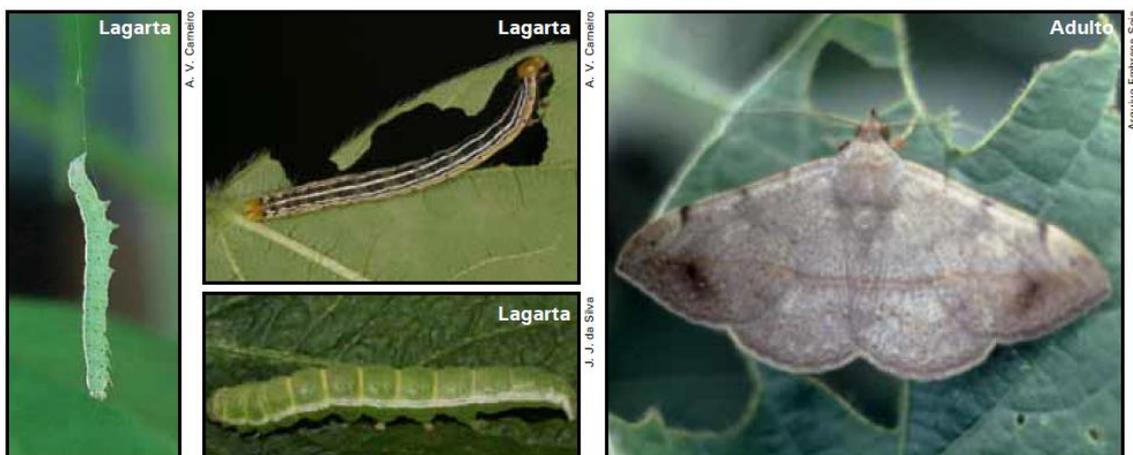


Figura 4. Fotos do problema: Lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*).  
Fonte: Embrapa (2014b)

### 3.2.2 Falsa-medideira (*Chrysodeixis includens* ou *Pseudoplusia includens*)

**Condições de desenvolvimento:** as lagartas são comumente denominadas falsas-medideiras, por se deslocarem como que medindo palmos, são de cor verde-clara com listras longitudinais brancas e pontuações pretas. A fase larval dura entre 14 a 20 dias. No seu último estágio larval, atinge 40 a 45 mm de comprimento e a transformação para a fase de pupa ocorre sob uma teia, em geral, na face ventral das folhas. Essa lagarta pode ser confundida com a *Rachiplusia nu* que é mais frequente no Sul do Brasil. Entretanto, *Chrysodeixis includens* apresenta a face interna de suas mandíbulas com dois dentes.

**Adultos:** apresentam asas dispostas em forma inclinada e, principalmente, as mariposas recém emergidas, apresentam manchas prateadas brilhantes na parte central do primeiro par de asas. Os adultos também são muito semelhantes aos de *R. nu*. As fêmeas apresentam longevidade média de 15 a 18 dias e podem colocar até 600 ovos.

**Danos:** as lagartas consomem o parênquima foliar deixando as nervuras, conferindo aos folíolos aspecto rendilhado. Esta espécie é de difícil controle, quando comparada com a lagarta-da-soja. Com manejo inadequado de suas populações, há relatos de resistência a inseticidas.

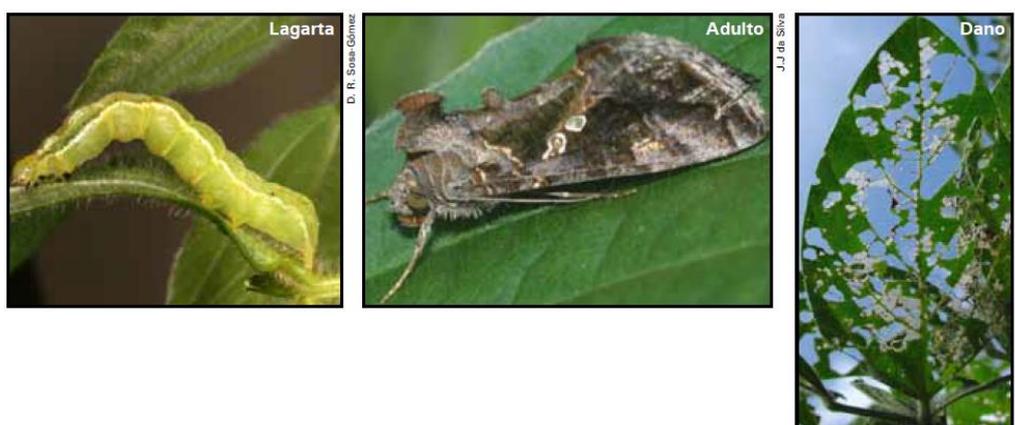


Figura 5. Fotos do problema: Falsa-medideira (*Chrysodeixis includens* ou *Pseudoplusia includens*) Fonte: Embrapa (2014b)

### 3.2.3 Falsa-medideira (*Rachiplusia nu*)

**Condições de desenvolvimento:** as lagartas e as mariposas desta espécie são muito semelhantes às de *C. includens*. Populações elevadas são

encontradas com maior frequência na região sul do continente americano, como no estado do Rio Grande do Sul, assim como no Uruguai e Argentina. As lagartas podem ser diferenciadas de *Chrysodeixis includens* mediante a observação do lado interno da mandíbula que não apresenta dentes, ou seja, sua carena interna é contínua até a borda externa da mandíbula. R. nu apresenta microespinhos na região superior à inserção das três pernas torácicas. A cor das pernas verdadeiras, torácicas, não é um caráter que diferencie as duas espécies.

**Adultos:** Os adultos são semelhantes a *Chrysodeixis includens*, mas a mancha na região central do primeiro par de asas não é tão prateada e brilhante como em *Chrysodeixis includens*. R. nu apresenta a parte dorsal e central do segundo par de asas de cor castanho clara com a borda externa castanho escura. *Rachiplusia nu*, de maneira semelhante a *Anticarsia gemmatalis*, coloca os ovos isolados.

**Danos:** semelhantes aos de *Chrysodeixis includens*, ocasiona o aspecto rendilhado dos folíolos de soja, isto é, Z-se principalmente do parênquima deixando as nervuras.



Figura 6. Fotos do problema: Falsa-medideira (*Rachiplusia nu*). Fonte: Embrapa (2014b)

### 3.2.4 Lagarta-das-vagens (*Spodoptera eridania*)

**Condições de desenvolvimento:** As lagartas apresentam a linha por baixo dos espiráculos interrompida ou perde sua intensidade na parte lateral. As manchas triangulares do primeiro segmento abdominal são grandes e aproximadamente de igual tamanho até as do 8º segmento abdominal.

**Adultos:** apresentam a asa anterior com traço curto no sentido longitudinal na base da margem posterior. Essa mancha pode ser apagada em espécimes mais velhos. Observa-se também uma mancha arredondada, negra, mas geralmente apagada ou pode estar modificada em um traço longo que se estende até a margem da asa. Em geral, a *Spodoptera eridania* apresenta uma tonalidade bronzeada nas asas anteriores.

**Danos:** além de atacar as vagens causa desfolha em soja e algodão, semelhante as demais espécies do gênero *Spodoptera*. Esta espécie pode provocar danos na soja que expressa a toxina Cry1Ac.



Figura 7. Fotos do problema: Lagarta-das-vagens (*Spodoptera eridania*).  
Fonte: Embrapa (2014b)

### 3.2.5 Percevejo-marrom (*Euschistus heros*)

**Condições de desenvolvimento:** o percevejo-marrom é, atualmente, o percevejo mais abundante na soja, desde o Norte do Paraná ao Centro-Oeste e Norte do Brasil e já se encontra em abundância também no Rio Grande do Sul. As ninfas, recém-eclodidas medem 1 mm e têm o corpo alaranjado e a cabeça preta, passam por cinco estádios de desenvolvimento, até se transformarem em adultos; as ninfas maiores assumem coloração que pode variar de cinza à marrom.

**Adultos:** de cor marrom-escura, apresentam dois prolongamentos laterais, em forma de espinhos, próximos à cabeça. Seus ovos, de cor amarelada, são normalmente depositados nas folhas, em pequenas massas com cinco a sete ovos. Próximo a eclosão, os ovos apresentam uma mancha rósea.

**Danos:** adultos e ninfas alimentam-se das vagens e grãos causando perdas de rendimentos e afetando a qualidade da semente. Esta espécie provoca menos

sintomas de retenção foliar<sup>3</sup>, em comparação com o percevejo verde e o percevejo-verde-pequeno. Um aspecto importante a ser considerado antes de adotar medidas de controle é a ocorrência de populações resistentes a inseticidas no país.



Figura 8. Fotos do problema: Percevejo-marrom (*Euschistus heros*).  
Fonte: Embrapa (2014b)

### 3.2.6 Percevejo-verde-pequeno (*Piezodorus guildinii*)

**Condições de desenvolvimento:** as ninfas recém-eclodidas do percevejo-verde-pequeno são avermelhadas e passam por diferentes fases. No início do desenvolvimento, apresentam as cores preta e vermelha, assumindo, posteriormente, coloração esverdeada com manchas pretas e rosadas no abdômen nos estádios finais, quando medem cerca de 8mm.

**Adultos:** são percevejos de cor verdeamarelada com, aproximadamente, 10 mm de comprimento. Apresentam uma listra transversal marromavermelhada, na parte dorsal do tórax, próximo à cabeça. Os ovos são pretos, em forma de barril, colocados em fileiras pareadas, com 10 a 20 ovos por massa, que geralmente, são colocados sobre as vagens de soja.

**Danos:** sugam as vagens, atingindo os grãos de soja. Apresenta maior potencial de dano, com acentuada capacidade de provocar retenção foliar, quando comparada aos percevejos mais comuns da cultura da soja.

---

<sup>3</sup> A retenção foliar e/ou haste verde da soja é, quase sempre, consequência de distúrbios fisiológicos que interferem na formação ou no enchimento dos grãos (EMBRAPA, 2009).



Figura 9. Fotos do problema: Percevejo-verde-pequeno (*Piezodorus guildinii*).  
Fonte: Embrapa (2014b)

### 3.2.7 Percevejo-verde (*Nezara viridula*)

**Condições de desenvolvimento:** a ninfa do percevejo-verde apresenta coloração verde ou preta, com diferentes manchas circulares brancas e pequenos pontos pretos distribuídos pelo corpo, passa por cinco fases ninfais e completam o seu desenvolvimento em cerca de 25 dias. Ao eclodirem, as ninfas, assim como as ninfas de *Euschistus heros* e *Piezodorus guildinii*, permanecem sobre os ovos.

**Adultos:** também conhecidos como fede-fede ou maria-fedida pelo cheiro que exalam quando molestados, são totalmente verdes e com tamanho entre 12 e 15 mm. Os ovos, de coloração amarelada, são depositados, preferencialmente, na face inferior das folhas, em massas regulares com 50 a 100 ovos, com formato semelhante a favos de colméia.

**Danos:** adultos e ninfas causam dano semelhante ao provocado pelos outros percevejos, exceto, que sua capacidade de provocar hastes verdes é menor que a de *Piezodorus guildinii* e maior que a de *Euschistus heros*.

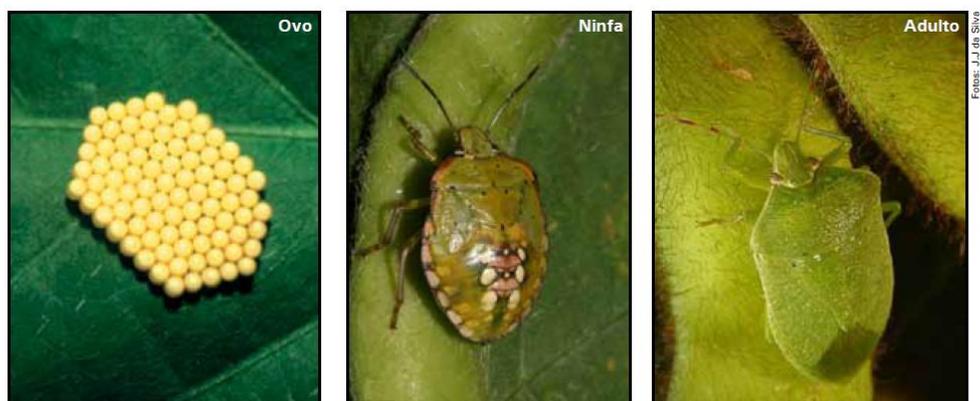


Figura 10. Fotos do problema: Percevejo-verde (*Nezara viridula*). Fonte: Embrapa (2014b)

### 3.2.8 Percevejo-barriga-verde (*Dichelops melacanthus* e *Dichelops furcatus*)

**Condições de desenvolvimento:** dos percevejos-barriga-verde, a espécie *Dichelops melacanthus* é a mais comum nas lavouras de soja, da região Norte do Paraná ao Centro-Oeste brasileiro, enquanto a espécie *Dichelops furcatus* ocorre mais ao sul do Brasil. As ninfas são de coloração castanha, com abdômen mais claro e pontuações mais escuras distribuídas sobre o corpo. Permanecem agregadas sobre os ovos logo após a sua emergência, dispersando-se posteriormente.

**Adultos:** medem de 9 a 11 mm e sua coloração varia da castanha-amarelada à acinzentada, apresentando o abdômen verde. A cabeça é típica, terminando em duas projeções pontiagudas e a parte anterior do tórax tem margens dentadas e expansões laterais espinhosas. Os ovos são verde-claros, normalmente colocados sobre as folhas ou vagens, em massas de cerca de 14 ovos.

**Danos:** as formas jovens e os adultos alimentam-se das vagens, danificando os grãos, prejudicando o rendimento e qualidade da soja. Populações do percevejo barriga-verde também ocorrem em lavouras de milho e trigo, causando sérios danos, especialmente, às plantas jovens de milho.



Figura 11. Fotos do problema: Percevejo-barriga-verde (*Dichelops melacanthus* e *Dichelops furcatus*) Fonte: Embrapa (2014b)

### 3.3 Principais doenças causadas por fungos na cultura da soja do estado de Mato Grosso do Sul

Segundo a Embrapa (2014a), o primeiro passo para se realizar um adequado programa de controle de doenças em plantas é a sua correta identificação. A

seguir, são apresentadas as principais doenças da cultura da soja, já constatadas no Brasil, descrevendo os sintomas, as condições propícias de desenvolvimento e as medidas de controle para cada uma, extraído de (EMBRAPA, 2014a).

### **3.3.1 Antracnose (*Colletotrichum truncatum*)**

**Sintomas:** Pode causar morte de plântulas e manchas negras nas nervuras das folhas, hastes e vagens. Pode haver queda total das vagens ou deterioração das sementes quando há atraso na colheita. As vagens infectadas nos estádios R3-R4 adquirem coloração castanho-escura a negra e ficam retorcidas; nas vagens em granação, as lesões iniciam-se por estrias de anasarca e evoluem para manchas negras. As partes infectadas geralmente apresentam várias pontuações negras que são as frutificações do fungo (acérvulos).

**Condições de desenvolvimento:** A antracnose é uma doença que afeta a fase inicial de formação das vagens e ocorre com maior frequência na região dos Cerrados, por causa da elevada precipitação e das altas temperaturas. Em anos chuvosos, pode causar perda total da produção, mas, com maior frequência, causa redução do número de vagens, induzindo a planta à retenção foliar e à haste verde. Uso de sementes infectadas e deficiências nutricionais, principalmente de potássio, também contribuem para maior ocorrência da doença. Sementes oriundas de lavouras que sofreram atraso de colheita, por causa de chuvas, podem apresentar índices mais elevados de infecção.

**Controle:** Recomenda-se o uso de semente sadia, tratamento de semente, rotação de culturas, espaçamento entre fileiras e estande que permitam bom arejamento da lavoura e manejo adequado do solo, principalmente com relação à adubação potássica.



**Figura 12. Fotos do problema: Antracnose (*Colletotrichum truncatum*)**  
**Fonte: Embrapa (2014b)**

### **3.3.2 Ferrugem (*Phakopsora pachyrhizi* e *P. meibomiae*)**

**Sintomas:** Podem aparecer em qualquer estágio de desenvolvimento da planta. Os primeiros sintomas são caracterizados por minúsculos pontos (no máximo 1 mm de diâmetro) mais escuros do que o tecido sadio da folha, de coloração esverdeada a cinza-esverdeada, com correspondente protuberância (urédia), na página inferior da folha. As urédias adquirem cor castanho-clara a castanho-escura, abrem-se em um minúsculo poro, expelindo os esporos hialinos que se acumulam ao redor dos poros e são carregados pelo vento.

**Condições de desenvolvimento:** O processo de infecção depende da disponibilidade de água livre na superfície da folha, sendo necessárias no mínimo seis horas, com um máximo de infecção ocorrendo com 10 a 12 horas de molhamento foliar. Temperaturas entre 18 °C e 26,5 °C são favoráveis para a infecção. Quanto mais cedo ocorrer a desfolha, menor será o tamanho dos grãos e, conseqüentemente, maior a perda do rendimento e da qualidade (grão verde). A ferrugem americana (*P. meibomiae*) é reconhecida como de pouco impacto sobre o rendimento; *P. pachyrhizi* é mais agressivo e pode causar perdas significativas.

**Controle:** O controle químico com fungicidas formulados em mistura de diferentes grupos químicos tem-se mostrado eficiente. O fungicida deve ser aplicado preventivamente ou nos primeiros sintomas da doença. Deve-se realizar a semeadura no início da época recomendada, utilizar preferencialmente cultivares precoces e cumprir o vazio sanitário [eliminando plantas voluntárias de soja (guaxa ou tiguera) na entressafra], para diminuir o

inoculo na safra seguinte; evitar a semeadura em safrinha. Cultivares resistentes estão disponíveis para algumas regiões do Brasil, no entanto, não dispensam a utilização de fungicidas, uma vez que populações virulentas podem ser selecionadas em decorrência da variabilidade do patógeno.

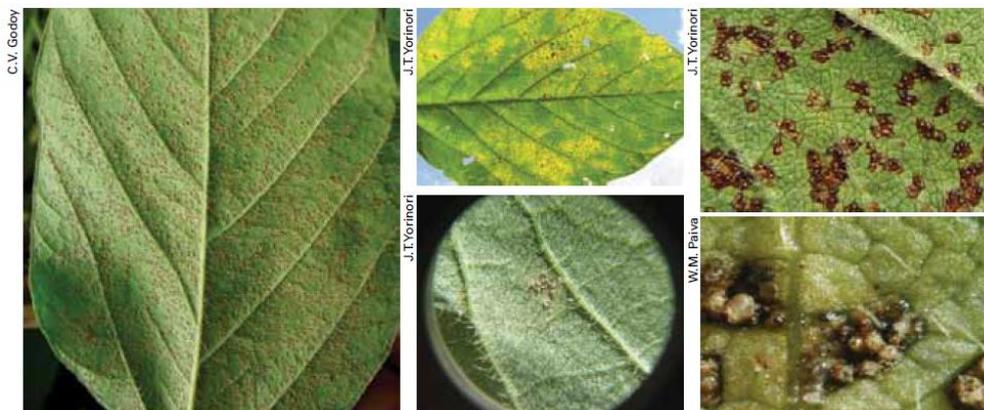


Figura 13. Fotos do problema: Ferrugem (*Phakopsora pachyrhizi* e *P. meibomia*)  
Fonte: Embrapa (2014b)

### 3.3.3 Mancha alvo e podridão radicular de *Corynespora* (*Corynespora cassiicola*)

**Sintomas:** As lesões se iniciam por pontuações pardas, com halo amarelado, evoluindo para grandes manchas circulares, de coloração castanho-clara a castanho-escuro, atingindo até 2 cm de diâmetro. Geralmente, as manchas apresentam uma pontuação escura no centro, semelhante a um alvo. Cultivares suscetíveis podem sofrer severa desfolha, com manchas pardo-avermelhadas na haste e nas vagens. O fungo também infecta raízes.

**Condições de desenvolvimento:** O fungo é encontrado em praticamente todas as regiões de cultivo de soja do Brasil. Aparentemente, é nativo e infecta um grande número de plantas nativas e cultivadas. Pode sobreviver em restos de cultura e semente infectada. Umidade relativa é favorável à infecção na folha.

**Controle:** Recomenda-se o uso de cultivares resistentes, o tratamento de semente, a rotação/sucessão de culturas com milho e espécies de gramíneas e o controle com fungicidas.



Figura 14. Fotos do problema: Mancha alvo e podridão radicular de *Corynespora* (*Corynespora cassiicola*) Fonte: Embrapa (2014b)

### 3.3.4 Oídio (*Microsphaera diffusa*)

**Sintomas:** *Microsphaera diffusa* é um parasita obrigatório que se desenvolve em toda a parte aérea da planta. Apresenta uma fina cobertura esbranquiçada, constituída de micélio e esporos pulverulentos. Nas folhas, com o passar do tempo, a coloração branca do fungo muda para castanho-acinzentada e, em condições de infecção severa, pode causar seca e queda prematura das folhas.

**Condições de desenvolvimento:** A infecção pode ocorrer em qualquer estágio de desenvolvimento da planta, porém, é mais comum por ocasião do início da floração. Condições de baixa umidade relativa do ar e temperaturas amenas (18 °C a 24 °C) são favoráveis ao desenvolvimento do fungo.

**Controle:** O método mais eficiente de controle é o uso de cultivares resistentes. O controle químico pode ser utilizado por meio da aplicação de fungicidas.



Figura 15. Fotos do problema: Oídio (*Microsphaera diffusa*). Fonte: Embrapa (2014b)

### 3.4 Técnicas de Visão Computacional para análise de inseto-pragas e doenças da cultura da soja

A escolha das técnicas de visão computacional para desenvolver o sistema proposto por este trabalho não é uma tarefa trivial. Em quase todas as etapas de um sistema de visão computacional, as técnicas apropriadas precisam ser definidas caso a caso, muitas vezes através de experimentos comparativos com imagens reais dos objetos que serão analisados pelo sistema.

Considerando que uma quantidade significativa de insetos-pragas e doenças será analisada, um conjunto inicial de técnicas de visão computacional será experimentado. Primeiro, o sistema de visão computacional realizará a etapa de pré-processamento para transformar a imagem original em uma imagem que seja mais fácil de ser tratada nas etapas seguintes. Basicamente, busca-se nesta fase novas imagens em que o ruído seja de alguma forma reduzido, mesmo que as custas de alguma perda de informação em relação aos objetos de interesse na imagem. Em seguida, a segmentação da imagem deverá particionar a imagem em regiões de forma a separar os elementos de interesse, para o problema a ser resolvido. No caso dos insetos-pragas, o problema envolve contagem e reconhecimento de múltiplos objetos, logo a segmentação, além de separar os elementos irrelevantes, deverá separar os objetos de interesse em regiões distintas. Alguns grupos importantes de técnicas de segmentação que serão aplicadas para segmentar as imagens são:

- **Segmentação por limiarização:** os limiares poderão ser definidos manualmente, experimentando-se diferentes valores e observando-se o resultado, ou automaticamente através de diversas técnicas disponíveis, incluindo algumas baseadas em aprendizagem automática a partir de amostras do tipo de segmento que se espera obter. Um caso especial de limiarização, chamado de binarização, é capaz de separar o objeto do fundo da imagem, transformando-a em uma imagem binária com apenas dois tons, um representando o fundo (geralmente branco) e outro representando o objeto (geralmente preto). Esta técnica será utilizada por um módulo chamado de analisador de partículas para calcular a área de desfolha da soja (herbivoria), após o ataque de inseto-

pragas. Este cálculo será útil para informar os níveis de ação de controle para as principais pragas da soja.

- **Segmentação por agrupamento:** as técnicas de agrupamento têm como objetivo agrupar elementos em uma quantidade geralmente pré-definida de grupos, utilizando alguma medida de similaridade. Os elementos aqui considerados variam desde a simples tonalidade de cada pixel da imagem, ou cor do pixel, até propriedades mais complexas que serão extraídas utilizando técnicas de extração de atributos. No caso das cores, diversas medidas de similaridade serão testadas, como as distâncias Euclidiana, de Manhattan, de Mahalanobis, de Chebychev, dos Cossenos e da Escavadeira. Em relação às técnicas de agrupamento, serão experimentadas as técnicas de k-médias (do inglês *k-means*) e a dos divisores de águas (*watershed*).

Para reduzir a quantidade de informação ou para melhorar o desempenho do sistema na etapa de reconhecimento, é comum termos uma etapa chamada de extração de atributos, que irá transformar o segmento (ou segmentos) da imagem que interessa aos módulos de processamento sucessores em uma outra representação, geralmente um vetor de atributos. Os módulos sucessores, como o de reconhecimento de objetos, por exemplo, não irão trabalhar diretamente na imagem, mas em um conjunto de valores extraídos da imagem. As técnicas de extração de atributos que serão experimentadas no trabalho são: atributos baseados em cor, em forma, em textura, em pontos de interesse e atributos que permitem a combinação ou seleção de atributos variados. Para a correta identificação das doenças e a identificação e contagem dos insetos-pragas, algoritmos como *Speeded Up Robust Feature* (SURF) e *Scale-invariant feature transform* (SIFT) serão empregados para a detecção e descrição dos Pontos de Interesse das imagens analisadas.

Uma parte significativa do sistema de visão computacional possui como objetivo final o reconhecimento de objetos, como é o caso dos insetos-pragas e das doenças. O alvo a ser reconhecido pode já estar isolado em uma única imagem ou ocorrer juntamente com outras coisas e, neste caso, além de

reconhecer, temos o problema de detectar uma ou mais ocorrências do alvo na imagem. As técnicas que serão experimentadas para resolver o problema de reconhecimento e detecção são: casamento de modelos e aprendizagem supervisionada.

Para a classificação dos insetos, técnicas baseadas em casamento de modelos, em específico técnicas que aplicam os pontos de interesse para definir o casamento entre as imagens, serão utilizadas para definir a semelhança entre a imagem teste e as classes analisadas. Com essa informação, algumas métricas serão testadas para definir a classe do inseto, como a do ponto com distância mínima, a distância média mínima e o número de casamentos. Nos experimentos realizados, serão variados os parâmetros do detector e descritor de pontos de interesse, com o intuito de encontrar os melhores resultados para a classificação. Modelos de aprendizagem supervisionada, baseados em máquinas de vetores de suporte, árvore de decisão e redes neurais artificiais serão comparados a fim de avaliar estatisticamente o potencial da proposta na automação de análises de pragas e doenças no campo. Por fim, o sistema de visão computacional terá o seu desempenho avaliado com as métricas Área sob a Curva ROC (AUC) e Medida-F.

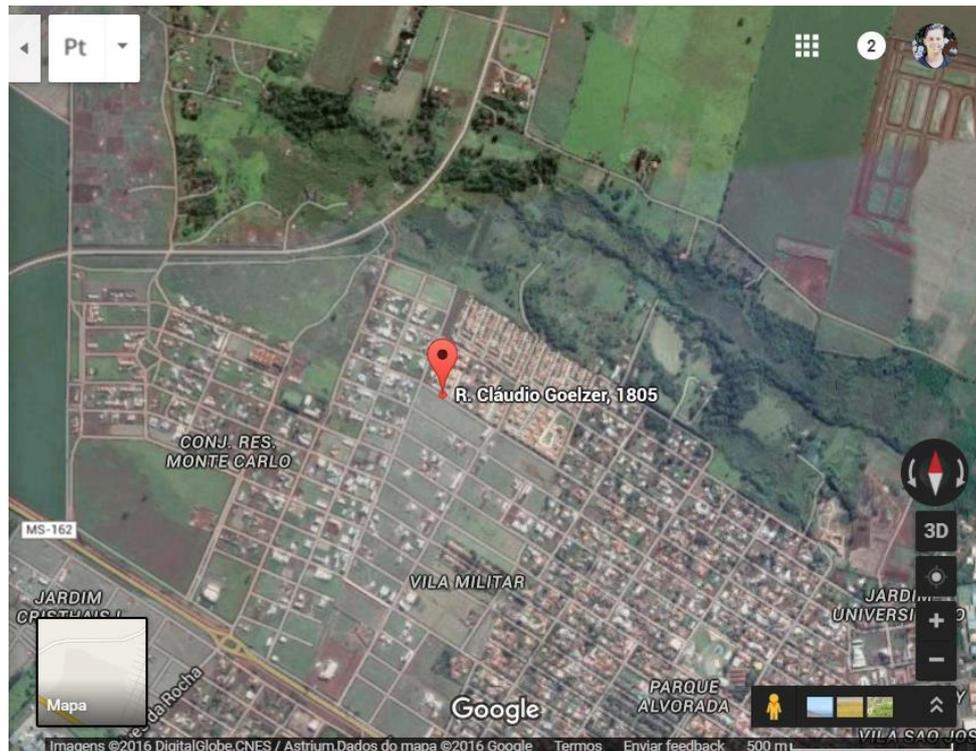
#### **4. Metodologia**

Para cada um dos objetivos específicos listados na Seção 2.2, serão apresentados a seguir, os aspectos metodológicos que nortearão a execução desta proposta.

##### **4.1 Construção de um banco de imagens das principais doenças da cultura da soja**

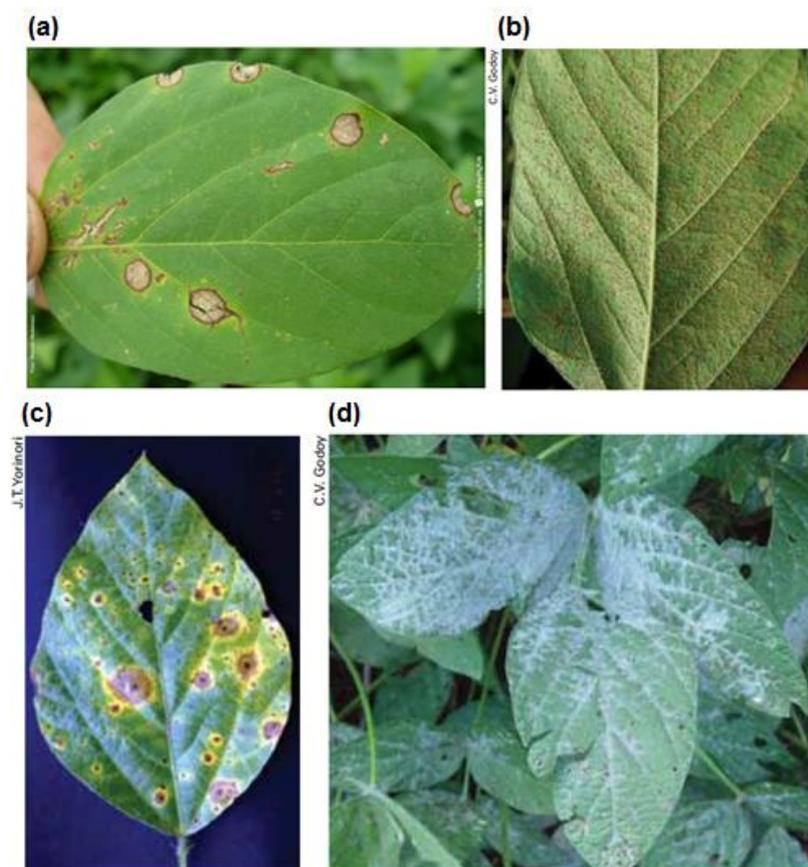
Para ajustar os parâmetros dos módulos que serão desenvolvidos e também testar os seus desempenhos, conforme serão descritos nas Seções 4.3 a 4.6, um banco de imagens das principais doenças da cultura da soja será construído. O banco conterà 40 imagens com cerca de 10 imagens para cada classe do problema. As classes, neste caso, correspondem às doenças antracnose, ferrugem, mancha alvo e oídio. As imagens no formato .TIFF serão capturadas *in loco* numa área de experimentação de 12 x 32 metros, ou 384

m<sup>2</sup>, localizada à rua Cláudio Goelzer, 1805, Parque Alvorada, Dourados-MS (Figura 16) – utilizando uma câmera digital de 20.4 megapixels e zoom óptico 50x. Também serão realizadas visitas nas fazendas da região no mesmo período do plantio da área experimental, com o intuito de aprimorar o banco de imagens durante as safras de setembro de 2016 a janeiro de 2017 e setembro de 2017 a janeiro de 2018.



**Figura 16. Área de experimentação utilizada para o plantio da cultura de soja**  
**Fonte: Google Maps**

Com apoio do especialista da área agrônômica, cada imagem será anotada, construindo assim, um conjunto de referência para análise de desempenho. Para facilitar o acesso às imagens pelo usuário, elas farão parte do aplicativo de software proposto pelo trabalho, denominado sojaApp. As imagens do aplicativo também poderão ser revisadas e corrigidas a qualquer momento pela equipe de desenvolvimento, caso seja necessário. O banco de imagens será publicado através do website do trabalho, disponível em: [www.gpec.ucdb.br/sojaApp/](http://www.gpec.ucdb.br/sojaApp/). Outro banco de imagens já existente criado pelo Grupo de Pesquisa INOVISAO será integrado ao banco de imagens proposto. Exemplos de imagens similares às que serão utilizadas neste trabalho podem ser vistos na Figura 17.



**Figura 17. Principais doenças da cultura da soja**  
(a) antracnose; (b) ferrugem; (c) mancha alvo; (d) oídio  
Fonte: Adaptado de Embrapa (2014a)

#### **4.2 Construção de um banco de imagens dos principais insetos-pragas da cultura da soja**

De maneira análoga ao banco de imagens descrito na Seção 4.1, será criado um banco de imagens dos principais insetos-pragas da cultura da soja. O banco conterà 80 imagens com cerca de 10 imagens para cada classe do problema. As classes, neste caso, correspondem às espécies de lagartas e percevejos ilustradas nas Figuras 18 e 19, respectivamente. As imagens no formato .TIFF serão capturadas *in loco* na mesma área de experimentação mostrada na Figura 16, utilizando uma câmera filmadora de 12 megapixels, lente grande angular, gravando vídeos 4K a 30 frames por segundo.

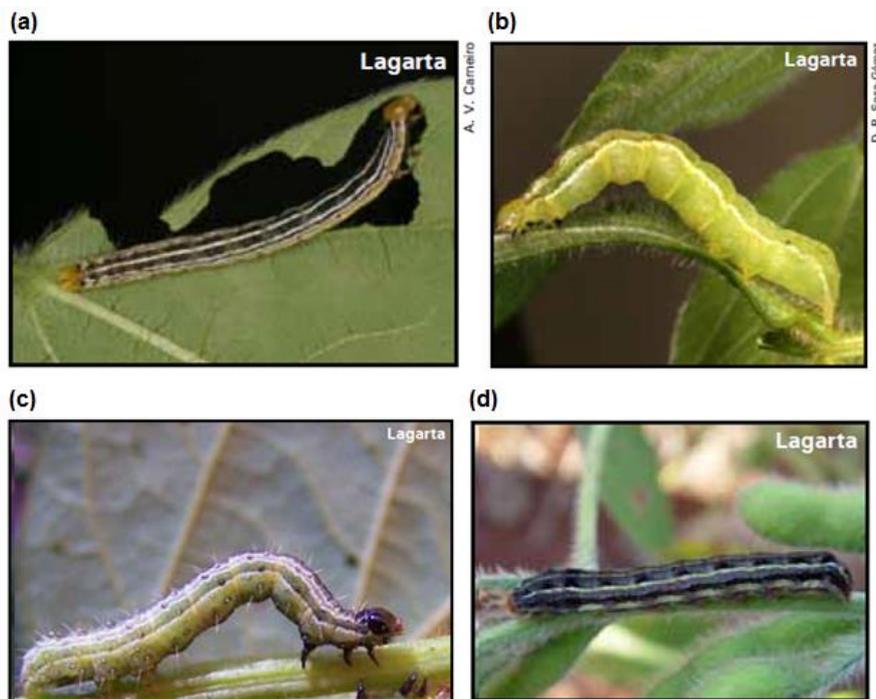


Figura 18. Principais espécies de lagartas da cultura da soja  
 (a) lagarta-da-soja ou *anticarsia gemmatalis*; (b) falsa-medideira ou *chrysodeixis includens* ou *pseudoplusia includens*; (c) falsa-medideira ou *rachiplusia nu*; (d) lagarta-das-vagens ou *spodoptera eridania*  
 Fonte: Adaptado de Embrapa (2014b)

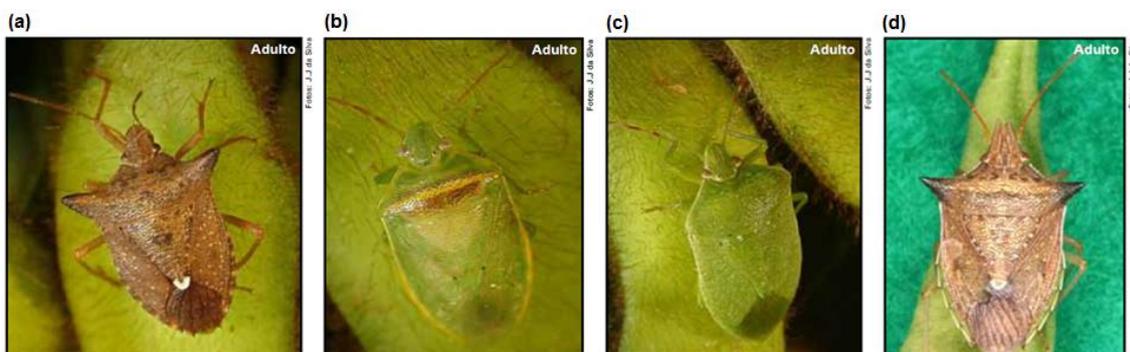


Figura 19. Principais espécies de percevejos da cultura da soja  
 (a) percevejo-marrom ou *euschistus heros*; (b) percevejo-verde-pequeno ou *piezodorus guildinii*; (c) percevejo-verde ou *nezara viridula*; (d) percevejo-barriga-verde ou *dichelops melacanthus* e *dichelops furcatus*  
 Fonte: Adaptado de Embrapa (2014b)

No caso específico dos insetos-pragas, as imagens precisam ser capturadas do interior da lavoura. Para tal finalidade, será utilizada uma câmera filmadora presa ao drone (modelo quadricóptero de 12 megapixels com câmera 4k 1080p anti-colisão GPS 3) por meio de um cabo estendido. Deste modo, o grupo de pesquisa INOVISAO pretende reaproveitar o conjunto de conhecimentos práticos já adquiridos por outro trabalho correlato para

introduzir a câmera dentro da plantação, com o objetivo de capturar imagens de insetos-pragas a cada nova amostragem, conforme ilustrado pela Figura 2(b).

Ao mesmo modo, também serão realizadas visitas nas fazendas da região no mesmo período do plantio da área experimental, a fim de aprimorar o banco de imagens dos insetos-pragas durante as safras de setembro de 2016 a janeiro de 2017 e setembro de 2017 a janeiro de 2018. Outro banco de imagens já existente criado pelo Grupo de Pesquisa INOVISAO será integrado ao banco de imagens proposto.

### **4.3 Desenvolvimento e implementação do módulo classificador das doenças causadas por fungos**

O módulo será desenvolvido em Linguagem Java, através da IDE Netbeans 8.1, tendo como apoio o pacote para Visão Computacional ImageJ (RESEARCH SERVICES BRANCH, 2016) versão 1.50i e o software Weka versão 3.8. Também será avaliada a possibilidade de desenvolver o módulo em Linguagem Python versão 2.7.6, tendo como apoio o pacote para Visão Computacional OpenCV (BRADSKI, 2000) versão 2.4.

Serão seguidas as regras definidas pelo grupo de pesquisa e desenvolvimento do INOVISAO, disponíveis no site do grupo<sup>4</sup>. A metodologia de desenvolvimento de software do INOVISAO tem como base o SCRUM (SIMS; JOHNSON, 2011), sendo todo o material produzido sob controle de versões com a ferramenta SubVersion<sup>5</sup>. O padrão de documentação de código é baseado no JavaDoc.

### **4.4 Desenvolvimento e implementação do módulo classificador/contador dos principais insetos pragas**

O módulo será desenvolvido de maneira análoga ao descrito na Seção 4.3.

---

<sup>4</sup> O site do INOVISAO está em [www.gpec.ucdb.br/inovisao](http://www.gpec.ucdb.br/inovisao) e as instruções para desenvolvedores pode ser acessada através do link “trac”, neste mesmo site, ou diretamente em [trac.gpec.ucdb.br](http://trac.gpec.ucdb.br).

<sup>5</sup> O software de controle de versões subversion é apresentado em <http://subversion.apache.org/>.

#### **4.5 Validação do módulo classificador das principais doenças da cultura da soja**

Os algoritmos escolhidos e implementados serão comparados entre si e também em relação ao desempenho humano utilizando o banco de imagens descrito na seção 4.1. Como técnica de amostragem será adotada a validação cruzada de 10 dobras com 10 repetições disponível no software Weka<sup>6</sup> versão 3.8 (HALL et al., 2009). Para cada algoritmo testado, serão calculados os desempenhos médios referentes às métricas de precisão, abrangência, medida-F e taxa de acerto ajustadas para problemas com mais de duas classes.

Para identificar se os algoritmos testados diferem estatisticamente em relação ao desempenho, considerando-se cada uma das métricas, serão utilizados o teste não-paramétrico proposto por Friedman (1940) e análise de variância (ANOVA), ambos disponíveis no software estatístico R<sup>7</sup>, versão 2.14.1, com cada bloco correspondendo a uma das classes do problema. Serão reportados os valores-p encontrados para cada métrica e o nível de significância necessário para descartar a hipótese nula. Para todas as métricas será realizado um pós-teste e os diagramas de caixa e valores-p dois a dois resultantes serão analisados. O pós-teste, também disponível no R, tem como base o teste de Wilcoxon com correção para FWER (*Family-wise Error Rate*) descrito por Hollander e Wolf (1999).

#### **4.6 Validação do módulo classificador/contador dos principais insetos-pragas da cultura da soja**

O módulo será validado de maneira análoga ao descrito na Seção 4.5.

#### **4.7 Migração da aplicação de software para a plataforma Android**

Toda a aplicação de software com os módulos já implementados e validados serão migrados para a plataforma Android, de forma que o trabalho possua duas versões disponíveis: Java desktop e Android.

---

<sup>6</sup> O Weka é um software livre e gratuito disponível em <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>.

<sup>7</sup> O software R está disponível em <http://www.r-project.org/>. Para o teste de Friedman com análise post-hoc é necessário instalar o [software Gnu-R](#).

O desenvolvimento do trabalho deverá prever a migração entre as plataformas Java desktop e Android durante a implementação do código-fonte, gerando no final do trabalho apenas os *builds* necessários para cada aplicação. A execução de um *build* pode realizar diversas tarefas, como compilação, empacotamento, testes, validação de padrões de código, documentação, etc.

Assim, o código poderá ser todo compartilhado entre as duas versões, no entanto, os detalhes de interface (API) serão específicos de cada aplicação. O trabalho adicional para a correta migração dependerá dos detalhes da própria aplicação. Por fim, o aplicativo móvel (sojaApp) de visão computacional será testado por meio de um dispositivo móvel, modelo smartphone com 32gb, tela 5.5”, câmera 23 megapixels, Android 5.1.

#### **4.8 Divulgação do aplicativo sojaApp em domínio público para download**

Todos os arquivos do trabalho serão disponibilizados através do website [www.gpec.ucdb.br/sojaApp/](http://www.gpec.ucdb.br/sojaApp/). Os arquivos do trabalho incluem: bancos de imagens, aplicação de software em Java para desktop e aplicativo móvel (sojaApp) de visão computacional. Além disso, o aplicativo sojaApp será publicado no Google Play, tornando-se disponível para *download*.

Em resumo, as seguintes atividades serão realizadas:

- ✓ Elaboração dos planos de trabalho dos membros da equipe, visando planejar, distribuir as tarefas e construir um cronograma detalhado
  - Seleção dos problemas que serão investigados pelo trabalho e definição da metodologia de pesquisa
  - Elaboração do plano de trabalho de cada membro da equipe, detalhando cada tarefa e o seu respectivo cronograma
- ✓ Aprofundamento e atualização da revisão de literatura
  - Estudar artigos sobre agricultura de precisão e as principais doenças e insetos-pragas que depreciam a cultura da soja no Brasil, mas especificamente no Estado de Mato Grosso do Sul
  - Estudar artigos sobre processamento digital de imagens, técnicas de reconhecimento de padrões e aprendizagem de máquina, inteligência artificial e algoritmos de visão computacional que realizam a extração da informação

- Estudar artigos sobre tipos e aplicações de drones
- ✓ Reuniões periódicas no decorrer do trabalho, com todos os membros da equipe, para discussão e acompanhamento do trabalho, bem como avaliar novas propostas
  - Realizar reuniões periódicas semanais para monitorar o andamento do trabalho, refinar as propostas iniciais e avaliar a possibilidade novas propostas no decorrer do trabalho
- ✓ Construção do banco de imagens das principais doenças da cultura da soja
  - Estudar as técnicas tradicionais de plantio da soja
  - Cultivar a soja numa área experimental de aproximadamente 384 m<sup>2</sup>, sem fazer uso de defensivo agrícola
  - Catalogar imagens de doenças da soja obtidas da área experimental e das fazendas da região, durante as safras 2016/17 e 2017/18
- ✓ Construção do banco de imagens dos principais insetos-pragas da cultura da soja
  - Estudar as técnicas tradicionais de plantio da soja
  - Cultivar a soja numa área experimental de aproximadamente 384 m<sup>2</sup>, sem fazer uso de defensivo agrícola
  - Catalogar imagens de insetos-pragas obtidas da área experimental e das fazendas da região, durante as safras 2016/17 e 2017/18
- ✓ Desenvolvimento e implementação do módulo classificador das doenças causadas por fungos
  - Estudo e avaliação dos algoritmos e ferramentas de visão computacional
  - Levantamento de hipóteses de melhorias nas avaliações realizadas
  - Avaliação e viabilidade da aplicação de software
  - Implementação de técnica devidamente instanciada para os problemas abordados
- ✓ Desenvolvimento e implementação do módulo classificador/contador dos principais insetos-pragas

- Estudo e avaliação dos algoritmos e ferramentas de visão computacional
- Levantamento de hipóteses de melhorias nas avaliações realizadas
- Avaliação e viabilidade da aplicação de software
- Implementação de técnica devidamente instanciada para os problemas abordados
- ✓ Validação do módulo classificador das principais doenças da cultura da soja
  - Realizar experimentos e análise dos resultados, avaliando o desempenho das propostas desenvolvidas, comparadas às técnicas tradicionais na área
- ✓ Validação do módulo classificador/contador dos principais insetos-pragas da cultura da soja
  - Realizar experimentos e análise dos resultados, avaliando o desempenho das propostas desenvolvidas, comparadas às técnicas tradicionais na área
- ✓ Migração da aplicação de software para a plataforma Android
  - Divulgação do aplicativo sojaApp em domínio público para *download*
  - Disponibilização, em site devidamente projetado e construído para tal fim, contendo os dados obtidos e as ferramentas desenvolvidas
- ✓ Elaboração e publicação de artigos científicos
  - Elaboração e apresentação de artigos a serem submetidos a revistas e congressos
- ✓ Elaboração de relatórios sobre o trabalho
  - Elaboração de relatórios parciais e finais das etapas do trabalho

## 5. Cronograma

ATIVIDADES	ANO:2016						ANO:2017												ANO:2018					
	MÊS DE EXECUÇÃO						MÊS DE EXECUÇÃO												MÊS DE EXECUÇÃO					
	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
Elaboração dos planos de trabalho dos membros da equipe, visando planejar, distribuir as tarefas e construir um cronograma detalhado.	X																							
Aprofundamento e atualização da revisão de literatura	X	X	X																					
Reuniões periódicas no decorrer do trabalho, com todos os membros da equipe, para discussão e acompanhamento do trabalho, bem como avaliar novas propostas.		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Construção do banco de imagens das principais doenças da cultura da soja.			X	X	X	X	X							X	X	X	X	X						
Construção do banco de imagens dos principais insetos-pragas da cultura da soja.			X	X	X	X	X							X	X	X	X	X						
Desenvolvimento e implementação do módulo classificador das doenças causadas por fungos						X	X	X	X	X														
Desenvolvimento e implementação do módulo classificador/contador dos principais insetos-pragas									X	X	X	X	X	X										
Validação do módulo classificador das principais doenças da cultura da soja														X	X									
Validação do módulo classificador/contador dos principais insetos-pragas da cultura da soja															X	X								
Migração da aplicação de software para a plataforma Android																X	X	X						
Divulgação do aplicativo sojaApp em domínio público para <i>download</i>																	X							
Elaboração e publicação de artigos científicos																		X	X	X	X			
Elaboração de relatórios sobre o trabalho																				X	X	X		

## 6. Referências Bibliográficas

- ARMADA. The Growing World of Unmanned Airborne Spies. IN: Armada International, vol 28, nº 3, 2004.
- BLAND, G.; CORONADO, P.; MILES, T.; BRETTHAUER, P.; LUNSFORD, A.; BOGNAR, J.: Sensors with Wings - Small UAVs for Earth Science, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2004.
- BRADSKI, G. The OpenCV Library. Dr. Dobb's Journal of Software Tools, 2000.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga, 2012. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/artropodes/>
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de identificação de doenças de soja. 5ª edição. Londrina-PR, 2014a.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja. 3ª edição. Londrina-PR, 2014b.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. As características da Helicoverpa armigerae seus hábitos na cultura da soja. s/d. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/helicoverpa/caracteristicas.htm>.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2004, 2004. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br-/producaosoja/manejoj.htm>
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cultivo de Soja no Cerrado de Roraima, 2009. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/Fontes-HTML/Soja/CultivodeSojanoCerradodeRoraima/retencaohaste.htm>
- FRIEDMAN, M. A comparison of alternative tests of significance for the problem of m rankings. The Annals of Mathematical Statistics, v. 11, n. 1, p. 86–92, 1940.
- G1 MS. Contra a ferrugem, que cresceu 268%, MS inicia dia 15 o vazio sanitário, 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/mato-grosso-do-sul/noticia/2016/06/contra-ferrugem-que-cresceu-268-ms-inicia-dia-15-o-vazio-sanitario.html>
- GUEDES, J. C.; STECCA, C. S.; RODRIGUES, R. B.; BIGOLIN, M. Estratégias de manejo contra as lagartas desfolhadoras em soja. Revista Cultivar Grandes Culturas, Ano XII, Nº 139, Jan 2011. Disponível em: [http://www.grupocultivar.com.br/ativemanager/uploads/arquivos/artigos/cultivar\\_grandes\\_culturas\\_no\\_1393.pdf](http://www.grupocultivar.com.br/ativemanager/uploads/arquivos/artigos/cultivar_grandes_culturas_no_1393.pdf).
- HALL, M.; FRANK, E.; HOLMES, G.; PFAHRINGER, B.; REUTEMANN, P.; WITTEN, I. H. The WEKA Data Mining Software: An Update. SIGKDD Explorations, v. 11, n. 1., 2009.
- HOLLANDER, M.; WOLF, D. A. *Nonparametric Statistical Methods. 2nd Edition.* New York: John Wiley & Sons, 1999.
- KOERICH, A. Visão computacional. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná. 2010.
- KOGAN M.; PITRE H. J. General sampling methods for above-ground populations of soybean arthropods. Sampling methods in soybean entomology, 1980.

MOTSINGER R. E.; BAGENT J. L.; HENSLEY S. D.; HORN N.; NEWSOM L. D. Soybean diseases and insects of louisiana. Louisiana Cooperative Extension Service, 1967.

MEDEIROS, F. A., ALONÇO, A. S., BALESTRA, M. R. G., DIAS, V. O., LANDERHAL Jr. M. L., Utilização de um veículo aéreo não-tripulado em atividades de imageamento georreferenciado. Ciência Rural, Santa Maria, v-38, n.8, p.2375-2378, Nov, 2008.

RESEARCH SERVICES BRANCH. ImageJ - Image Processing and Analysis in Java, versão 1.50i, 2016. Disponível em: <https://imagej.nih.gov/ij/download.html>.

SIMS, C.; JOHNSON, H. L. The Elements of Scrum. Dymaxicon, 2011.

VIEGAS, A. Soja supera a celulose no ranking de exportações de Mato Grosso do Sul. G1.Globo, 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/mato-grosso-do-sul/noticia/2016/04-/soja-supera-celulose-no-ranking-de-exportacoes-de-mato-grosso-do-sul.html>

WEBER, L. F. Percevejos em soja. Revista Cultivar Grandes Culturas, 1ª edição, Fev. 1999. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/-artigos/percevejos-em-soja>.