

**RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS  
LÍDIA FERREIRA MORAES  
FABÍOLA LUZIA DE SOUSA SILVA  
(ORGANIZADORAS)**

# **DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA CIENTÍFICA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRONOMIA**

## **3**

**RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS  
LÍDIA FERREIRA MORAES  
FABÍOLA LUZIA DE SOUSA SILVA  
(ORGANIZADORAS)**

# **DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA CIENTÍFICA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRONOMIA**

## **3**

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

*Open access publication* by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



## Desenvolvimento da pesquisa científica, tecnologia e inovação na agronomia 3

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos  
Lídia Ferreira Moraes  
Fabiola Luzia de Sousa Silva

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 Desenvolvimento da pesquisa científica, tecnologia e inovação na agronomia 3 / Organizadoras Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Lídia Ferreira Moraes, Fabiola Luzia de Sousa Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0377-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.777222306>

1. Agronomia. 2. Tecnologia. 3. Inovação. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da (Organizadora). II. Moraes, Lídia Ferreira (Organizadora). III. Silva, Fabiola Luzia de Sousa (Organizadora). IV. Título.

CDD 630

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

O agronegócio brasileiro vem se expandindo cada vez mais, isso se deve ao constante crescimento populacional, com isso tem-se uma demanda maior por alimentos e insumos necessários para os processos produtivos, as importações e exportações também tem a sua influência para tal acontecimento, já que o Brasil se destaca entre os países que mais produzem.

Entretanto, mesmo com toda informação já existente ainda se faz necessário o desenvolvimento de novos estudos, a fim de capacitar e minimizar alguns entraves existentes no sistema de produção, considerando o cenário atual a demanda por informações de boa qualidade é indispensável.

Com isso, o uso de tecnologias, técnicas e pesquisas necessitam estar atreladas na produção agrícola para desde modo obter sucesso e alta produtividade. Com base nisso a obra “Desenvolvimento da pesquisa científica, tecnologia e inovação na agronomia 3” vem com o intuito de trazer aos seus leitores informações essenciais para o sistema agrícola.

Apresentando trabalhos desenvolvidos e resultados concretos, com o objetivo de informatização e capacitação acerca deste setor, oferecendo a possibilidade do leitor de agregar conhecimentos sobre pesquisas desenvolvidas para a agricultura. Pesquisas que buscam contribuir para o aprimoramento dos pequenos, médios e grandes produtores. Desejamos a todos, uma excelente leitura!

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

Lídia Ferreira Moraes

Fabiola Luzia de Sousa Silva



## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA Y MOLECULAR DE LA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO BORLAUG 100**


José Luis Félix-Fuentes  
Guillermo Fuentes-Dávila  
Ivon Alejandra Rosas-Jauregui  
Juan Manuel Cortes-Jiménez  
Alma Angelica Ortiz-Avalos  
José Eliseo Ortiz-Enríquez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223061>

### **CAPÍTULO 2..... 11**

#### **ARMAZENAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SEMENTES DE *Sloanea obtusifolia* K. Schum**


Taina Lyra da Silva  
Khétrin Silva Maciel  
Kamilla Antunes Alves  
Carlos Eduardo Moraes  
Luísa Oliveira Pereira  
Maria Fernanda Dourado Martins  
Rafael Henrique de Freitas Noronha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223062>

### **CAPÍTULO 3..... 19**

#### **GERMINAÇÃO DE SEMENTES, INDUÇÃO E ANÁLISE MORFO-HISTOLÓGICA DE CALOS DE *Myrciraria glomerata* (O. Berg) Amshoff**


Silvia Correa Santos  
Fernanda Pinto  
Rodrigo Kelson Silva Rezende  
Cláudia Roberta Damiani

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223063>

### **CAPÍTULO 4..... 38**

#### **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA FIBRA DO ALGODOEIRO IRRIGADO SOB ESTRESSE HÍDRICO**

João Henrique Zonta  
Ziany Neiva Brandão  
Josiane Isabela Silva Rodrigues  
Heder Braun  
Valdinei Sofiatti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223064>

### **CAPÍTULO 5..... 52**

#### **CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE MAXIXE DO REINO**

Mariana Costa Rampazzo  
Fabrício Vieira Dutra


Rita de Cássia Santos Nunes  
Gabriela Leite Silva  
Adriana Dias Cardoso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223065>

**CAPÍTULO 6..... 58**

**FITOTOXICIDADE DE RESÍDUOS VEGETAIS NO SOLO E SEU USO EM SEMENTES DE ARROZ**

Luiz Augusto Salles das Neves  
Kelen Haygert Lencina  
Raquel Stefanello

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223066>

**CAPÍTULO 7..... 77**

**IMPACTOS DE PLANTAS DE COBERTURA NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO**


João Pedro Novais Queiroz Guimarães  
Rayanne Soeiro da Silva  
Gabriel Brom Vilela  
Thaise Dantas  
Tassila Aparecida do Nascimento de Araújo  
Rafaella de Paula Pacheco Noronha  
João Batista Medeiros Silva  
Maria Ingrid de Souza  
Carlos Augusto Reis Carmona Júnior  
Jamilly Verônica Santos dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223067>

**CAPÍTULO 8..... 88**

**ANÁLISE DE IMAGEM APLICADA AO MONITORAMENTO DA FERRUGEM DA SOJA**


Aguinaldo Soares de Oliveira  
Alexandra de Oliveira França Hayama

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223068>

**CAPÍTULO 9..... 98**

**DIAGNÓSTICO SOBRE A OCORRÊNCIA DO TEMA CÂNCER NOS CURRÍCULOS DAS UNIVERSIDADES PARANAENSES E UMA PROPOSTA DE CURSO *ONLINE* PARA A FORMAÇÃO INICIAL DE LICENCIANDOS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**


Camila Machado Ferreira Siqueira  
Elaine Maria dos Santos  
Rosilene Rebeca

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223069>

**CAPÍTULO 10..... 105**

**DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA DETERMINAR AS PRESSÕES EM SILOS MULTICELULAR COM DESCARGA CONCENTRICA E EXCÊNTRICA**


Hellen Pinto Ferreira Deckers  
Francisco Carlos Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230610>

**CAPÍTULO 11..... 125**

RECUPERAÇÃO DE MATÉRIA SECA E MATÉRIA MINERAL DE SILAGEM DE CANA - DE - AÇÚCAR TRATADA COM INOCULANTE E DIFERENTES NÍVEIS DE ADITIVOS QUÍMICOS


João Ribeiro da Costa Neto  
Adriely Pereira Amaral  
Andreia Santos Cezário  
Wallacy Barbacena Rosa dos Santos  
Jeferson Corrêa Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230611>

**CAPÍTULO 12..... 129**

PROSPECÇÃO DE GENÓTIPOS DE AGAVE PARA OBTENÇÃO DE SUCO PARA BIOINSETICIDA


Tarcisio Marcos de Souza Gondim  
Joabson Borges de Araújo  
Ziany Neiva Brandão  
Everaldo Paulo de Medeiros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230612>

**CAPÍTULO 13..... 138**

PERDAS QUANTITATIVAS NO ARRANQUIO MECANIZADO DE AMENDOIM NO PONTAL DO TRIÂNGULO MINEIRO


José Augusto Neto da Silva Lima  
Rodrigo Silva Alves  
Victor Augusto da Costa Escarela  
Elivânia Maria Sousa Nascimento  
Carlos Alessandro Chioderoli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230613>

**CAPÍTULO 14..... 143**

MULTISPECTRAL REFLECTANCE AND GEOSTATISTIC METHODS TO ESTIMATE LEAF NITROGEN CONTENT AND COTTON YIELD

Ziany Neiva Brandão  
Célia Regina Grego  
Lúcio André de Castro Jorge  
Rodolfo Correa Manjolin


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230614>

**CAPÍTULO 15..... 155**

ESCARIFICAÇÃO E OSMOCONDICIONAMENTO DE SEMENTES DE *Passiflora alata* Curtis

Paula Aparecida Muniz de Lima  
Simone de Oliveira Lopes  
Rodrigo Sobreira Alexandre


Allan Rocha de Freitas  
Gilma Rosa do Nascimento  
Ingridh Medeiros Simões  
Joana Silva Costa  
Josiane Rodrigues de Almeida Coutinho  
José Carlos Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230615>

**CAPÍTULO 16..... 168**

*Colletotrichum tropicale* ASSOCIADO À ANTRACNOSE DO MARACUJAZEIRO NO BRASIL


Jackeline Laurentino da Silva  
Jaqueline Figueredo de Oliveira Costa  
Maria Jussara dos Santos da Silva  
Taciana Ferreira dos Santos  
Tiago Silva Lima  
Gaus Silvestre Andrade Lima  
Iraíldes Pereira Assunção

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230616>

**CAPÍTULO 17..... 177**

MODELAGEM HIDROLÓGICA E GESTÃO HÍDRICA O CASO - CÓRREGO BANDEIRA, NERÓPOLIS - GOIÁS

Mariane Rodrigues da Vitória  
Klaus de Oliveira Abdala

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230617>

**CAPÍTULO 18..... 192**

ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER DE ÁCIDOS HÚMICOS EXTRAÍDOS DE SOLOS SOB DIFERENTES COMPOSIÇÕES VEGETAIS NO SUL DO BRASIL


Luisa Natalia Parra Sierra  
Henrique Cesar Almeida  
Denice de Oliveira Almeida

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230618>

**CAPÍTULO 19..... 198**

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM TERMOGRAFIA EM UMA AGROINDÚSTRIA

Enerdan Fernando Dal Ponte  
Rosemar Cristiane Dal Ponte  
Carlos Eduardo Camargo Nogueira  
Jair Antônio Cruz Siqueira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230619>

**CAPÍTULO 20..... 205**

REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA ESTIMATIVA DA CARGA TÉRMICA RADIANTE

## NO INTERIOR DE GALPÕES

Pedro Hurtado de Mendoza Borges

Zaira Morais dos Santos Hurtado de Mendoza

Pedro Hurtado de Mendoza Morais

Charles Esteffan Cavalcante

Ronei Lopes dos Santos

Felipe Schmidt Ruver

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230620>

**SOBRE AS ORGANIZADORAS ..... 216**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 217**

## ANÁLISE DE IMAGEM APLICADA AO MONITORAMENTO DA FERRUGEM DA SOJA

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 08/04/2022

### Aguinaldo Soares de Oliveira

Universidade Federal de Rondonópolis,  
Engenharia Mecânica  
Rondonópolis – MT  
<http://lattes.cnpq.br/7771470538635423>

### Alexandra de Oliveira França Hayama

Universidade Federal de Rondonópolis,  
Engenharia Mecânica  
Rondonópolis – MT  
<http://lattes.cnpq.br/6333256547674137>

**RESUMO:** Novas técnicas de controle de pragas relacionadas às diversas culturas cultivadas tem-se tornado essencial para reduzir custos de produção e para melhorar a qualidade do produto obtido. Utilizando técnicas de análise de imagens, é possível realizar o controle de pragas em diversas culturas, como plantações de soja, por meio da obtenção de imagens aéreas utilizando, por exemplo, drones. Uma imagem quando digitalizada possui, dependendo de seu formato, ou seja, seu método de construção, três camadas chamadas RGB (*Red – Green - Blue*) que antecedem a imagem final a ser demonstrada em monitores, *displays* e impressoras. Conceitos de que a construção da imagem depende do tipo de sensor utilizado e considerando um sensor de imagem digital capaz de captar a luminosidade das imagens que nele são projetadas continuamente, tem-se o início do

processo de captura de um momento do tempo, denominado fotografia, ou para uma sequência de imagens ao longo do tempo. Para a captura de imagens em núcleos, é comum as câmeras de vídeo utilizarem três tipos de sensores, conhecidos como sistema 3CCD, onde cada sensor possui um filtro tri-cônico, e as câmeras fotográficas geralmente possuem um único sensor de imagem que agrupa a fotografia obtida sob um mosaico de filtros de luminosidade e cor. Dentro deste escopo procurou-se desenvolver uma rotina computacional que permita ao sojicultor monitorar e identificar o aparecimento de ferrugem asiática da soja nas fases iniciais, evitando assim o uso desnecessário de fungicidas, tendo como resultados a redução de custos e dos impactos ambientais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise de imagens, Monitoramento, Soja.

### IMAGE ANALYSIS APPLIED TO THE MONITORING OF SOYBEAN RUST

**ABSTRACT:** New pest control techniques related to different crops have become essential to reduce production costs and to improve the quality of the product obtained. Using image analysis techniques, it is possible to carry out pest control in various crops, such as soybean plantations, by obtaining aerial images using, for example, drones. An image when digitized has, depending on its format, three layers called RGB (*Red - Green - Blue*) that precede the final image to be demonstrated on monitors, *displays* and printers. Concepts that the construction of the image depends on the type of sensor used

and considering a digital image sensor capable of capturing the luminosity of the images that are continuously projected on it, there is the beginning of the process of capturing a moment of time, called photography, or for a sequence of images over time. For capturing images in cores, it is common for video cameras to use three types of sensors, known as the 3CCD system, where each sensor has a tri-conical filter, and still cameras usually have a single image sensor that groups the photograph obtained under a mosaic of luminosity and color filters. In this context, an attempt was made to develop a computational routine that allows soybean farmers to monitor and identify the appearance of Asian soybean rust in the early stages, thus avoiding the unnecessary use of fungicides, resulting in reduced costs and environmental impacts.

**KEYWORDS:** Image analysis, Monitoring, Soybean.

## 1 | INTRODUÇÃO

O cérebro humano, este possui duas áreas distintas, uma destinada à interpretação e criação de imagens e outra voltada para a linguagem. A área relacionada à interpretação e criação das imagens realiza o processamento das informações em paralelo, ou seja, capta, correlaciona e interpreta dados instantaneamente, essa zona cerebral é também responsável pelo pensamento criativo. A área voltada para a linguagem trabalha de forma sequencial, realizando a análise de uma única informação por vez, nessa zona cerebral são realizados os raciocínios lógicos. Antes de vir a manipular imagens, o computador atingia apenas a área da linguagem, ou seja, somente a zona do cérebro humano onde se realizam os raciocínios lógicos (JAIN, 1995).

O termo “computação gráfica” engloba todos os métodos e técnicas relacionados com a conversão de dados para dispositivos gráficos. Dessa forma, qualquer aplicação computacional que envolva imagens utiliza técnicas da computação gráfica. A computação gráfica é uma área bastante abrangente, já que a imagem pode ser tratada de inúmeras formas dependendo do método de análise aplicado, sendo possível utilizar esta ferramenta no controle de pragas em diversas culturas, como por exemplo, na cultura da soja.

A cultura da soja sofreu perdas de produtividade, devido ao ataque da ferrugem asiática da soja. Esta doença é causada por um fungo chamado *Phakopsora Pachyrhizi*. As perdas são estimadas em 8,5 milhões de toneladas de grãos no período de 2001 a 2004, segundo a EMBRAPA Soja (EMBRAPA, 2002). O monitoramento constante e a aplicação de fungicidas são as ferramentas utilizadas para seu controle.

Sabe-se que os herbicidas têm uma participação considerável na quantidade de agrotóxicos, chegando a 50% do valor das vendas totais e 49,6% da quantidade de produtos comerciais (TSUNECHIRO, FERREIRA, 2000), representando cerca de 10% do custo total de produção do milho e 24,8% dos custos relacionados à produção de soja. O faturamento da indústria de defensivos agrícolas em 2014 foi de US\$ 12,249 bilhões, dos quais US\$ 3,90 bilhões foram destinados à compra de herbicidas, ou seja, 31,9% do faturamento de 2014; desse montante, 53,7% foi destinado à cultura da soja para o controle de plantas

daninhas (SINDIVEG, 2016).

Segundo Miranda e colaboradores (2007), o uso generalizado desses produtos, o desconhecimento dos riscos associados ao seu uso, o conseqüente desrespeito às normas básicas de segurança, o livre comércio, a grande pressão comercial por parte de distribuidores e produtores e a os problemas sociais encontrados no meio rural são causas importantes que levam ao agravamento da contaminação humana e ambiental observada no Brasil.

Dessa forma, a utilização de computação gráfica, em específico, técnicas de análise de imagens, é possível identificar o fungo da ferrugem asiática nas lavouras de soja, pois a ferrugem se destaca da folha da soja por apresentar uma coloração diferente desta, sendo possível identificá-los por uma escala de cores. López-Garcia e colaboradores (2010), utilizaram metodologia matemática para identificar alterações no padrão de imagem considerado buscando identificar defeitos em cascas de frutas cítricas.

Bom desempenho e baixo custo são as vantagens dos processadores de sinal modernos. Esforços são aplicados para desenvolver sofisticados sistemas automatizados em tempo real com a finalidade de emular as habilidades humanas. Uma dessas habilidades é a visão, a energia contida no mundo tridimensional real em que vivemos é convertida em uma entidade bidimensional, chamada de imagem por um sensor eletrônico, como uma câmera de vídeo (SCHALKOFF, 1989).

Uma imagem quando digitalizada possui, dependendo de seu formato, ou seja, seu modo de construção, três camadas chamadas RGB (*Red – Green – Blue*) que constituem a imagem final a ser demonstrada em monitores, *displays* e impressoras. Considerando que a construção da imagem depende do tipo de sensor utilizado e considerando um sensor de imagem digital capaz de captar o brilho das imagens que nele são projetadas continuamente, tem-se o início do processo de captura de um momento no tempo, denominado fotografia, ou para uma sequência de imagens no tempo (BEER-SHEVA, 1996).

Dessa forma, o desenvolvimento de técnicas de processamento digital nos últimos anos possibilitou a implementação de muitas aplicações em diversas áreas de atuação e o objetivo deste trabalho é utilizar esses recursos disponíveis, atualmente a custos acessíveis, para identificar o fungo da ferrugem asiática na cultura da soja em sua fase inicial. Neste contexto, objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema que identifique a ferrugem asiática da soja alterando a cor das folhas. Essa alteração é reconhecida por um sistema digital de aquisição e processamento de imagens que identifica alterações na cor do espécime por meio da análise de matrizes RGB.

## 2 | METODOLOGIA

Para capturar imagens coloridas, é comum que as câmeras de vídeo utilizem três tipos de sensores, conhecidos como sistema 3CCD, onde cada sensor possui um filtro



tricônico. As câmeras fixas geralmente possuem um único sensor de imagem que agrupa seus *photosites* sob um mosaico de luminosidade e filtros de cor. Considerando que as informações contidas em um arquivo digital representam uma imagem e buscando analisar as informações matemáticas contidas neste arquivo digital, foram propostas técnicas para identificar alterações nas propriedades físicas mediante a utilização deste registro fotográfico.

De acordo com Jain (1995), os sistemas de visão artificial fornecem medidas e abstrações de propriedades geométricas por meio da seguinte equação.

$$\text{Visão} = \text{Geometria} + \text{Medições} + \text{Interpretações} \quad (1)$$

A matriz da imagem é composta por três camadas e deve ser decomposta para obter camadas RGB (*Red - Green - Blue*) (LÓPEZ-GARCIA *et al.*, 2010). A matriz RGB está na forma de uma matriz tridimensional. Nessa matriz, o número de linhas e colunas corresponde à resolução da imagem, ou seja, o número de *pixels* na imagem, portanto, quanto maior a dimensão da matriz, mais preciso será o resultado. Cada plano deve incluir os planos de cores vermelho, verde e azul. Dessa forma, a imagem [F] é composta por:

$$[F] = \begin{bmatrix} F_{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & & & \\ \vdots & & & \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & F_{12} & \dots & 0 \\ 0 & & & \\ \vdots & & & \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & & & \\ \vdots & & & \\ 0 & 0 & \dots & F_{NN} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Cada elemento  $F(x_1, x_2)$  é chamado de “unidade de *pixel*” ou simplesmente “*pixel*”. A matriz [F] não é necessariamente uma matriz quadrada. Cada cor no sistema RGB é identificada por uma ordem tripla (R, G, B). Segundo Jain (1995), tem-se:

$$0 \leq R \leq 255, 0 \leq G \leq 255, 0 \leq B \leq 255 \quad (3)$$

No sistema RGB cada cor é definida pela quantidade de vermelho, verde e azul, usando números inteiros entre 0 e 255 para especificar essas quantidades. A Figura 1 apresenta a estrutura de três camadas RGB.

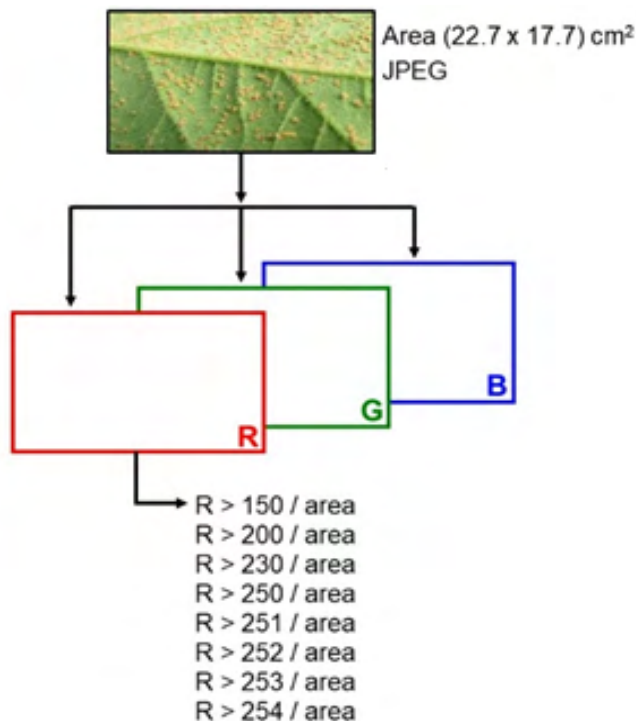


Figura 1. Camadas RGB.

Fonte: Imagem de folha de soja infestada pelo fungo *Phakopsora Pachyrhizi*: EMBRAPA (2002).

## 2.1 Resultados

Utilizando uma imagem de uma folha de soja infestada com o fungo *Phakopsora Pachyrhizi*, causador da Ferrugem da Soja Asiática, é possível realizar uma análise utilizando ferramentas computacionais, onde é possível diferenciar este fungo por uma escala de cores, sendo a mais clara correspondente a este. Para isso um arquivo JPEG com a imagem de uma folha infestada por este fungo, foi importado para o ambiente do programa computacional matemático utilizado, gerando uma matriz de 1325 x 1700 x 3 unidades de *pixels*.

A matriz da imagem foi decomposta em três camadas e cada camada foi vetorizada. A Figura 2a mostra um espécime já infestado pelo fungo *Phakopsora Pachyrhizi*, em estado avançado. A Figura 2b mostra o gráfico da camada vermelha com os valores de intensidade de cor relativos aos *pixels* 1325 x 1700 e a variação dos números inteiros de acordo com a tonalidade da cor vermelha. A Figura 2c é o complemento *bit a bit* da matriz da camada vermelha, onde é possível identificar as regiões com infestação do fungo em questão. Verifica-se que os resultados obtidos com a cor complementar da matriz da camada vermelha apresentaram boa concordância com a imagem do espécime já infestado

pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, sendo, portanto, possível identificar o fungo citado por este método.

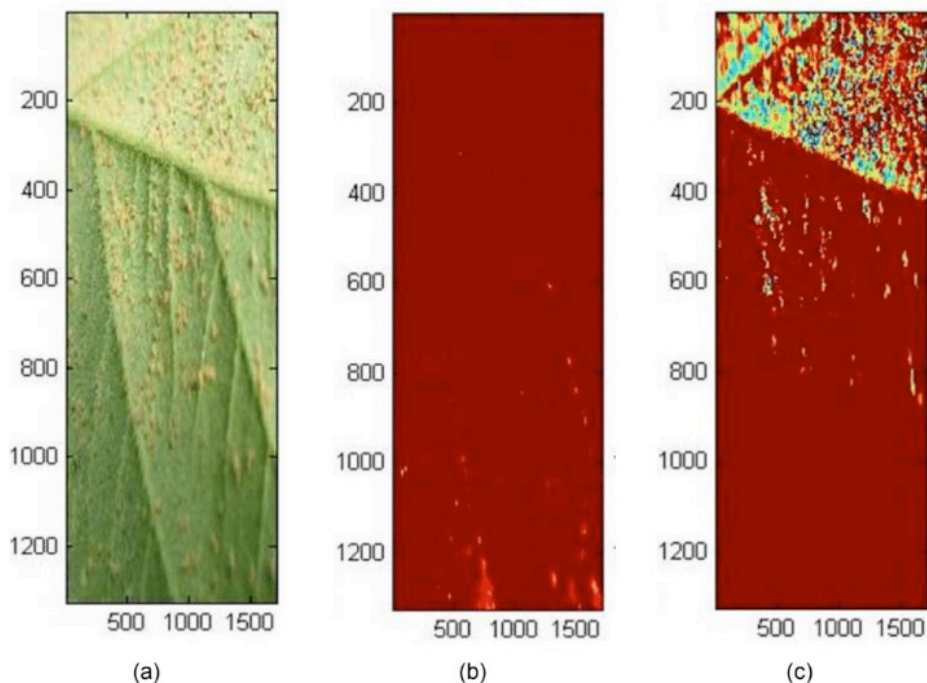


Figura 2. Ferrugem asiática da soja: (a) Espécime infestado pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* (EMBRAPA, 2002); (b) Mapa de cor vermelha; (c) Mapa de cor complementar.

A Figura 3a mostra um mapa de cor azul e a Figura 3b mostra o mapa de cores complementares verdes para as mesmas espécies infestadas de fungos da Figura 2a. A Figura 3b é o complemento *bit a bit* da matriz da camada verde, sendo este o mapa de cores que apresentou melhores resultados na identificação do fungo. Devido às barreiras sanitárias não foi possível obter imagens da infestação em vários estágios *in loco*, sendo utilizadas imagens disponíveis na página da EMBRAPA na internet, conforme referenciado.

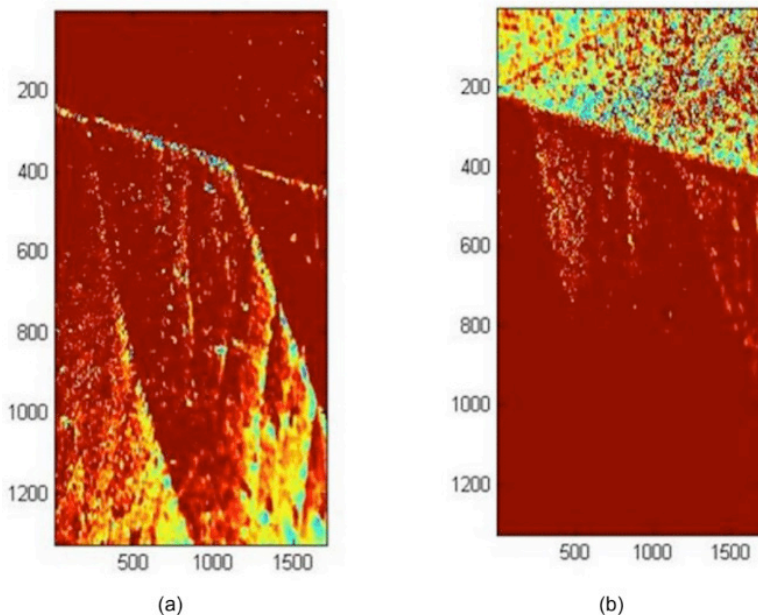


Figura 3. (a) Mapa de cor azul; (b) Mapa de cor complementar verde.

A Figura 4 apresenta resultados obtidos para um outro espécime de soja também infestado com o fungo *Phakopsora Pachyrhizi*. Verifica-se que utilizando a metodologia apresentada é possível identificar a presença do referido fungo sobre a folha da soja em diferentes imagens, o que demonstra que a procedimento aqui descrito é eficaz nesta identificação.

Com relação ao mapa de cores, verifica-se que devem ser examinados os mapas das 3 cores (vermelho, verde e azul) para verificar qual apresenta melhores resultados na identificação. No exemplo citado na Figura 4, o mapa de cores azul foi o que demonstrou o fungo citado com mais nitidez em relação à vizinhança não infestada. Os mapas de cores vermelho e verde, neste caso, não foram eficazes na identificação do fungo.

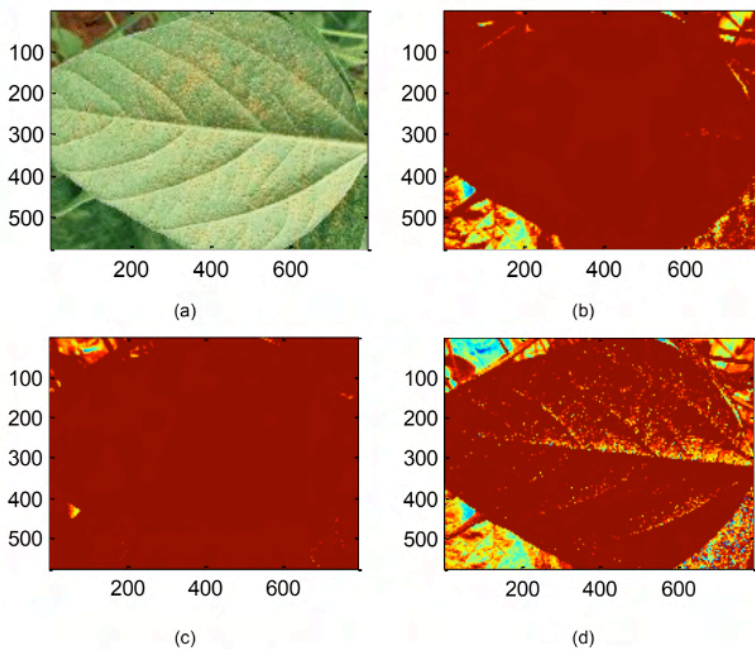


Figura 4. (a) Imagem original de folha de soja infestada com o fungo *Phakopsora Pachyrhizi* (GODOY, 2020); (b) Mapa de cor Vermelha; (c) Mapa de cor verde; (d) Mapa de cor azul.

A Tabela 1 apresenta os valores de R (matriz vermelha) de pontos por unidade de área ( $22,7 \times 17,7$ )  $\text{cm}^2$ , vetorizados maiores que 150 a 255. A camada vermelha foi utilizada porque, de acordo com Navarini (2007), a cor da lesão causada pelo fungo ferrugem asiático se aproxima da cor bronze, sendo o vermelho a cor mais proeminente.

Segundo Jain (1995), a cor bronze tem o valor de 205 para o vermelho e outros valores para o verde e o azul. Os resultados mostram que o número de *pixels* por unidade de área (*pixels/cm*<sup>2</sup>) diminui muito quando se aproxima do vermelho 255.

R>	Número de Pontos	<i>Pixels/cm</i> <sup>2</sup>
150	845810	$2.1 \times 10^3$
200	358375	891.94
230	66101	164.5
250	5052	12.5
251	4240	10.5
252	3529	8.78
253	2889	7.19
254	2340	5.8

Tabela 1. Valores do vetor R (camada vermelha).

O número de lesões causadas pelo *Phakopsora Pachyrhizi* é de cor bronze, portanto foram calculados vários valores de R por área para identificação de quando a infestação atinge o limite para o uso de fungicida.

Como o fungicida causa problemas ambientais, deve ser usado na hora certa. Segundo Navarini (2007), esse ponto é de 5,58 pústulas por cm<sup>2</sup>, que é aproximadamente o mesmo valor considerando *pixel* por cm<sup>2</sup>, considerando uma capacidade de aquisição de imagem utilizada de 800 x 600 *pixels* e resolução de aproximadamente 0,17 mm por *pixel* (JAIN, 1995), suficiente para capturar pequenas lesões em uma amostra bem abaixo de 2 mm (EMBRAPA, 2002).

Desse modo, de acordo com os resultados obtidos, verifica-se que o valor de R próximo a 200 mostra que a infestação, neste caso, é muito alta e o agrotóxico deve ser utilizado.

### 3 | CONCLUSÕES

As barreiras sanitárias impedem de se desenvolver experimentos em campo com vários estágios de infestações, pois poderia disseminar o fungo entre espécimes sadios. Entretanto, é possível obter imagens de instituições de pesquisas com vários níveis de infestação. Poderiam também ser obtidas imagens áreas captadas por drones, em campo de espécimes já infestados em vários níveis e ainda não submetidos a aplicações de fungicidas.

Verificou-se que o mapa de cores vermelho não se mostrou eficaz na identificação do fungo *Phakopsora Pachyrhizi*, uma vez que a lesão causada por este se aproxima da cor bronze, tendo o vermelho a cor mais acentuada. Verificou-se também que devem ser elaborados diferentes mapas de cores para analisar qual apresenta melhores resultados na identificação deste fungo.

Diante do apresentado, verifica-se que o método proposto mostrou-se capaz de detectar pequenos esporos no espécime e identificar esses pontos variando a intensidade da camada de matriz vermelha, que difere da cor de um espécime sem a doença. Assim, o método utiliza o número de pontos por área para verificar a quantidade de infestação e tomar a decisão de usar o fungicida no momento certo. Para melhores resultados seria recomendável monitorar a evolução de vários espécimes em diferentes graus de infestação em campo.

### REFERÊNCIAS

BEER-SHEVA, Israel. **Image motion restoration from a sequence of images**. Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, n. 35, p. 2898-2904, 1996.

EMBRAPA. **Ferrugem da soja: Phakopsora Pachyrhizi Sydow**. In: Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2003 Londrina: EMBRAPA Soja, 2002.

GODOY, Cláudia Vieira *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2019/2020: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** EMBRAPA, Londrina – PR, 2020.

JAIN, R. **Machinevision.** Estados Unidos, McGraw-Hill, 1995.

LÓPEZ-GARCIA, Fernando; ANDREU-GARCIA, Gabriela; BLASCO, José; ALEIXOS, Nuria; VALIENTE, José-Miguel. **Automatic detection of skin defects in citrus fruits using a multivariate image analysis approach.** Computers and Electronics in Agriculture, p. 189-197, 2010.

NAVARINI, Lucas. **Controle Químico da Ferrugem Asiática (*Phakopsora Pachyrhizi* Sydow) na cultura da soja.** Summa Pytopathol, Boutucatu, v. 33, n. 2, p.182-186, 2007.

SCHALKOFF, R. J. **Digital image processing and computer vision.** Singapore: John Wiley & Sons Inc., 1989.

SINDIVEG. **Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal**, Disponível em: <<http://www.sindiveg.org.br/sindiveg.php>. > Acesso em: 30 jun 2016.

TSUNECHIRO, A.; FERREIRA, C. R. R. P. T. **Mercado em alta.** Cultivar, Pelotas, v. 22, p. 22-24, 2000.

MIRANDA, Ary Carvalho de; MOREIRA, Josino Costa; CARVALHO, René de; PERES, Frederico. **Neoliberalismo, uso de agrotóxicos e a crise da soberania alimentar no Brasil.** Ciência & Saúde Coletiva, v. 12, n. 1, 2007.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

- Ácido acético 58, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 75  
Ácido giberélico 19, 22, 23, 26, 32, 33, 35, 37, 156, 157, 160, 163, 166  
Ácido propiônico 58, 66, 69, 70, 71  
Ácidos húmicos 192, 193, 196  
Ácidos orgânicos 53, 54, 56, 58, 59, 60, 61, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74  
*Agave sisalana* 129, 134, 137  
Agricultura de precisão 144  
Amostragem padrão 38  
Análise de imagens 88, 90  
Análises geoestatísticas 144  
Aproveitamento do resíduo 129, 130, 137

### B

- Bacia hidrográfica 177, 179, 180, 183, 185, 186, 187, 189, 190, 191

### C

- Cabeludinha 19, 20  
Calidad 1, 2, 8  
Câncer 98, 99, 100, 101, 102, 103  
Cartas de controle 138, 140, 141  
Colheita mecanizada 138, 139, 142, 144  
Conservação do solo 78, 79, 143  
*Cyclanthera pedata* L. 52, 53

### D

- Déficit hídrico 38, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 71, 75  
Descarga excêntrica 105, 106, 108, 124

### E

- Elaeocarpaceae 12, 17, 18  
Energia 17, 90, 125, 198, 199, 200, 201, 203, 204  
Estruturas de armazenamento 105

### F

- Filogenia multi-locus 168



Formação de professores 98  
FTIR 192, 193, 194, 195, 196

## G

GA<sub>3</sub> 19, 20, 23, 25, 26, 35, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164

## H

Híbrido 11648 129, 130, 131, 132, 134, 135, 136

## I

Imagens térmicas 198

Índice de vegetação da diferença normalizada 144

InVEST 87, 177, 178, 179, 181, 183, 185, 188, 198

## M

Maracujá doce 156, 157, 159

Marcadores 1, 3, 5, 7, 174, 201, 202, 203

Matéria orgânica do solo 83, 192, 193, 197

Método de amostragem aleatória 38, 48

Monitoramento 88, 89, 101, 177, 181, 188, 215

Motores elétricos 198, 199, 200, 204

## O

Olerículas 52

## P

Passifloraceae 36, 156, 165, 166, 168, 169

Patogenicidade 168, 170, 171, 172, 173

Prevenção 98, 99, 100, 101, 102, 103

Propriedades do solo 78, 79, 82

## R

Recalcitrância 12, 15

Rizogênese 20, 28, 31

## S

Sementes florestais 12

Soja 59, 65, 67, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 107, 110, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 139, 194, 196

Suco de sisal 129, 130, 132, 133, 135, 136

## V

Variabilidade espacial de nutrientes 144

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# **DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA CIENTÍFICA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRONOMIA**

## **3**

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA CIENTÍFICA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRONOMIA

## 3