



# ANAIS 2024



III WORKSHOP DE  
**INTELIGÊNCIA  
ARTIFICIAL**  
NO AGRO

04 e 05 de Dezembro | 2024

04/12 Anfiteatro Cyro Grossi | UEL

05/12 CDT | IDR-Paraná

LONDRINA, PR

# Anais do III Workshop de Inteligência Artificial no Agro

*4 e 5 de Dezembro de 2024*

*Londrina-PR, Brasil*

*Organização e edição:  
Bruno Bogaz Zarpelão (UEL)  
Natássya Barlate Floro da Silva (UTFPR)*

# Prefácio

É com grande satisfação que apresentamos os Anais do III Workshop de Inteligência Artificial no Agro, realizado nos dias 4 e 5 de dezembro de 2024. Em sua terceira edição, o evento reflete o contínuo crescimento e a importância da aplicação da Inteligência Artificial (IA) no setor agropecuário, promovendo a troca de conhecimentos entre pesquisadores, estudantes e profissionais da área. Neste ano, o workshop ocorreu em dois locais: o primeiro dia na Universidade Estadual de Londrina (UEL) e o segundo dia no Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-PR), ambos situados em Londrina, Paraná.

A chamada de resumos desta edição teve como objetivo incentivar a divulgação de pesquisas em andamento e concluídas na interface entre IA e agricultura. Os trabalhos submetidos passaram por um processo de avaliação criterioso, e os resumos aceitos representam a diversidade e o potencial dessa área de pesquisa. Os autores tiveram a oportunidade de apresentar seus trabalhos no formato de pôster durante o evento, fomentando discussões e colaborações.

Os resumos aceitos abordam temas relevantes e inovadores que demonstram a ampla aplicabilidade da Inteligência Artificial no setor agropecuário. Entre os tópicos apresentados, destacamos primeiramente o uso de técnicas de inteligência artificial para o desenvolvimento de índices de qualidade do solo, proposto por Martins et al., e a quantificação de carbono nessas superfícies, foco do trabalho de Ribeiro et al. A agrometeorologia também foi abordada. O trabalho de Takaki e Zarpelão apresentou uma solução para automatizar a escolha de parâmetros para o método ARIMA na previsão de séries agrometeorológicas. Já Barros et al. aplicaram técnicas de aprendizado para melhorar as estimativas de precipitação a partir de dados de refletividade de radar.

Os trabalhos voltados ao combate e manejo de pragas na agricultura receberam atenção significativa. Silva et al. apresentaram uma solução para automatizar o uso de microscópios na detecção de ferrugem asiática da soja. Outros dois trabalhos procuraram entender o comportamento dessas patologias, incluindo o desenvolvimento de modelos preditivos para acompanhar a movimentação dos esporos da ferrugem asiática, por Dias et al., e a realização de simulações numéricas da dispersão dos esporos dessa doença devido às frentes frias no Paraná, por Belinelli et al. Por fim, destacamos os trabalhos em que Ramos et al. utilizaram ferramentas de visão computacional para detectar doenças na cultura do milho e Kophal et al. para identificar insetos na cultura de soja. A visão computacional também foi aplicada no trabalho de Ortoncelli et al. para a detecção de entrelinhas de plantio e uso dessas informações para automatizar a utilização de máquinas agrícolas voltadas a pequenos produtores. O monitoramento do comportamento animal se juntou aos outros tópicos discutidos no evento. O trabalho de Bertotti et al. propôs um sistema não invasivo para a aquisição de sinais biológicos de ruminantes a fim de reconhecer padrões de ingestão.

Sistemas de informação geográfica são naturalmente um tópico de interesse no ramo da agricultura digital. O trabalho de Caporusso e Kaster propõe um fluxo de trabalho que visa facilitar o uso de ferramentas complexas para gestão de mapas na agricultura. Outra ferramenta que deve ser bastante empregada na intersecção entre inteligência artificial e agricultura são os modelos de IA generativa. O trabalho de Toesca et al. investigou a possibilidade de utilizar o modelo GPT para realização de análises estatísticas em experimentação agrônoma. Por fim,

Messas e Zarpelão propuseram uma abordagem para a modelagem de ameaças de cibersegurança a ser utilizada no desenvolvimento de ferramentas de IA, com testes já realizados em ferramentas do Centro de Inteligência Artificial no Agro (CIA-Agro).

Gostaríamos de agradecer a todos os participantes, autores e avaliadores que contribuíram para o sucesso deste workshop. Nosso agradecimento especial ao comitê organizador e às instituições que apoiaram o evento, tornando possível a realização deste encontro.

Esperamos que estes anais sirvam como uma fonte de inspiração e referência para futuras pesquisas e aplicações de Inteligência Artificial no Agro. Que as ideias aqui apresentadas impulsionem novas descobertas e colaborações na busca por soluções inovadoras para os desafios do agronegócio.

Desejamos a todos uma excelente leitura!

Bruno Bogaz Zarpelão (Universidade Estadual de Londrina)

Natássya Barlate Floro da Silva (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)

# Comissão Científica

## **Coordenadores:**

- Bruno Bogaz Zarpelão (Universidade Estadual de Londrina)
- Natássya Barlate Floro da Silva (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)

## **Membros:**

- Anderson de Toledo (Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná)
- Daniel dos Santos Kaster (Universidade Estadual de Londrina)
- Fabrício Martins Lopes (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)
- Karla Braga de Oliveira (Universidade Estadual de Londrina)
- Marcelo Giovanetti Canteri (Universidade Estadual de Londrina)
- Maurício Meyer (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária)

# Sumário

Prefácio	1
Comissão Científica	3
Aprimoramento da qualidade do solo para aumento da produtividade agrícola com Inteligência Artificial ( <i>A.H.G. Martins et al.</i> )	7
AutoARIMA para configurar automaticamente modelos de predição de séries temporais agrometeorológicas ( <i>L.T. Takaki; B.B. Zarpelão</i> )	9
Automatização do processo de geração de mapas utilizando uma arquitetura orientada a fluxos ( <i>B.B. Caporusso; D.S. Kaster</i> )	11
Comparação entre regressão por Redes Neurais Artificiais (RNA) e Mínimos Quadrados Parciais (PLS) para quantificação de carbono orgânico do solo (SOC) por meio do espectro de EDXRF ( <i>J.V. Ribeiro et al.</i> )	13
Estimativa do volume de chuva a partir de imagens de radar utilizando técnicas de Ciência de Dados ( <i>M.T.A. de Barros et al.</i> )	15
Integração de Automação de Microscópios e Redes Neurais na Detecção Automática da Ferrugem Asiática da Soja ( <i>L.O.L. Silva et al.</i> )	17
Proposta de modelo preditivo espaço-temporal de movimentação de esporos da ferrugem asiática ( <i>M.V.P. Dias et al.</i> )	19
Reconhecimento de Padrões Ingestivos em Ruminantes utilizando Eletromiografia de Superfície ( <i>F.L. Bertotti et al.</i> )	21
Redes Neurais Convolucionais como métodos de detecção de doenças na cultura do milho ( <i>Y.G. Ramos et al.</i> )	23
sAlfe: uma Abordagem Leve de Modelagem de Ameaças para Apoiar o Desenvolvimento de Aplicações de Aprendizado de Máquina ( <i>G.E. Messas; B.B. Zarpelão</i> )	25
Segmentação de Entrelinhas de Plantio: projeto de soluções focadas para pequenos produtores ( <i>A.R. Ortoncelli et al.</i> )	27
Simulação da dispersão da ferrugem asiática no Paraná devido às frentes frias ( <i>E.O. Belinelli et al.</i> )	28

**Uso de Visão Computacional para Identificação de Insetos de Importância Agrícola no Contexto do Manejo Integrado de Pragas da Soja** (*G.H. Kophal et al.*) 30

**VERDATA: Um GPT Personalizado para Análises Estatísticas em Experimentação Agronômica** (*T.B. Toesca et al.*) 32

# Resumos

## **Aprimoramento da qualidade do solo para aumento da produtividade agrícola com Inteligência Artificial**

**Arthur Henrique Gomes Martins<sup>1</sup>, João Gabriel Rodrigues da Silva<sup>1</sup>, Lucas Otávio Leme Silva<sup>2</sup>, Conrado Fioretto<sup>3</sup>, Fabrício Martins Lopes<sup>2</sup>, Daniel dos Santos Kaster<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Computação – Universidade Estadual de Londrina (UEL)  
Londrina-PR

<sup>2</sup>Departamento Acadêmico de Computação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)  
Cornélio Procópio-PR

<sup>3</sup>Laborsolo - Londrina-PR

{arthur.martins, dskaster}@uel.br, fabricio@utfpr.edu.br,  
{joaogabrielrodrigues1, lucasotavio750}@gmail.com,  
conrado@laborsolo.com.br

A saúde e a qualidade do solo são essenciais para garantir a sustentabilidade e a produtividade na agricultura moderna. Um solo saudável sustenta um ecossistema equilibrado e resiliente. Sua qualidade pode ser influenciada por fatores naturais, como clima e topologia, ou por intervenções humanas, de acordo com as práticas de cultivo ao longo do tempo. Assim, um manejo adequado impacta diretamente a qualidade do solo, tornando-o mais resistente a condições adversas e aumentando a produtividade agrícola. Para avaliar essa qualidade, foram desenvolvidas ferramentas como o Índice de Qualidade do Solo (IQS), que atua como direcionador eficaz de recursos ao fornecer diagnósticos sobre limitações e potencialidades do solo. Neste contexto, a computação, a Inteligência Artificial (IA) e a estatística se tornam aliadas no desenvolvimento e nas análises dessas ferramentas a fim de buscar o aumento da produtividade de acordo com o solo. O objetivo deste trabalho é utilizar modelos estatísticos e de IA para analisar e interpretar dados químicos, físicos e biológicos de forma a indicar a qualidade e a saúde de determinado solo, oferecendo suporte para práticas de manejo mais eficazes que promovam a melhoria do solo e, principalmente, o aumento da produtividade agrícola de maneira sustentável a longo prazo. A abordagem consiste em identificar os elementos-chave que se correlacionam com a produtividade, analisando como a variação de cada elemento pode impactar outros fatores do solo. O estudo visa, portanto, orientar os produtores sobre quais elementos priorizar no manejo para otimizar o rendimento agrícola. Para isso, foi realizada uma revisão de literatura sobre as ferramentas e modelos de qualidade de solo existentes no mercado, como o IQS da Embrapa e da Universidade de Cornell nos Estados Unidos. Essa revisão permitiu compreender o uso de meios estatísticos de distribuição, as formas de cálculo da qualidade do solo e os elementos importantes para a manutenção da saúde do solo. Além disso, foi realizada uma etapa de engenharia de dados, incluindo a limpeza e a organização das informações, e está em andamento uma análise estatística para a discretização dos

dados. A discretização tem por justificativa a pequena quantidade de dados com produtividade disponíveis, e também a observação de que a literatura existente, muitas vezes, trabalha com faixas de valores. Essas atividades possibilitam uma compreensão mais precisa do comportamento dos dados em diferentes contextos como profundidade, tipo de solo, quantidade de matéria orgânica e capacidade de troca de cátions. A discretização combinando essas características proverá uma melhor distinção entre as classes. Os dados utilizados englobam uma série de análises químicas, físicas e biológicas realizadas pela Laborsolo ao longo dos últimos anos. Os próximos passos incluem análises estatísticas multivariadas como informação mútua e correlação entre elementos, além de modelos de regressão, observando o comportamento dessas análises sobre a produtividade. Em síntese, conclui-se que a qualidade do solo é essencial para a produtividade agrícola e que o uso de modelos de IA e estatística pode direcionar práticas de manejo eficientes. Resultados preliminares indicam informações valiosas para o avanço do projeto, em prol do objetivo principal.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem a Laborsolo pelo apoio financeiro ao projeto.

### **Referências Bibliográficas**

- AGRICULTURE, U. D. of. Soil Health | Natural Resources Conservation Service. 2024. <https://www.nrcs.usda.gov/conservation-basics/natural-resource-concerns/soils/soil-health>
- MENDES, I. d. C.; CHAER, G. M. Uma maneira simples e eficiente. 2021.
- MOEBIUS-CLUNE, B. N. et al. Comprehensive Assessment of Soil Health - The Cornell Framework. Geneva, NY: [s.n.], 2016.

## **AutoARIMA para configurar automaticamente modelos de predição de séries temporais agrometeorológicas**

**Laís Tie Takaki<sup>1</sup>, Bruno Bogaz Zarpelão<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Computação – Universidade Estadual de Londrina (UEL)  
Londrina-PR

{laistie.takaki, brunozarpelao}@uel.br

O modelo estatístico ARIMA é uma abordagem clássica para a predição de séries temporais, permitindo estimar valores futuros com base em dados históricos. Esse modelo autorregressivo busca capturar padrões de dependência temporal para, então, realizar a projeção de variáveis como temperatura, pressão atmosférica ou precipitação ao longo do tempo. Além disso, sua eficiência se dá especialmente pela integração dos dados - a fim de se eliminar tendências e sazonalidades - e utilização da média móvel - capturando-se as dependências de erros passados. A determinação desses fatores - autorregressão (p), integração (d) e média móvel (q) - é essencial para a aplicação do ARIMA e requer uma análise cuidadosa tanto da própria série temporal, quanto das funções de autocorrelação, utilizadas para identificar os padrões de dependência temporal nos dados. Por esse motivo, a definição dos termos p, d e q é um dos principais desafios para o processo de modelagem. Sendo assim, a utilização de métodos para automatizar a descoberta de uma ordem ideal para uma série facilita esse processo trabalhoso. Uma das soluções mais práticas para realizar essa tarefa é o auto-ARIMA, que busca determinar automaticamente os parâmetros para um modelo. O algoritmo testa diferentes combinações dos parâmetros p, d e q, avaliando o desempenho de cada modelo usando métricas de erro e critérios de seleção, como o Critério de Informação de Akaike (AIC), buscando sempre os minimizar. Nesse contexto, a escolha de um AIC menor traduz um maior equilíbrio entre precisão e simplicidade do modelo. Dessa forma, essa abordagem automatizada elimina a necessidade de se ajustar manualmente os parâmetros e de interpretar gráficos de autocorrelação, facilitando o uso do ARIMA e economizando tempo em séries com complexidade elevada. Para ilustrar a aplicação do modelo, foi utilizado o conjunto de dados com leituras de estações meteorológicas do IDR-Paraná. Os dados foram coletados a cada 15 minutos de janeiro a agosto de 2021 em Londrina. Nele, há registros de diversas variáveis, como temperatura, pressão, precipitação etc. Para o exemplo, foram utilizados os dados de temperatura média a 2m do solo. Ao aplicar o auto-ARIMA aos dados de janeiro a julho, obteve-se um modelo ARIMA(2,1,3). Nesse caso, valores atuais dessa série sazonal são dependentes dos dois valores anteriores e foi necessário realizar uma diferenciação (d=1) para que ela se tornasse estacionária. Além disso, o modelo utiliza uma média móvel de ordem 3, ou seja, considera os três erros passados para prever o valor atual da série. Por fim, as previsões para os primeiros 3 dias de agosto forneceram uma média das diferenças absoluta (MAE) de 2,39 e uma média dos quadrados das diferenças (MSE) de 10,92. Isso mostra que o ARIMA(2,1,3) para essa série apresenta pouca diferença absoluta entre os valores previstos e os reais, mas ainda assim foram observados erros grandes,

de até 8,62°C, apontados pelo MSE alto. Apesar das estatísticas, o auto-ARIMA é uma ferramenta ideal para se obter parâmetros a serem utilizados como ponto de partida e ajustados posteriormente.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Fundação Araucária pelo suporte financeiro e ao IDR-Paraná pela confiança e apoio fundamentais para o desenvolvimento do projeto.

### **Referências Bibliográficas**

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. Time Series Analysis: Forecasting and Control. San Francisco: Holden-Day, 1970. 553 p.

CHATFIELD, C. Time-Series Forecasting. Chapman and Hall/CRC, 2000.

JENNINGS MURAT KULAHCI, D. C. M. C. L. Introduction to Time Series Analysis and Forecasting. John Wiley Sons. Inc, 2008.

ARIYO, A. A.; ADEWUMI, A. O.; AYO, C. K. Stock price prediction using the arima model. In: 2014 UKSim-AMSS 16th International Conference on Computer Modelling and Simulation. 2014. p. 106–112.

OSPINA, R. et al. An overview of forecast analysis with arima models during the covid-19 pandemic: Methodology and case study in brazil. Mathematics, v. 11, n. 14, 2023. ISSN 2227-7390.

## **Automatização do processo de geração de mapas utilizando uma arquitetura orientada a fluxos**

**Beatriz Barrios Caporusso<sup>1</sup>, Daniel dos Santos Kaster<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Computação – Universidade Estadual de Londrina (UEL)  
Londrina-PR

beatriz.caporusso@uel.br, dskaster@uel.br

Os dados hoje são um dos recursos mais importantes para diversas áreas, incluindo a agricultura, onde podem transformar a forma como os produtores planejam e executam suas atividades. Isso porque eles podem ser usados para criar mapas agrícolas que trazem informações detalhadas sobre o solo, o clima e outras condições que impactam diretamente a produção, ajudando os produtores a entender melhor o que acontece nas suas áreas de plantio e a tomar decisões mais informadas e precisas. No entanto, produzir esses mapas agrícolas não é uma tarefa simples. A criação desses mapas exige um conhecimento técnico bem avançado e, muitas vezes, softwares especializados que são caros, como o ArcGIS e o QGIS, que demandam uma curva de aprendizado alta. Esse processo, então, pode se tornar inviável para muitos produtores ou técnicos que não têm acesso a esses recursos. Pensando nisso, surgiu a necessidade de criar uma forma mais fácil e acessível de gerar esses mapas, automatizando o processo para reduzir a complexidade e permitir que mais pessoas utilizem essa tecnologia, independentemente do nível de conhecimento ou dos recursos financeiros. Foi então que surgiu a ideia de desenvolver uma arquitetura orientada a fluxos para realizar esse trabalho de forma automatizada. Essa arquitetura integra diferentes softwares e bibliotecas de geoprocessamento que trabalham de forma conectada para simplificar todo o processo de criação dos mapas. Na prática, isso significa que várias tarefas são realizadas de forma automática e ordenada, usando ferramentas como o Apache NiFi e o Apache Airflow. O Apache NiFi é responsável pela parte inicial, que inclui o backup dos dados na nuvem e o pré-processamento. Ou seja, ele faz o armazenamento seguro dos dados e a preparação deles para a próxima etapa, onde vão ser tratados e organizados para análise. Em seguida, entra o Apache Airflow, que é responsável por automatizar outras tarefas, como a transformação e análise dos dados de forma mais avançada, coordenando os processos para garantir que os dados certos estejam disponíveis no momento certo. Sendo assim, espera-se que, ao final deste trabalho, o sistema esteja completamente implementado, com resultados fiéis à realidade e capazes de apoiar os produtores que utilizarem esse serviço. O primeiro caso em desenvolvimento é o de Zonas de Potencial Produtivo, mas a intenção é que, no futuro, outros casos igualmente importantes e necessários para a agricultura sejam incorporados.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Fundação Araucária pelo apoio financeiro concedido a este projeto, que possibilitou a realização das pesquisas e o desenvolvimento das soluções aqui apresentadas. O suporte oferecido foi essencial para a execução das atividades

propostas e para o alcance dos objetivos do trabalho, contribuindo para avanços significativos no uso de dados e tecnologia para a agricultura.

### **Referências Bibliográficas**

Dornik, A., Chețan, M. A., Drăguț, L., Iliuță, A., and Dicu, D. D. (2022) “Importance of the Mapping Unit on the Land Suitability Assessment for Agriculture,” \*Computers and Electronics in Agriculture\*, 201, 107305.

## **Comparação entre regressão por Redes Neurais Artificiais (RNA) e Mínimos Quadrados Parciais (PLS) para quantificação de carbono orgânico do solo (SOC) por meio do espectro de EDXRF**

**José Vinícius Ribeiro<sup>1\*</sup>, José Francirlei de Oliveira<sup>2</sup>, Graziela M.C. Barbosa<sup>2</sup>, Fábio Luiz Melquiades<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratório de Física Nuclear Aplicada, Universidade Estadual de Londrina (UEL)

<sup>2</sup>Departamento de solos, Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná)

[\\*j.viniciusribeiro15@uel.br](mailto:j.viniciusribeiro15@uel.br)

O teor de matéria orgânica (MO) nos solos é de fundamental importância para a agricultura. A MO melhora o ambiente físico e químico do solo ao reter umidade, fornecer nutrientes e, assim, apoiar o crescimento das plantas. Assim, análises periódicas para manter níveis adequados de MO do solo aumentam as chances de uma boa colheita [1]. A determinação indireta da MO através do teor de Carbono Orgânico do Solo (COS) é realizada pela maioria dos laboratórios de solo no Brasil usando o método de *Walkley-Black* (WB). Neste método, a conversão de SOC para MO é realizada pelo fator de van Bemmelen, estabelecido como 1,724 ( $MO = 1,724 \times SOC$ ), com base na suposição de que 58% do C é da MO [2]. No entanto, embora este método seja preciso, ele tem algumas desvantagens, como preparação de amostra difícil, é demorado, usa reagentes e gera uma quantidade significativa de resíduos que devem ser descartados adequadamente. Essas questões levaram ao desenvolvimento de metodologias mais rápidas e baratas baseadas na química verde, que tem ocupado um espaço significativo nas pesquisas voltadas para esta causa [3]. Sensores de Solo Proximais (PSS) baseados em técnicas espectral-analíticas como fluorescência de raios X dispersiva de energia (EXRF) combinadas com algoritmos de aprendizado de máquina (ML) demonstraram ser capazes de estimar vários atributos de fertilidade de amostras de solo de forma rápida e menos dispendiosa [3]. EDXRF é um método analítico que explora o efeito fotoelétrico para extrair informações multi-elementares dos raios X característicos emitidos por uma amostra devidamente excitada. Nesta perspectiva, a ideia é usar os métodos EDXRF e WB para determinar o SOC do número mínimo de amostras necessárias para o treinamento e validação do modelo ML com um nível desejado de precisão. Posteriormente, apenas a leitura espectral EDXRF de novas amostras de solo da mesma área de estudo e preparadas no mesmo procedimento é necessária para estimar o SOC. Essa abordagem é promissora para a avaliação da fertilidade do solo local e pode reduzir o conjunto de amostras enviadas para tratamentos úmidos convencionais. Portanto, este estudo tem como objetivo comparar o desempenho preditivo da regressão Linear de Mínimos Quadrados Parciais (PLS) e da regressão de Rede Neural Artificial (RNA) para a quantificação de SOC por meio do espectro bruto de EDXRF. 394 espectros de amostras de solo de uma área usada para cultivo agrícola foram usados para modelagem. O número ótimo de variáveis latentes no modelo PLS foi selecionado pelo erro quadrático médio (RMSE) mínimo de

validação cruzada de 10 vezes. Os modelos RNA foram baseados na arquitetura *Multi-Layer Perceptron* com algoritmo *Backpropagation*. A função de ativação (*sigmoid*), o número de camadas (1), de neurônios (10), taxa de aprendizado (0.002), erro máximo tolerado ( $0.6 \text{ g kg}^{-1}$ ) e número de épocas (66) foram definidos por uma grade de pesquisa. No geral, os modelos RNA mostraram desempenho preditivo aproximadamente 10% maior em comparação aos modelos PLS com base no coeficiente de melhoria relativa. Enquanto o modelo de ANN apresentou um  $R^2$  de predição de 0.84, RMSE de predição de  $1.74 \text{ g kg}^{-1}$  e Bias de predição de 0.28, o modelo PLS teve um  $R^2$  de predição de 0.78, RMSE de predição de  $1.92 \text{ g kg}^{-1}$  e Bias de predição de 0.37. Por outro lado, ambos os modelos foram classificados como adequados para análise quantitativa (com base nos intervalos de Razão de Desempenho para Desvio) e não apresentaram viés (testado pelo Bias preditivo com um nível de significância de 95%). Esses achados demonstraram que ambos os algoritmos podem ser empregados na análise de SOC de solo local para acelerar os resultados e tornar mais ágil a decisão relacionada ao uso de fertilizantes e outros produtos para correção do solo, favorecendo maior produtividade e redução de procedimentos ambientalmente hostis. Além disso, é importante destacar que, embora a RNA tenha tido melhor desempenho que o PLS, ambos os algoritmos foram considerados equivalentes dentro do limite de 95% de confiança através do teste de randomização.

### Referências Bibliográficas

- [1] T. Bhattacharyya et al., “Walkley-Black Recovery Factor to Reassess Soil Organic Matter: Indo-Gangetic Plains and Black Soil Region of India Case Studies,” *Commun Soil Sci Plant Anal*, vol. 46, no. 20, pp. 2628–2648, Nov. 2015, doi: 10.1080/00103624.2015.1089265.
- [2] F. Morona, et al., “Quantification of Organic Matter in Agricultural Soils from the Central Region of Paraná State, Brazil,” *Commun Soil Sci Plant Anal*, vol. 48, no. 19, pp. 2288–2293, Oct. 2017, doi: 10.1080/00103624.2017.1411505.
- [3] J. V. Ribeiro, et al., “Optimization of pXRF instrumentation conditions and multivariate modeling in soil fertility attributes determination,” *Spectrochim Acta Part B At Spectrosc*, vol. 211, p. 106835, Nov. 2024, doi: 10.1016/j.sab.2023.106835.
- [4] R.A. Viscarra Rossel, et al., Determining the composition of mineral-organic mixes using UV–vis–NIR diffuse reflectance spectroscopy, *Geoderma* 137 (1–2) (Dec. 2006) 70–82, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.07.004>.

## **Estimativa do volume de chuva a partir de imagens de radar utilizando técnicas de Ciência de Dados**

**Marco Túlio Alves de Barros<sup>1</sup>, Daniel dos Santos Kaster<sup>1</sup>, Pablo Ricardo Nitsche<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Computação – Universidade Estadual de Londrina (UEL)  
Londrina-PR

<sup>2</sup>Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - Londrina (IDR-PR)  
Londrina-PR

{marcotulio.barros, dskaster}@uel.br, pablo.nitsche@idr.pr.gov.br

A estimativa de precipitação a partir de dados de refletividade de radar é um problema complexo e relevante na meteorologia, essencial para antecipar eventos climáticos e melhorar a gestão de recursos hídricos. A fórmula Marshall-Palmer, amplamente utilizada na literatura, é uma abordagem tradicional que relaciona a refletividade de radar (em dBZ) com a intensidade da chuva. Contudo, apesar de ser uma referência, ela possui limitações em sua precisão, especialmente em diferentes contextos regionais e condições meteorológicas variadas. O objetivo desta pesquisa foi desenvolver um método mais robusto para estimar a precipitação a partir de dados de refletividade, superando as limitações observadas na fórmula de Marshall-Palmer. Nossa proposta consistiu em analisar diferentes abordagens baseadas em aprendizado de máquina, buscando não apenas uma solução única, mas uma que pudesse ser adaptada e refinada para contextos específicos, como intervalos de chuvas e padrões sazonais. O projeto foi desenvolvido em várias etapas. Inicialmente, houve uma coleta de dados meteorológicos com foco na refletividade de radar e nas medições de precipitação, seguida de uma extensa análise exploratória para identificar padrões e outliers nos dados. Diversas técnicas de pré-processamento foram aplicadas, incluindo a remoção de valores atípicos extremos e a aplicação de filtros para garantir a qualidade dos dados. A modelagem do problema envolveu o uso de diferentes algoritmos de aprendizado de máquina para prever os valores de precipitação. O primeiro modelo foi um treinamento com todo o conjunto de dados, focado apenas na relação entre a refletividade e a precipitação. Em seguida, dividimos o conjunto de dados em submodelos, onde as previsões foram refinadas com base em intervalos de chuva como parâmetro de corte. Essa abordagem buscou capturar melhor as nuances dos dados e adaptar o modelo às variações de intensidade de chuva. Os resultados desta pesquisa superaram a precisão obtida pela fórmula Marshall-Palmer, mostrando uma redução significativa nos erros de estimativa. Os percentuais de erro absolutos médios foram: 1) Modelo tradicional da literatura (Marshall-Palmer): 153% (19mm); 2) Aprendizado de máquina com o dataset completo baseado em refletividade: 70% (7.3mm); 3) Aprendizado de máquina segmentado com submodelos por intervalos de chuva: 42% (5.2mm). Assim, embora os resultados indiquem uma melhoria em relação à literatura existente, ainda há espaço para avanços. Concluimos que a aplicação de aprendizado de máquina para a estimativa de precipitação, especialmente quando combinada com abordagens que levam em

consideração submodelos e parâmetros de corte, oferece resultados mais precisos e adaptáveis do que métodos tradicionais. No entanto, os modelos podem ser aperfeiçoados com mais dados e maior sofisticação na segmentação e pré-processamento. A continuidade deste trabalho poderia focar na inclusão de variáveis adicionais e na construção de modelos mais complexos que integrem dados temporais e espaciais para otimizar a estimativa de eventos extremos e padrões meteorológicos regionais.

### **Agradecimentos**

Agradecemos à Fundação Araucária e ao Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - IDR/PR pelo apoio essencial e incentivo à pesquisa, que possibilitaram o desenvolvimento e a execução deste projeto.

### **Referências Bibliográficas**

- NASCIMENTO, O. P. d. Técnicas De Armazenamento e Consulta De Dados De Precipitação Obtidos Por Meio De Imagens De Radar. Londrina, 2023.
- MARSHALL, John S.; PALMER, W. Mc K. The distribution of raindrops with size. *Journal of Atmospheric Sciences*, v. 5, n. 4, p. 165-166, 1948.
- FISER, Ondrej; REJFEK, Lubos; BRAZDA, Vladimir. On forward and backward scattering from fog and rain drops. In: *Conference on Microwave Techniques (COMITE)*, 2013, [Local da conferência]. Anais [...]. IEEE, 2013. p. 152-155.

## **Integração de Automação de Microscópios e Redes Neurais na Detecção Automática da Ferrugem Asiática da Soja**

**Lucas Otávio L. Silva<sup>1</sup>, Messias Xavier<sup>1</sup>, Cesar Augusto Dias Batista<sup>1</sup>, Antonio Carlos<sup>1</sup>, Fabricio Martins Lopes<sup>1</sup>, Edivan Jose Possamai<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento Acadêmico de Computação (DACOM)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Campus Cornélio Procópio

<sup>2</sup>Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, IDR-Paraná

Unidade Regional de Pato Branco

{lucasotavio, messiasmagalhaes, cesarb}@alunos.utfpr.edu.br {antonio, fabricio}@utfpr.edu.br

O fungo *Phakopsora Pachyrhizi* é o agente responsável pela patologia conhecida como ferrugem asiática da soja, a qual é uma das principais ameaças à produção de soja e responsável por perdas significativas nas lavouras. Diante desse problema, o Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná) desenvolveu o programa de monitoramento chamado de "Alerta Ferrugem" para monitorar a presença do fungo no estado. O monitoramento é realizado por meio de coletores de esporos distribuídos nas áreas de plantio, os quais utilizam lâminas de microscopia para capturar esporos presentes no ar. Contudo, a detecção da ferrugem asiática da soja requer a análise manual das lâminas por especialistas em laboratórios, que verificam a presença de esporos do fungo. Esse processo é demorado e repetitivo, podendo não acompanhar a velocidade de disseminação da doença. A ausência de monitoramento constante leva a utilização de fungicidas de forma preventiva. Visando contribuir neste contexto, foi desenvolvida uma abordagem que integra automação e redes neurais artificiais para acelerar o processo de detecção automática do esporo. Na parte de automação, os microscópios, antes operados manualmente pelos especialistas, foram automatizados para percorrer toda a lâmina com intervenção mínima humana. As peças necessárias para essa automatização foram modeladas utilizando o software SolidWorks e fabricadas com impressoras 3D. Além disso, uma metodologia foi desenvolvida para a visualização da lâmina em tempo real, permitindo também a marcação e o armazenamento de imagens que contenham o fungo identificadas pelos especialistas. Essas imagens foram utilizadas para criar um banco de dados curado, para o treinamento de uma rede neural convolucional baseada na arquitetura You Only Look Once (YOLO). as redes neurais convolucionais utilizam-se de propriedades geométricas. Uma delas é chamada de equivariância translacional, que faz com que um padrão aprendido pela rede pode ser detectado mesmo se a imagem sofrer translações. A segunda propriedade é chamado de estabilidade, na qual resulta no modelo conseguir detectar o *Phakopsora Pachyrhizi* mesmo com pequenas alterações em seu padrão de imagem, o que permite uma robustez maior do que utilizar apenas um perceptron multicamadas. Com o microscópio automatizado a lâmina é percorrida automaticamente e a rede neural detecta a presença de esporos de ferrugem, emitindo um alerta ao

especialista. Dessa forma, o especialista não precisa mais examinar toda a lâmina, reduzindo consideravelmente o tempo de análise.

### **Agradecimentos**

Este estudo foi financiado pela Fundação Araucária - NAPI - CIA-Agro (138/2021) e CNPq processos 440412/2022-6 e 408312/2023-8.

### **Referências Bibliográficas**

- OLIVEIRA, G. M. d. et al. Coletor de esporos: descrição, uso e resultados no manejo da ferrugem-asiática da soja. Londrina, 2020. 17 p. (Circular técnica, 167). Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/220504/1/Circ-Tec-167.pdf>>.
- REDMON, J. et al. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. [S.l.]: IEEE, 2016.
- M. M. Bronstein, J. Bruna, T. Cohen, and P. Veličković, “Geometric Deep Learning: Grids, Groups, Graphs, Geodesics, and Gauges,” May 02, 2021, arXiv: arXiv:2104.13478.

## **Proposta de modelo preditivo espaço-temporal de movimentação de esporos da ferrugem asiática**

**Marcos Vinicius Pretti Dias<sup>1</sup>, Rodrigo Mimura Shimomura<sup>1</sup>, Evandro Bacarin<sup>1</sup>, Daniel dos Santos Kaster<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Computação – Universidade Estadual de Londrina (UEL)  
Londrina-PR

marcosvinicius.pretti@uel.br dskaster@uel.br bacarin@uel.br

A ferrugem asiática é uma doença fúngica que afeta gravemente as plantações de soja, causando perdas significativas na produtividade e representando um desafio fitossanitário crítico. Causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, a doença se propaga através de esporos transportados pelo vento, especialmente sob condições climáticas favoráveis, tornando-se particularmente difícil de controlar e exigindo monitoramento constante e intervenções preventivas para mitigar seu impacto. Para auxiliar na previsão e controle da disseminação da ferrugem asiática, foram desenvolvidos modelos preditivos que simulam o movimento dos esporos pelo ar, visando identificar áreas de risco de infecção e possibilitar uma resposta fitossanitária mais ágil e precisa. Esses modelos buscam reproduzir o comportamento dos esporos considerando tanto a expansão natural em todas as direções quanto fatores adicionais, como aprendizado de datas de infecção e a influência de variáveis climáticas. Entre os modelos propostos estão o Modelo Circular com Toque (CGT), o Modelo CGT Plus (CGT+) e o Modelo de Crescimento Topológico (TG), que utilizam abordagens distintas para simular a propagação da doença. O Modelo Circular com Toque (CGT) considera a dispersão dos esporos por meio de uma fronteira circular que se expande a partir de um ponto de infecção inicial, criando regiões de infecção ao "tocar" áreas vizinhas, assumindo uma expansão contínua e homogênea. O Modelo CGT Plus (CGT+) é uma evolução do CGT, incorporando a detecção de infecção tanto por contato quanto por aprendizado de data, permitindo que o alastramento ocorra antes do toque da fronteira ou seja postergado até uma data programada, conferindo maior flexibilidade ao modelo. Por outro lado, o Modelo de Crescimento Topológico (TG) utiliza uma expansão baseada em padrões aprendidos de dispersão, simulando a direção e velocidade de alastramento de forma mais próxima da realidade, considerando indiretamente fatores como direção do vento e topologia do terreno. Além desses, outros métodos concorrentes, como o modelo matemático e o Random Forest, foram utilizados para comparar o desempenho. O modelo matemático utiliza variáveis meteorológicas, como direção e velocidade do vento, para prever a dispersão dos esporos com base em padrões físicos contínuos, enquanto o Random Forest, um modelo de aprendizado de máquina, identifica a presença de esporos a partir de dados históricos com base em latitude e longitude, oferecendo abordagens alternativas para estimar o risco de infecção, embora sem simular diretamente o comportamento espacial detalhado dos esporos.

O processo de validação dos modelos utilizou o mesmo conjunto de dados para garantir comparabilidade, incluindo registros históricos de infecção. As métricas F1 e a média de dias de erro foram calculadas com base nos resultados de previsão de infecção em áreas específicas. A métrica F1 avaliou o equilíbrio entre precisão e sensibilidade, essencial para medir a eficácia em prever infecções reais, enquanto a média de dias de erro mediu a discrepância temporal entre as previsões e as datas reais de infecção, refletindo a acurácia temporal. Os modelos CGT+ e TG demonstraram melhor desempenho, combinando alta F1 com menor erro médio, indicando maior precisão espacial e temporal na previsão da propagação dos esporos.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Fundação Araucária pelo suporte financeiro ao projeto

### **Referências Bibliográficas**

- BALBINO, H. T.; FORTES, L. T. G.; PARENTE, E. G. P. Avaliação do uso do modelo climático global do centro europeu para antecipar a estimativa do risco associado a epidemias da ferrugem asiática da soja. In: Third international symposium of climatology. [S.l.: s.n.], 2009.
- BELINELLI, E. O. et al. Numerical simulation of atmospheric transport of phakopsora pachyrhizi urediniospores in south america using the state of paraná-brazil as a model. *European Journal of Plant Pathology*, Springer, v. 163, n. 4, p. 979–990, 2022.
- MEGETO, G. A. et al. Árvore de decisão para classificação de ocorrências de ferrugem asiática em lavouras comerciais com base em variáveis meteorológicas. *Engenharia Agrícola*, SciELO Brasil, v. 34, p. 590–599, 2014.
- OLIVEIRA, G. M. de et al. Coletor de esporos: descrição, uso e resultados no manejo da ferrugem-asiática da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2020., 2020.
- WEN, L.; BOWEN, C.; HARTMAN, G. Prediction of short-distance aerial movement of phakopsora pachyrhizi urediniospores using machine learning. *Phytopathology*, Am Phytopath Society, v. 107, n. 10, p. 1187–1198, 2017.

## **Reconhecimento de Padrões Ingestivos em Ruminantes utilizando Eletromiografia de Superfície**

**Fabio Luiz Bertotti<sup>1</sup>, Cassio Slika Stella<sup>1</sup>, Gabriel Harres Pereira<sup>1</sup>, João Ari Gualberto Hill<sup>2</sup>, André Luis Finkler da Silveira<sup>2</sup>, Daniel Prado Campos<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Elétrica – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Pato Branco-PR

<sup>2</sup>Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, IDR-Paraná, Brazil

<sup>3</sup>Coordenação de Engenharia de Computação – Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Apucarana-PR

[bertotti@utfpr.edu.br](mailto:bertotti@utfpr.edu.br), [cstella@alunos.utfpr.edu.br](mailto:cstella@alunos.utfpr.edu.br),  
[gabrielpereiragw10@gmail.com](mailto:gabrielpereiragw10@gmail.com), [joaohill@iapar.br](mailto:joaohill@iapar.br), [andrefinkler@msn.com](mailto:andrefinkler@msn.com),  
[danielcampos@utfpr.edu.br](mailto:danielcampos@utfpr.edu.br)

O crescimento populacional ao longo dos anos demandará um aumento na produção de alimentos, incluindo carne, leite e derivados. Conseqüentemente, a produção animal deverá aumentar também. Nesse cenário, a monitorização do comportamento ingestivo em ruminantes contribui para melhorar os indicadores de saúde, bem-estar e produtividade animal. Soluções inovadoras envolvendo a aquisição de dados de sensores e a aplicação de Inteligência Artificial (IA) permitem aumentar a eficiência no processo produtivo e garantir sustentabilidade e respeito ao meio ambiente, seguindo os preceitos da pecuária de precisão e, conseqüentemente, da Agricultura 4.0. Dentre os diversos métodos existentes para avaliar o comportamento ingestivo de animais, destacam-se aqueles que empregam biossensores para quantificar as respostas comportamentais, fisiológicas e imunológicas. Tais biossensores podem ser aplicados na identificação de movimentos mandibulares de animais, incluindo sensores mecânicos, acústicos, acelerômetros e eletromiógrafos. Nossa pesquisa propôs e avaliou um sistema não invasivo para aquisição de sinais biológicos usando eletromiografia de superfície (sEMG) aplicada ao músculo masseter de ruminantes, com o uso de IA para o reconhecimento de padrões de ingestão. Ensaios foram realizados com vacas Jersey e caprinos para avaliar o desempenho do sistema e correlacionar os sinais mioelétricos com padrões ingestivos como: padrões mastigatórios de consumo ou ruminação; correlação entre características dos sinais mioelétricos e consumo de fibra; identificação do tipo e qualidade de pasto consumidos. Os resultados indicam precisão acima de 90% na diferenciação entre sinais oriundos de ruminação e mastigação, e até 70% na identificação do tipo de pasto consumido dentre cinco variedades. Além disso, o consumo de fibra foi estimado com coeficiente de determinação de 0,87, utilizando características dos sinais mioelétricos. Comparações com observação visual confirmaram a viabilidade do sistema como uma ferramenta robusta e prática para o monitoramento do comportamento ingestivo de ruminantes, oferecendo uma abordagem

precisa e automatizada para estimativas de ingestão e monitoramento comportamental em tempo real. Atualmente, o grupo de pesquisa está desenvolvendo um sistema de aquisição de baixo custo com envio das características do sinal via comunicação RF de longo alcance, empregando a tecnologia LoRa (*Long Range*), possibilitando a visualização de dados em tempo real pela internet.

### **Agradecimentos**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento. Os autores agradecem à Fundação Araucária pelo suporte financeiro ao projeto.

### **Referências Bibliográficas**

- Büchel, S., & Sundrum, A. (2014). Evaluation of a new system for measuring feeding behavior of dairy cows. *Computers and Electronics in Agriculture*, 108, 12-16
- Campos, D. P., Abatti, P. J., Bertotti, F. L., Hill, J. A. G., & Silveira, A. L. F. (2018). Surface electromyography segmentation and feature extraction for ingestive behavior recognition in ruminants. *Computers and Electronics in Agriculture*, 153, 325-333
- Campos, D. P., Abatti, P. J., Bertotti, F. L., Vieira, A. D. P., & Silveira, A. L. F. (2019). Short-term fibre intake estimation in goats using surface electromyography of the masseter muscle. *Biosystems Engineering*, 183, 209-220
- Campos, D. P., et al. (2019). Ingestive Pattern Recognition on Cattle Using EMG Segmentation and Feature Extraction. XXVI Brazilian Congress on Biomedical Engineering, 281-284
- Campos, D. P., et al. (2020). Single-Channel sEMG Dictionary Learning Classification of Ingestive Behavior on Cows. *IEEE Sensors Journal*, 20(13), 7199-7207

## **Redes Neurais Convolucionais como métodos de detecção de doenças na cultura do milho**

**Yuri Guerreiro Ramos<sup>1</sup>, Matheus Ortiz<sup>2</sup>, Marcelo Giovanetti Canteri<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Agronomia – Universidade Estadual de Londrina (UEL)  
Londrina-PR

<sup>2</sup>PPG Computação Aplicada – Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)  
Londrina-PR

yuri.guerreiro@uel.br, matheus7@gmail.com

A diagnose se refere à identificação de uma doença e do seu agente causal com base nos sintomas e sinais. Essa constatação de uma possível doença é realizada na lavoura, geralmente pelo produtor, técnico ou fitopatologista por meio da observação nas plantas afetadas. Este reconhecimento não deve ser confundido com a identificação do agente causal da doença, no entanto esta etapa preliminar é fundamental para nortear procedimentos posteriores. A correta diagnose e o conhecimento da epidemiologia da doença são pré-requisitos indispensáveis para definir as medidas para o seu manejo (BERGAMIN FILHO et al., 2018). Atualmente, os métodos de diagnóstico precoce envolvem a combinação das avaliações visuais com métodos mais atuais. Essa mudança se deu pelos avanços tecnológicos e redução nos custos na aquisição de imagens à campo, possibilitando a introdução de diferentes métodos de diagnóstico de doenças baseados na classificação de imagens (STRANGE et al., 2005). A inteligência computacional tem sido utilizada na identificação de padrões, reduzindo o número de identificações de rotina utilizadas por especialistas de diferentes áreas, sendo que a técnica de aprendizagem profunda (AP) tem sido aplicada na classificação de imagens (MARQUES et al., 2018). As redes neurais convolucionais (RNC) são arquiteturas de aprendizagem profunda que proporcionam a resolução de problemas de diferentes áreas do conhecimento. Neste contexto, objetivou-se verificar o potencial uso de redes convolucionais para a detecção de mancha branca, helmintosporiose e bipolaris na cultura do milho. As folhas foram coletadas em experimentos conduzidos na Fazenda Escola da Universidade estadual de Londrina (UEL), no município de Londrina, PR, na safrinha de 2022. Os híbridos desses experimentos eram o AG 8780, AG 9021 AG 9025 e Fórmula VIP. Foram destacadas e fotografadas, em ambiente com luminosidade artificial, folhas sadias de milho, folhas com mancha branca, helmintosporiose e bipolaris utilizando uma câmera de celular *smartphone*, marca Iphone, modelo X, Câmeras de 12 MP. As imagens tiveram o fundo removido através da ferramenta online Pixlr Remove BG e divididas horizontalmente em três partes pela ferramenta online Pinetools Bulk split image, resultando em 955 imagens de mancha branca, 67 de helmintosporiose, 733 de bipolaris e 365 de folhas sadias, totalizando 2.120 imagens. As arquiteturas de RNC utilizadas foram a VGG16, MobileNetV2 e um Modelo Manual. Cada modelo foi treinado com batch de tamanho 32 por 10 épocas, sem indícios de sobreajuste. A VGG16 foi a arquitetura de CNN com maior acurácia na

detecção de doenças na cultura do milho em todas as etapas, atingindo 96,76% no treinamento e 84,67% na validação. Como não foram aplicados aumento de dados nessa metodologia, há a possibilidade de se atingir resultados ainda melhores em trabalhos posteriores

### **Referências Bibliográficas**

Bergamin Filho, A., Amorim, L., Rezende, J. A. M. (2018) “Manual de Fitopatologia: Princípios e conceitos”, 5 ed, 528.

Marques, A. C. R. R., Raimundo, M. M., Cavalheiro, E. M. B., Salles, L. F. P., Lyra, C., Von Zuben, F. J. (2018) “Ant genera identification using an ensemble of convolutional neural networks” \*Public Library of Science (PLoS)\*, 13, 0192011.

Strange, R. N., Scott, P. R. (2005) “Plant disease: A threat to global food security. Annual Review of Phytopathology” \*Annual Reviews\*, 43, 83–116.

# **sAIfe: uma Abordagem Leve de Modelagem de Ameaças para Apoiar o Desenvolvimento de Aplicações de Aprendizado de Máquina**

**Gabriel E. Messas, Bruno B. Zarpelão**

Departamento de Computação – Universidade Estadual de Londrina (UEL)  
Londrina-PR

{gabriel\_messas, brunozarpelao}@uel.br

Com a crescente popularização do campo da Inteligência Artificial (IA), o desenvolvimento de sistemas que empregam, pelo menos, uma de suas subáreas também tem experimentado um grande aumento [1]. A recente adoção de técnicas de IA em sistemas comuns - como aplicativos para celular e equipamentos domésticos - requer um maior nível de atenção, a fim de garantir sua segurança e funcionamento adequado. Neste cenário, garantir o funcionamento adequado destas soluções culmina, na maioria dos casos, em garantir a segurança da aplicação e dos seus dados durante todo o ciclo de vida de desenvolvimento do software. Desenvolvedores de software, no entanto, muitas vezes consideram as tarefas relacionadas à segurança difíceis de aprender e executar [2], e frequentemente as deixam de lado. Além disso, os frameworks de modelagem de ameaças disponíveis são difíceis de integrar nos ciclos de vida de desenvolvimento de software atuais, que priorizam a agilidade e a automação em detrimento de análises e documentação extensas [3]. Este trabalho, portanto, propõe o sAIfe, um novo método de modelagem de ameaças para a análise de segurança de aplicações de IA/ML em desenvolvimento. A abordagem se diferencia ao fornecer etapas prescritivas claras, acompanhadas de um modelo gráfico de fácil compreensão e sugestões de remediação prontas para uso, o que simplifica e agiliza o processo de avaliação de risco para os programadores. O sAIfe permite a identificação de fragilidades potenciais em uma aplicação de IA, oferecendo soluções práticas para mitigar tais riscos de maneira eficiente e direcionada. Isso acontece à medida que o protocolo empregado foca o desenvolvedor como principal beneficiário, guiando-o através de uma análise e representação de sua aplicação sob desenvolvimento, que evidencia os componentes utilizados. Este passo é, então, seguido pela oferta de várias possíveis ameaças e soluções para esses componentes, bastando que o aplicante do método as escolha e aplique ao sistema. Foram realizados dois experimentos utilizando o sAIfe para sua validação. O primeiro baseou-se em um estudo de caso em uma aplicação real de IA, onde o método identificou diversas vulnerabilidades e apresentou opções detalhadas de mitigação. O segundo foi uma validação junto a desenvolvedores acadêmicos, que destacaram a eficácia do sAIfe quanto à facilidade de uso, clareza das etapas e agilidade na aplicação, reforçando sua aplicabilidade tanto no contexto acadêmico quanto prático.

## **Agradecimentos**

Este estudo foi financiado pela Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná, Brasil (Número da concessão 137/2021 - NAPI-Norte - CIA-Agro)

## **Referências Bibliográficas**

- [1] M. Ramos. (2024) Uso de inteligência artificial aumenta e alcança 72% das empresas, diz pesquisa. CNN Brasil, São Paulo, 10 out. 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/negocios/uso-de-inteligencia-artificial-aumenta-e-alcanca-72-das-empresas-diz-pesquisa/>. Acesso em: 4 nov. 2024.
- [2] Tran Nguyen. (2015). “Integrating Security into Agile Software Development Methods”. Disponível em: <https://www.umsl.edu/~sauterv/analysis/F2015/Integrating%20Security%20into%20Agile%20methodologies.html.htm> . Acesso em: 4 nov. 2024.
- [3] Paul Theurich, Josepha Witt, and Sebastian Richter. 2023. Practices and challenges of threat modelling in agile environments. Informatik Spektrum 46 (09 2023). <https://doi.org/10.1007/s00287-023-01549-5>

## Segmentação de Entrelinhas de Plantio: projeto de soluções focadas para pequenos produtores

André Roberto Ortoncelli<sup>1</sup>, Mateus dos Santos Piva<sup>1</sup>, Marlon Marcon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) campus Dois Vizinhos  
{ortoncelliI, marlonmarcon}@utfpr.edu.br, matheusdspiva@gmail.com

Entrelinhas são os espaços que separam as fileiras de plantas em uma área cultivada. A identificação precisa das entrelinhas é essencial para a navegação autônoma, uma tarefa desafiadora em ambientes rurais. O uso de implementos agrícolas deve ser feito com cuidado, pois, em caso de erros, pode haver danos às plantas, resultando em prejuízos financeiros. Atualmente, a visão computacional é amplamente empregada na identificação de entrelinhas, devido ao seu baixo custo e à precisão na análise de imagens [Bai et al., 2023]. Em estudos recentes em detecção de entrelinhas em plantações, focam principalmente nas grandes culturas agrícolas e nos contextos de produção de grandes agricultores. As soluções já desenvolvidas podem não ser viáveis para pequenos produtores. Os pequenos produtores de produtos orgânicos, por exemplo, não utilizam pulverizadores, podendo utilizar pequenas capinadeiras. Já os pequenos produtores de hortaliças operam em áreas menores, com cultivos diversificados e focados em rotas de comercialização de menor escala. O objetivo deste resumo é apresentar os esforços recentes e em andamento dos pesquisadores da UTFPR - campus Dois Vizinhos (UTFPR-DV), destacando os resultados de um projeto já concluído e de um projeto em desenvolvimento nesse contexto. O projeto concluído foi publicado este ano [Panizzon et al., 2024], em um trabalho no qual são relatados os resultados da detecção de entrelinhas no plantio de soja, com imagens coletadas de uma capinadeira operada manualmente. Utilizando técnicas de visão computacional, obtivemos uma acurácia de 65.6% na segmentação das entrelinhas de plantio, utilizando o Mask R-CNN. Mesmo com esse valor de acurácia, foi possível estimar adequadamente as linhas de plantio, gerando um modelo que pode ser utilizado para guiar a capinadeira em condições reais. Outro projeto em desenvolvimento na UTFPR-DV é focado na detecção de entrelinhas em plantações de cenoura. Um protótipo inicial de um veículo com quatro rodas foi desenvolvido, construído com barras de ferro e medindo 80 centímetros de altura, 120 centímetros de largura e 90 centímetros de comprimento. O objetivo é que, no futuro, o veículo possa carregar algum equipamento pulverizador e aplicar produtos apenas nas áreas com ervas daninhas, seguindo práticas de agricultura de precisão. Para isso, está sendo desenvolvido um modelo para detectar ervas daninhas e uma técnica de detecção de entrelinhas de plantio adequada para plantações de cenoura com plantas de diferentes idades. No futuro, pretende-se expandir a técnica para outras culturas.

### Referências Bibliográficas

- Bai, Y., Zhang, B., Xu, N., Zhou, J., Shi, J., and Diao, Z. (2023). Vision-based navigation and guidance for agricultural autonomous vehicles and robots: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*.
- Panizzon, J. I., Ortoncelli, A. R., Souza, A. C. C., Souza, F. C. M., Oliveira, R. A. P. (2024) Inter-Row Soybean Plantation Identification in Images to Support Automatic Alignment of a Weeder Machine. *Integrated Software and Hardware Seminar*.

## Simulação Numérica da Dispersão da Ferrugem Asiática no Paraná Devido às Frentes Frias

E. O. Belinelli<sup>1</sup>, P. L. Natti<sup>1</sup>, M. G. Canteri<sup>2</sup>, L. H. Fantin<sup>3</sup>, K. Braga<sup>3</sup>, E. R. Cirilo<sup>1</sup>,  
N. M. L. Romeiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Matemática – Universidade Estadual de Londrina (UEL)  
Londrina-PR

<sup>2</sup>Departamento de Agronomia – Universidade Estadual de Londrina (UEL)  
Londrina-PR

<sup>3</sup>Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Chapadão – Chapadão do Sul – MS

[edubelinelli@hotmail.com](mailto:edubelinelli@hotmail.com), {plnatti, canteri, ercirilo,  
karla.braga92}@uel.br, fantinagro@gmail.com

Este trabalho tem por objetivo simular o transporte atmosférico de esporos da ferrugem asiática no estado do Paraná, provenientes de regiões infectadas no Paraguai, devido à ocorrência de frentes frias. A hipótese de que os casos de ferrugem asiática nas plantações de soja que ocorrem anualmente no estado do Paraná, mesmo depois do período de vazio sanitário em território brasileiro, são ocasionados devido ao transporte atmosférico de esporos da ferrugem asiática provenientes do Paraguai por frentes frias, ainda não tem comprovação por meio de estudos matemáticos que correlacionem o avanço da doença nas plantações de soja no Paraná com a ocorrência das frentes frias. Neste contexto, o problema proposto foi modelado matematicamente por meio de uma equação diferencial parcial bidimensional de transporte com termos difusivo, convectivo e reativo. Utilizou-se o método de diferenças finitas para discretizar a equação de transporte. O esquema algébrico da discretização foi implementado na forma implícita, resultando em um sistema de equações lineares que foram resolvidas iterativamente pelo método de Gauss-Siedel. Em particular, para o termo convectivo da equação, utilizou-se o esquema *First Order Upwind* (FOU). Quanto aos elementos da discretização do domínio computacional, ou seja, da geometria do estado do Paraná, ela foi realizada por meio de elementos retangulares. Sobre às correntes atmosféricas no Paraná, normalmente elas ocorrem no sentido leste-oeste. Por outro lado, durante às frentes frias, as correntes de ar deslocam-se no sentido contrário, de oeste para o leste. De acordo com os dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), durante a safra 2018/2019 ocorreram 9 frentes frias principais nas seguintes datas: 25/10/2018, 27/10/2018, 01/11/2018, 23/11/2018, 01/12/2018, 22/12/2018, 05/01/2019, 15/01/2019 e 01/02/2019. As frentes frias e seus os campos de velocidades de ventos, nos períodos estudados, foram inseridos malha discretizada do estado do Paraná. Simulações numéricas do transporte de esporos de ferrugem asiática do Paraguai para o Paraná, devido aos ventos das frentes frias foram realizadas. Testes de verificação dos resultados numéricos foram realizados para todos os tempos considerados, mostrando que a solução numérica da equação diferencial convergiu para a solução do problema. Enfim, os cálculos numéricos consideraram que, após o transporte atmosférico dos esporos via frentes frias, são

necessários em média doze dias para que a doença seja confirmada nas plantações de soja. Assim, a partir de nossa modelagem matemática do problema proposto e das simulações numéricas realizadas verificou-se, de modo geral, que os casos de ferrugem asiática registrados ao longo do tempo pelo Consórcio Antiferrugem no estado do Paraná, durante a safra 2018/19, são temporalmente correlacionados com os resultados numéricos obtidos. Desse modo, os resultados obtidos podem auxiliar os agricultores na tomada de decisões sobre aplicações de fungicidas. Além disso, estratégias integradas têm sido sugeridas para auxiliar no manejo da doença, como semeadura precoce, cultivares resistentes e monitoramento de campo.

### Referências Bibliográficas

- Burden, R. L. and Faires, D. (2008), Numerical analysis, Cengage Learning, 8<sup>th</sup> edition.
- Belinelli, E.O., Natti, P.L., Romeiro, N.M.L., Cirilo, E.R., Fantin, L.H., Oliveira, K.B., Canteri, M.G. and Natti, E.R.T. (2020), “Geração de malha para descrever a dispersão da ferrugem da soja no Paraná”, In: Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País, Edited by Júlio Cesar Ribeiro, Atena editora, Ponta Grossa, 1<sup>st</sup> edition, v. 2, p. 225-239. <https://doi.org/10.22533/at.ed.602200207>
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://www.inpe.br>
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja>
- Belinelli, E. O., Fantin, L.H., Canteri, M.G., Braga, K., Cirilo, E. R., Romeiro, N. M. L. and Natti, P.L. (2022), Numerical simulation of atmospheric transport of *Phakopsora Pachyrhizi* urediniospores in South America using the state of Paraná-Brazil as a model. *European Journal of Plant Pathology*, v. 163, p. 1-12. <https://doi.org/10.1007/s10658-022-02533-7>

## **Uso de Visão Computacional para Identificação de Insetos de Importância Agrícola no Contexto do Manejo Integrado de Pragas da Soja**

**Gustavo Henrique Kophal<sup>1</sup>, Mateus Felipe Berra<sup>1</sup>, André Roberto Ortoncelli<sup>1</sup>,  
Alfredo de Gouvea<sup>1</sup>, Marlon Marcon<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Campus Dois Vizinhos

{gustavokophal, mateusberra}@alunos.utfpr.edu.br,

{ortoncelli, alfredo, marlonmarcon}@utfpr.edu.br

A soja pode ser atacada por pragas, desde a emergência das plantas até a fase de maturação fisiológica. O Manejo Integrado de Pragas (MIP) é uma abordagem sustentável para o controle destas pragas agrícolas, que combina práticas biológicas, culturais, físicas e químicas. O objetivo do MIP é minimizar o uso de defensivos químicos, preservando o meio ambiente e reduzindo riscos para a saúde humana. Em vez de se basear exclusivamente em pesticidas, o MIP prioriza o monitoramento constante e a identificação precisa das pragas e inimigos naturais, permitindo intervenções mais direcionadas e reduzindo a resistência de insetos aos produtos químicos. Essa prática é essencial para a agricultura moderna, pois contribui para a produtividade sustentável e diminui os custos de produção a longo prazo (ÁVILA & SANTOS, 2018). Dentro do MIP, a visão computacional está se tornando uma ferramenta poderosa para o monitoramento de pragas. Com técnicas de processamento de imagens e inteligência artificial, é possível capturar imagens de áreas agrícolas e analisar a presença de pragas de forma automatizada e em tempo real (GUO et al. 2023; LIPPI et al., 2021). Ferramentas como o YOLO (You Only Look Once) (REDMON et al. 2016) e variantes, oferecem precisão na contagem e identificação dos insetos, o que é fundamental para o manejo racional dos defensivos agrícolas. Com o auxílio da visão computacional, os agricultores podem aplicar defensivos apenas onde e quando for necessário, reduzindo os custos e o impacto ambiental. Este trabalho apresenta uma proposta de aplicativo móvel para monitoramento de pragas por meio da contagem dos insetos, visando a aplicação no MIP. Estão previstos a construção de uma base de dados de imagens, de um modelo de visão computacional baseado no YOLO e de um aplicativo móvel para possibilitar tal tarefa pelos produtores. Imagens de pano de batida

serão coletadas em diferentes ângulos e diferentes estágios de desenvolvimento das plantas durante a Safra de 2024/25 de Soja na região Sudoeste do Paraná. Os insetos coletados serão identificados e as imagens rotuladas de acordo com as espécies. Após isso, as imagens serão utilizadas para treinamento da YOLO-SIP (GUO et al. 2023) e versões do YOLO, como a v4, v7 e v10 e suas variantes de menor número de parâmetros (tiny). A partir deste estudo, as arquiteturas selecionadas serão avaliadas com base em métricas de precisão média (mAP), precisão, revocação e F1-score a fim de selecionar a alternativa mais adequada para o problema em questão. A partir da seleção do(s) modelo(s) será desenvolvido um protótipo de aplicativo móvel multiplataforma para testes em campo da solução proposta para, enfim, gerar um aplicativo móvel que será disponibilizado para uso geral. Espera-se que a solução proposta forneça dados em tempo real, permitindo ajustes imediatos nas estratégias de controle e a implementação de respostas rápidas a surtos de pragas. Essa integração de tecnologia e agricultura coloca o setor agrícola em uma posição mais resiliente, atendendo às demandas por produção sustentável e consciente.

### Referências Bibliográficas

- Ávila, C. J. and Santos, V.. (2018). Manejo Integrado de Pragas (MIP) na cultura da soja: um estudo de caso com benefícios econômicos e ambientais. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste.
- Guo, Q., Wang, C., Xiao, D., and Huang, Q. (2023). Automatic monitoring of flying vegetable insect pests using an RGB camera and YOLO-SIP detector. *Precision Agriculture*, 24(2), 436-457.
- Lippi, M., Bonucci, N., Carpio, R. F., Contarini, M., Speranza, S., and Gasparri, A. (2021). A YOLO-based pest detection system for precision agriculture. In *2021 29th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED)* (pp. 342-347). IEEE.
- Redmon, J., Divvala, S. and Girshick, R. (2016). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. In *2016 Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*.

## **VERDATA: Um GPT Personalizado para Análises Estatísticas em Experimentação Agronômica**

**Tomás Bavaresco Toesca<sup>1</sup>, Marcelo Giovanetti Canteri<sup>2</sup>, Sheila Ariana Xavier<sup>3</sup>,  
André Luis da Silva<sup>4</sup>, Maycon Gabriel Ferreira<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Agronomia – Universidade Estadual de Londrina (UEL)  
Londrina-PR

tomas.bavaresco@uel.br

A análise de experimentos agronômicos é essencial para compreender e aprimorar práticas agrícolas, mas apresenta desafios significativos devido à complexidade dos dados gerados e à necessidade de precisão na interpretação estatística. Com o avanço das tecnologias baseadas em Inteligência Artificial (IA), tornou-se possível abordar essas dificuldades de forma mais eficiente. Este trabalho apresenta o desenvolvimento do VERDATA, um modelo baseado em GPT configurado para atuar como analista estatístico especializado, focado na interpretação de variáveis experimentais como produtividade, peso de mil grãos (M.M.G.), fitotoxicidade e severidade de doenças. O desenvolvimento do VERDATA utilizou a plataforma “Criar GPT”, onde o comportamento do modelo foi programado para atender às necessidades específicas da experimentação agronômica. O processo envolveu a criação de prompts personalizados e regras que orientaram o modelo a apresentar análises estatísticas em formato textual coeso e detalhado. Adicionalmente, instruções foram configuradas para organizar os resultados por data de avaliação e destacar diferenças significativas entre tratamentos e testemunhas, garantindo a clareza e a objetividade das análises. Durante a programação, foram estabelecidos limites de entrada, como dados tabelados, e saídas padronizadas, como textos corridos, para atender às demandas práticas do campo. A validação do VERDATA foi realizada por meio da comparação de suas análises com interpretações realizadas por especialistas humanos. Observou-se uma alta concordância nos resultados, demonstrando a confiabilidade do modelo. O treinamento do GPT incluiu ajustes com dados reais, eliminando possíveis distorções interpretativas e assegurando que as tendências observadas, como aumentos ou reduções em variáveis avaliadas, fossem consistentes com os dados experimentais. Ferramentas externas e testes adicionais foram incorporados para refinar o desempenho do modelo e garantir que ele não apresentasse alucinações comuns a modelos de IA. Os testes iniciais evidenciaram que o VERDATA reduz significativamente o tempo necessário para a interpretação de dados experimentais, mantendo um alto nível de precisão e robustez. A ferramenta foi validada em diferentes cenários agronômicos, abrangendo diversas culturas e condições experimentais, destacando-se por sua aplicabilidade prática. Além de simplificar a comunicação de resultados, o modelo elimina barreiras técnicas, facilitando o uso por profissionais que enfrentam a complexidade dos dados no campo. Embora os resultados iniciais sejam promissores, a validação ainda está em andamento. Testes adicionais serão realizados para expandir sua aplicabilidade a contextos mais diversos e desafiadores. Conclui-se que o VERDATA representa um avanço significativo na

integração da IA à experimentação agrônômica, promovendo práticas mais sustentáveis e decisões fundamentadas em ciência e tecnologia. Sua capacidade de personalização demonstra o potencial dos GPTs na criação de soluções específicas, como análises técnicas e suporte à experimentação científica.

### **Agradecimentos**

O autor agradece à empresa Fitovision pelo suporte financeiro ao projeto e ao professor Marcelo Giovanetti Canteri pela orientação e conhecimento na área.

### **Referências Bibliográficas**

- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. Experimentação Agrícola. Jaboticabal: Funep, 2013.
- COREA, F. An Introduction to Data: Everything You Need to Know About AI, Big Data and Data Science. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2019.
- FISHER, R. The Design of Experiments. Londres, England: Palgrave Macmillan UK, 1935.
- HASSAM, J. C. et al. Análise de dados para aprendizado de máquina: Um estudo sobre algoritmos de detecção de mudança de conceito. Revista H-TEC Humanidades e Tecnologia, p. 116–139, 2022.
- FURTADO, L. S. et al. Prompts para análise de dados espaciais sobre defeitos de pavimentos com o CHATGPT-4. , 2024.

## REALIZAÇÃO:



## APOIO INSTITUCIONAL E FINANCEIRO:

