

# MODELO DE ALERTA DE DOENÇA ENTREGA O INSTANTE E O GEORREFERENCIAMENTO PARA APLICAÇÃO PONTUAL DE FUNGICIDA

Fabio Rossi Cavalcanti <sup>1</sup>; Lillian Espindola Müller <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pesquisador A. Bento Gonçalves/RS. Embrapa Uva e Vinho; <sup>2</sup>Doutoranda em Fitotecnia. Porto Alegre/RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Apresentado no  
**Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão e Digital - ConBAP 2024**  
*Ribeirão Preto, SP, 25 a 27 de novembro de 2024*

## RESUMO

O estudo apresenta o módulo Embrapa/MAHM, uma ferramenta de alerta para míldio em vinhedos, que divide a área de cultivo em quadrantes e fornece alerta de risco por meio de mapa de cores. Utilizando dados de umidade e temperatura captados por meio de sensores de IoT dispostos em triangulação, o MAHM indica o nível de risco de doença por quadrante, produzindo subsídio para que sistemas de alerta indiquem a orientação espacial para um tratamento pontual de fungicida. Sua compatibilidade com plataformas de IoT de baixo custo, usando tecnologias como NB-IoT, LoRaWAN e SigFOX, torna-o uma solução promissora para o manejo mecanizado de doenças em vinhedos, pois abre a possibilidade de gerar *waypoints* para deslocamento de robôs de pulverização em um controle automatizado de doenças.

**PALAVRAS-CHAVE:** sistemas de alerta de doença; controle do míldio em videira;

## ABSTRACT

This study presents the Embrapa/MAHM module, an alert tool for downy mildew in vineyards, which divides the cultivation area into quadrants and provides risk alerts through a color-coded map. Utilizing humidity and temperature data captured by IoT sensors arranged in triangulation, the MAHM indicates the disease risk level per quadrant, providing insights for alert systems to suggest spatial orientation for targeted fungicide treatment. Its compatibility with low-cost IoT platforms, using technologies like NB-IoT, LoRaWAN, and SigFOX, makes it a promising solution for mechanized disease management in vineyards, as it enables the generation of waypoints for the movement of spray robots in an automated disease control process.

**KEYWORDS:** disease alert systems; control of downy mildew on grapevines;

## INTRODUÇÃO

A epidemiologia de plantas, focada no estudo das doenças vegetais e sua disseminação, é crucial para entender e controlar epidemias no campo. Fatores ambientais como umidade relativa, temperatura e pluviosidade desempenham papéis significativos na dinâmica de doenças, influenciando a favorabilidade para o desenvolvimento de patógenos. A modelagem matemática, combinada com avanço do sensoriamento digital e conectividade rural, permite monitorar esses fatores e gerar informações úteis para a prevenção de doenças. O algoritmo Embrapa/MAHM (INPI-BR512019992684-5, 2019) incorpora a aplicação desses conceitos, utilizando dados de microclima coletados por sensores de IoT para estimar e mapear o risco de doenças em vinhedos, subdividindo a área de cultivo em quadrantes georreferenciados. O paradigma de IoT trazido pelo Embrapa/MAHM utiliza microestações NB-IoT para coletar dados de umidade relativa e temperatura em triangulações, com as microestações distribuídas a fim de definir microclimas específicos. Essas microestações fornecem informações em tempo real para métodos que denominam os dados de favorabilidade de doença calculados pelo MAHM para geração de alertas georreferenciados de doença. Experimentos recentes envolvendo o caso de estudo (míldio da videira) validaram a eficácia do método de alerta

"O2" no controle do míldio, demonstrando a capacidade do MAHM/O2 em fornecer orientações precisas para o momento correto de aplicação do tratamento fitossanitário nos vinhedos (CAVALCANTI, 2021; CAVALCANTI *et al.*, 2024). Essa integração de dados climáticos, modelagem matemática e sensoriamento de IoT promete não apenas aumentar o rendimento das colheitas e reduzir o uso de pesticidas, mas também garantir a segurança alimentar e promover a sustentabilidade na agricultura.

## **OBJETIVOS**

### **MATERIAL E MÉTODOS**

Em vinhedos experimentais de cultivares 'Isabel' e 'Niágara Rosada' da Embrapa Uva e Vinho, localizada no município de Bento Gonçalves no estado do Rio Grande do Sul (RS), e 'Chardonnay' e 'Cabernet Sauvignon' em três microrregiões do município de Pinto Bandeira (RS), foram conduzidos estudos envolvendo controle de míldio nas safras 2019/2020 até 2022/2023. As linhas dos vinhedos, orientadas de oeste para leste, possuíam inclinações diversas. Monitoramentos focaram em parcelas de cinco plantas, com espaçamento de 1 m entre plantas e 1,5 m entre fileiras. A incidência e severidade do míldio foram avaliadas visualmente em folhas e cachos, sendo a severidade categorizada em quatro classes e analisada estatisticamente após transformação angular. Para a calibração do método de alerta "O1" (CAVALCANTI, 2021) e, subsequentemente, "O2" (CAVALCANTI *et al.*, 2024), dados de incidência de míldio foram coletados nos vinhedos experimentais durante as safras 2019/2020 a 2022/2023. Dados climáticos foram obtidos das redes de estação NB-IoT montadas nos municípios de Bento Gonçalves e Pinto Bandeira. Em caso de infecção, a análise envolveu a avaliação da incidência e severidade do míldio, calculando-se a variação de severidade ( $\Delta ID\%$ ) e a taxa linear de variação de severidade ( $tID\%$ ) em avaliações consecutivas, baseando-se nas parcelas definidas do monitoramento para calibração dos métodos.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O sistema MAHM/O2 destacou-se por sua capacidade de gerar alertas georreferenciados de míldio em vinhedos, utilizando dados de estações de IoT. Demonstrou ser uma ferramenta eficaz para o monitoramento e proteção dos vinhedos contra o míldio, reduzindo significativamente o número de aplicações de fungicidas. O MAHM/O2 apresenta uma interface visual intuitiva, com um mapa de cores que facilita a tomada de decisão para a aplicação de fungicidas, contribuindo com a sustentabilidade e a eficiência na agricultura. O sistema MAHM/O2 provou ser eficaz para a prevenção do míldio em vinhedos de Bento Gonçalves e Pinto Bandeira, eliminando a ocorrência da doença. Este sistema possibilitou uma redução no número de aplicações de fungicidas, alcançando de 15 a 37% nos vinhedos 'Isabel' e 'Niágara Rosada' para a safra 2021/2022, e de 15 a 63% para a mesma região na safra 2022/2023. No vinhedo 'Chardonnay', a redução foi ainda mais significativa, variando de 50 a 67% na safra 2022/2023 (Figuras 1 e 2). Esses resultados destacam a capacidade do MAHM/O2 de diminuir substancialmente o uso de fungicidas, comparado a métodos convencionais, adotando o critério do 'pior' alerta no quadrante sendo estendido para aplicação em todo o vinhedo. A integração futura de tecnologias como aprendizado de máquina e IA promete aprimorar a precisão dos alertas e facilitar a aplicação automatizada de fungicidas, alinhando o sistema às metas da Agricultura 5.0. Essas reduções estão em consonância com sistemas de alerta internacionais, evidenciando o potencial do MAHM/O2 no manejo eficiente e sustentável de doenças em culturas agrícolas.

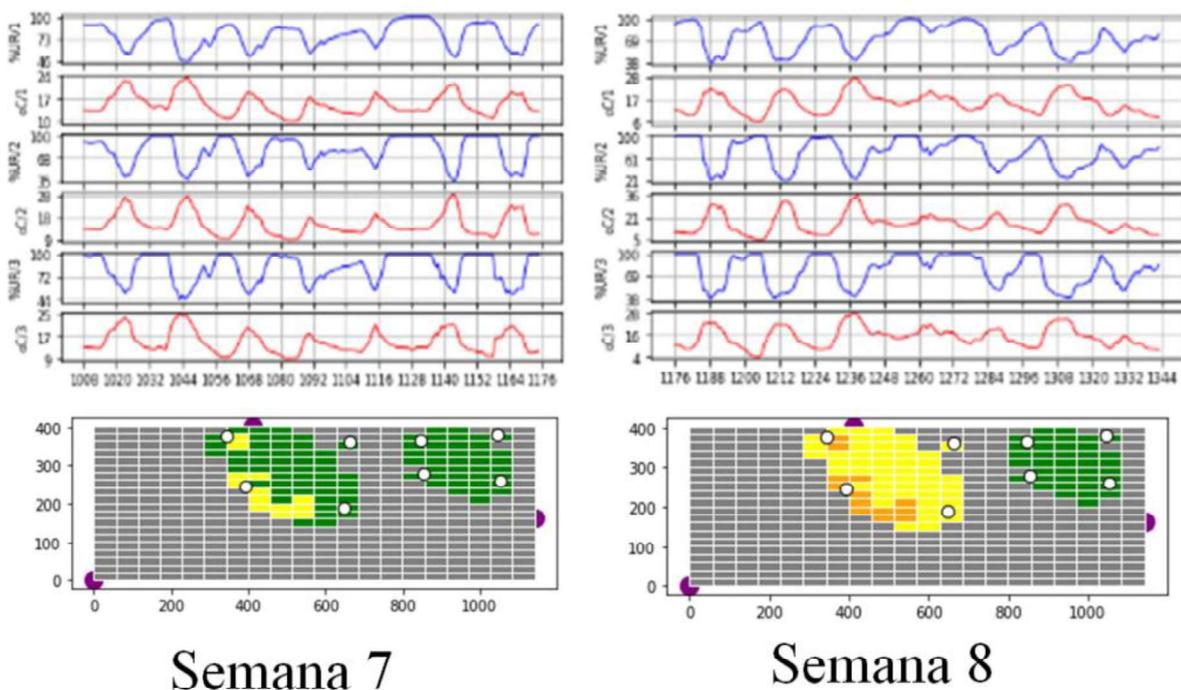


FIGURA 1. Perfis climáticos (oC, em vermelho, e % UR, em azul) e, abaixo, respectivos mapas temáticos gerados por um simulador MAHM/O2 (em Python) para o controle de míldio nos vinhedos 'Isabel' (vinhedo esquerdo) e 'Niágara Rosada' (vinhedo direito) da Embrapa Uva e Vinho, na safra 2022/23 (semanas 7 e 8, em detalhe). Para a emissão do alerta do método O2 foi adotada uma resolução de 20 x 20 quadrantes. Esquema de cores segue o critério de decisão definido para a versão do O2: vermelho, 'pulverização imediata'; amarelo, 'aguardar o próximo alerta: havendo novo alerta amarelo, pulverizar'; verde, 'não é necessária pulverização na semana corrente'; laranja, 'pulverização imediata pelo 2º amarelo em sequência'; azul, 'quadrantes protegidos por fungicida de 15 dias'. Para os experimentos de validação do timing, na indisponibilidade de robô de pulverização e/ou equipe com costal, adotou-se o critério do 'pior alerta' em um quadrante qualquer no vinhedo cadastrado, a pulverização seria imposta ao vinhedo inteiro pelo sistema usual: trator + implemento.

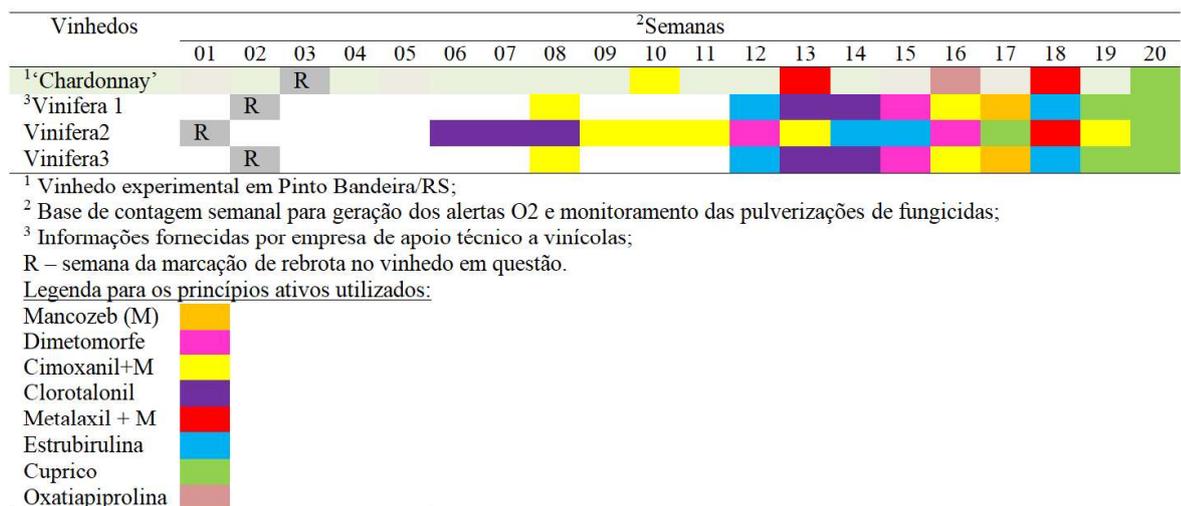


FIGURA 2. Comparativo entre esquemas utilizados em vinhedos de Vitis vinifera em Pinto Bandeira/RS para proteção contra Plasmopara viticola, na safra 2022/23. É possível observar redução de aplicações com relação a vinhedos seguindo esquemas de proteção não racionalizados.

**CONCLUSÃO**

A versão atual do MAHM/O2 (CAVALCANTI *et al.*, 2024) foi capaz de lançar alertas para proteção total em vinhedos experimentais de dois municípios do RS, e em diferentes microrregiões e microclimas, com reduções de 15 a 60% na aplicação de calda. No entanto, apenas o momento correto de aplicação fitossanitária, fornecido pelo sistema, foi validado, sendo iminente a necessidade de avaliações para o georreferenciamento do algoritmo. Comparado a outros sistemas de alerta, o MAHM/O2 mostra reduções nas aplicações de fungicidas compatíveis com sistemas internacionais, evidenciando seu potencial no manejo eficaz de doenças e promovendo uma agricultura mais sustentável.

## REFERÊNCIAS

CAVALCANTI, F. R. Algoritmo (MAHM) para alerta georreferenciado de doença em redes de sensoriamento IoT de microclima: calibração e teste de um método para míldio, em dois vinhedos. Bento Gonçalves, RS: **Embrapa Uva e Vinho**, agosto 2021. 25 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 124).

CAVALCANTI, F.R.; BOTTON, M.; FIORAVANÇO, J.C. Atualizações de alertas para controle do míldio da videira com o Algoritmo Embrapa/MAHM. Bento Gonçalves: **Embrapa Uva e Vinho**, 2024. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica). No Prelo.