

Uso de espectrorradiometria para detecção de cancro europeu em macieira

Use of spectroradiometrics to detect European canker in apple trees

Silvio André Meirelles Alves¹, Claudia Cardoso Nunes², Lúcio de Paula Amaral³, Luciano Gebler⁴

¹ Pesquisador, Embrapa Uva e Vinho, Vacaria (RS), Brasil, silvio.alves@embrapa.br

² Bolsista DTI, Embrapa Uva e Vinho, Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado (EFCT), Vacaria (RS), cldc.nunes@gmail.com

³ Professor, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS), Brasil, lucio.amaral@ufsm.br

⁴ Pesquisador, Embrapa Uva e Vinho, Vacaria (RS), Brasil, luciano.gebler@embrapa.br

RESUMO

O cancro europeu, causado pelo fungo *Neonectria ditissima*, é a doença mais expressiva nos pomares de macieira da região Sul do Brasil. A doença afeta principalmente as partes lenhosas da planta e também causa podridões em frutos. O cancro europeu causa modificações no metabolismo vegetal pelo bloqueio na translocação de água e nutrientes para partes periféricas da planta. O principal método de controle consiste em podar as partes doentes e realizar em seguida a pintura do ferimento com tinta e fungicida. A correta identificação de ramos doentes, principalmente de forma precoce, é fundamental para a remoção dos cancrios nos pomares. Portanto, o desenvolvimento de métodos de detecção das partes doentes por sensoriamento proximal, principalmente em estádios iniciais, representa mais agilidade e eficiência para o controle da doença. Neste contexto, foi avaliado se as alterações causadas pelo cancro europeu no metabolismo vegetal são perceptíveis no espectro de reflectância, avaliando-se tecidos com cancro e tecidos saudáveis. As medições foram realizadas com um espectrorradiômetro modelo FieldSpec nos comprimentos de onda de 325 a 1.075 nm, em ramos de macieira coletados em pomar experimental pertencente à Embrapa Uva e Vinho, em Vacaria-RS. Os resultados obtidos mostraram diferenças na reflectância acima de 700 nm entre tecidos saudáveis e afetados por cancro europeu. Portanto, a reflectância espectral pode ser utilizada como parâmetro para avaliar o estado de saúde das plantas em relação ao cancro europeu, identificando sua posição na planta e desta no pomar, facilitando seu manejo e controle. Isso evidencia que há possibilidade de serem desenvolvidos equipamentos com sensores de detecção para automatizar a diagnose de plantas ou tecidos infectados por *Neonectria ditissima*, permitindo o manejo da doença com técnicas baseadas em fruticultura de precisão.


Palavras-chave: espectroscopia Vis-NIR; sanidade do pomar; monitoramento de doenças; fruticultura de precisão.

ABSTRACT

European canker, caused by the fungus *Neonectria ditissima*, is the most expressive disease in apple orchards in southern Brazil. The disease mainly affects the woody parts of the plant and also causes fruit rot. The main disease control method consists of pruning the diseased parts and then painting the wound with paint and fungicide. The correct identification of diseased branches, especially at an early stage, is essential for the removal of cankers in orchards. Therefore, the development of detection methods by proximal sensing for diseased parts, especially at early stages, would provide quicker, more efficient disease control. European canker causes changes in plant metabolism by blocking the translocation of water and nutrients to peripheral parts of the plant. Given this, we evaluated whether the changes caused to plant metabolism by European canker are perceptible in the reflectance spectrum, assessing healthy tissue and tissue with cankers. Measurements were performed with a FieldSpec model spectroradiometer at wavelengths from 325 to 1075 nm, in apple tree branches collected in an experimental orchard belonging to Embrapa Uva e Vinho, Vacaria-RS. The results obtained showed differences in reflectance above 700 nm between healthy and European canker-affected tissues. Therefore, spectral reflectance can be used as a parameter to assess the health of plants in relation to European canker. This shows that it is possible to develop equipment with detection sensors to automate the diagnosis of plants or tissues infected by *N. ditissima*, providing disease management techniques based on precision fruit growing.

Keywords: Vis-NIR spectroscopy; orchard health; disease monitoring; precision fruit growing.

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-38-0.1000025>

 Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença *Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives*, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que sem fins comerciais, sem alterações e que o trabalho original seja corretamente citado.



1 INTRODUÇÃO

A produção de maçãs no Brasil está concentrada na região Sul, que é responsável por 99% do total produzido no País. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022), a área plantada com macieiras no Brasil é de 32.468 ha. Atualmente, a maior área cultivada com maçãs no País está no estado do Rio Grande do Sul, com 15.689 ha, seguido de Santa Catarina, com 15.441 há, e Paraná, com 994 ha. Há também relativa produção nos estados de Minas Gerais e São Paulo. No ano de 2022, o Brasil produziu cerca de 1,04 milhão de toneladas de maçãs, colocando-o entre os 15 principais produtores mundiais (Food Agriculture Organization, 2024).

Dentre os desafios para a produção, destaca-se a doença conhecida cancro europeu, causado pelo fungo *Neovectria ditissima*, uma das principais doenças da macieira nas condições da região produtora no sul do Brasil. A partir de sua constatação oficial no Brasil, no ano de 2012, foram conduzidos vários experimentos para conhecer a doença nas condições nacionais (Alves; Czermainski, 2019). Para a ocorrência da infecção, é necessária a existência de ferimentos no hospedeiro. A doença afeta principalmente as partes lenhosas da planta e também causa podridões em frutos (Alves; Nunes, 2017).

O principal método de controle consiste em realizar podas das partes doentes e a eliminação das fontes de inóculo. É recomendado realizar a pintura dos ferimentos com uma mistura de tinta e fungicida, pois a cicatrização natural não evita a infecção nas primeiras semanas após a poda (Nunes; Alves, 2020). Nos pomares da região Sul do Brasil, é comum a realização de podas no inverno, estação em que as plantas se encontram na fase de repouso vegetativo. Entretanto, para controle do cancro europeu, se faz necessária a realização de podas com uma frequência maior ao longo do ciclo produtivo. A remoção dos cancos com poda é uma tarefa onerosa, demanda tempo e depende da correta identificação da doença. Além disso, a distribuição da doença nos pomares não é uniforme, o que dificulta dimensionar a mão de obra para as podas fitossanitárias.

Cancros mais velhos e maiores são facilmente detectados, já os cancos jovens e pequenos são mais difíceis de encontrar em meio à copa das plantas. É importante destacar que quanto mais precoce for a detecção e remoção do cancro, mais efetivo será o seu controle, pois quando os cancos já são considerados velhos, ou seja, com mais de um ano, isso significa que o patógeno já passou pela fase reprodutiva, aumentando a disseminação da doença. Neste contexto, o desenvolvimento de métodos de detecção

das partes doentes, principalmente em estádios iniciais, representa mais agilidade e eficiência para o controle do cancro europeu em pomares de macieira.

A reflectância espectral pode ser utilizada como parâmetro para avaliar o estado de saúde das plantas. Os padrões de reflectância de uma planta são influenciados pelas características da superfície da folha, da arquitetura interna e da composição bioquímica (Pithan, 2019). O comportamento espectral é dado pela reação da radiação a diferentes alvos em relação ao seu iluminante, com influência das suas características químicas e físicas (Novo, 2010). As doenças bióticas induzem alterações perceptíveis no espectro de reflectância das plantas, especialmente devido a mudanças no conteúdo de clorofila e água, entre outros fatores. Os comprimentos de ondas espectrais investigados como preditores do estado de saúde das plantas, normalmente, variam de 400 a 2.500 nm (Pithan, 2019).

Em plantas atacadas por patógenos, acontecem modificações na interação entre os tecidos vegetais e a radiação eletromagnética devido a alterações no processo fotossintético e nas estruturas celulares, o que conseqüentemente altera a reflectância das folhas e do dossel (Mahlein, 2016). O cancro europeu causa modificações no metabolismo vegetal pelo bloqueio na translocação de água e nutrientes para as partes mais periféricas da planta. Neste contexto, desejou-se investigar se e as alterações causadas pelo cancro europeu no metabolismo vegetal são perceptíveis no espectro de reflectância espectral.

Com o objetivo de avaliar a técnica de espectrorradiometria para determinar o status fisiológico das plantas quanto à presença de cancro europeu, realizou-se um estudo para medir a reflectância em ramos de macieira, avaliando-se tecidos doentes e saudáveis.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Em um pomar experimental de macieiras pertencente à Embrapa Uva e Vinho, foram coletados ramos de crescimento do ano (agosto de 2019), com aproximadamente 0,5 cm de diâmetro, contendo uma única lesão de cancro europeu. Em seguida, esses ramos foram levados ao laboratório de fitopatologia, onde foram feitas medições com um espectrorradiômetro nas porções saudáveis e doentes. Foi usado o modelo FieldSpec2 nos comprimentos de onda de 325 a 1.075 nm.

As medições de reflectância dos ramos foram feitas com o módulo de clipagem (Plant probe with leaf clip). Primeiramente, os ramos foram cortados transversalmente em segmentos de aproximadamente 2 cm de comprimento e identificados como porção antes

do cancro (posição mais basal do ramo), no cancro e depois do cancro (posição mais apical) (Figura 1). Em seguida, esses segmentos foram cortados no sentido longitudinal de maneira para que fossem formadas lascas e então foram feitas novas leituras. Numa terceira etapa, as lascas foram picadas em pedaços menores, de aproximadamente 3 mm na sua maior dimensão, e feitas novas leituras. Nos ramos inteiros e em lascas, foram analisadas cinco amostras de cada porção, e no material picado, foram feitas três amostras de cada porção.

Os dados obtidos nas leituras foram transferidos para um computador e analisados em planilha de cálculo Microsoft Excel, por meio da construção de gráficos da reflectância em função do comprimento de onda e da subtração dos valores de reflectância entre tecidos sadio e doente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medições feitas nos ramos com os três processamentos das amostras demonstrou que, na porção antes do cancro, há aumento rápido na reflectância acima de 700 nm (Figura 2A, D e G); por outro lado, nas medições feitas no cancro, o crescimento da reflectância em função dos comprimentos de onda foi mais gradual (Figura 2B, E e H). O perfil de reflectância dos tecidos após o cancro foram mais variados, ora semelhante ao perfil do tecido antes do cancro, ora semelhante, em outras amostras, ao perfil do tecido no cancro (Figura 2C, F e I). Além disso, em todas as partes analisadas, houve grande variação (ruído) da reflectância abaixo de 400 nm.

Os resultados revelaram diferenças na reflectância acima de 700 nm comparando-se tecidos sadios (antes do cancro) e doentes (no cancro), com máxima entre 840 e 850 nm (Figura 3). Isso poderá ser útil para o desenvolvimento de equipamentos que faci-

litem ou automatizem a identificação e localização das plantas doentes.

A evidência de diferenças na reflectância indica que, com estudos mais detalhados e adequação de equipamentos para condições de uso a campo, há potencial para desenvolvimento de uma técnica de detecção de cancro europeu em tempo real, favorecendo principalmente a identificação precoce dos tecidos doentes.

Como os sintomas característicos variam dependendo da doença, diferentes comprimentos de onda são adequados para a detecção de diferentes doenças e da gravidade da infecção (Mutanga et al., 2017). De acordo com Pithan (2019), os comprimentos de ondas espectrais investigados como preditores do estado de saúde das plantas, normalmente, variam de 400 a 2.500 nm.

Quando se realizam medições espectrais usando espectrorradiômetro, uma grande quantidade de dados espectrais é gerada, tornando necessária a realização de um pré-processamento e uma seleção dos dados (Bulanon et al., 2013; Pithan, 2019). No estudo realizado, o banco de dados foi selecionado em busca de diferenças no padrão de reflectância visando a uma comparação entre tecidos sadios e afetados com cancro europeu.

É importante selecionar os comprimentos de onda mais relevantes para o estudo da interação patógeno-hospedeiro no nível de conjunto de dados hiperespectrais. As informações preliminares geradas com este estudo já apresentam um direcionamento para selecionar comprimentos de onda mais adequados para a realização das medições.

Este conhecimento é importante para que se possa evoluir futuramente em termos de técnicas de detecção de cancro europeu em macieira, com o desenvolvimento de sensores e adaptação de equipamentos mais simples e de baixo custo.

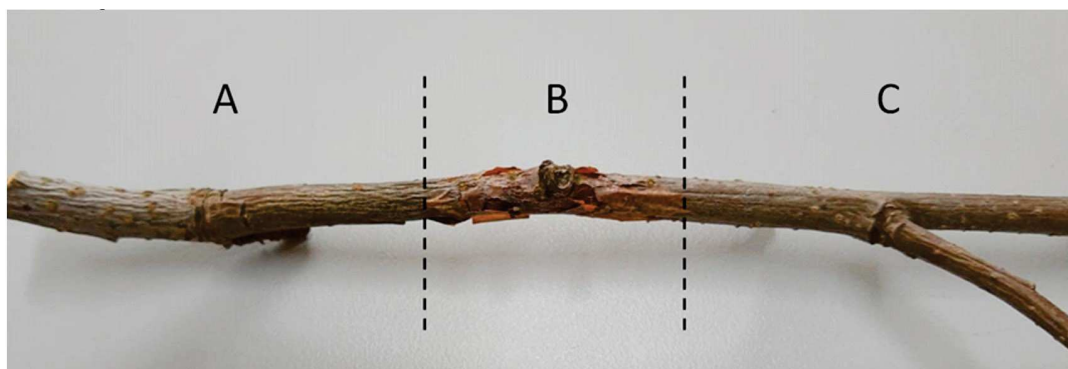


Figura 1. Ramo de macieira com sintomas de cancro europeu (causado pelo fungo *Neonectria ditissima*), evidenciando os segmentos: a) antes do cancro, b) no cancro e c) após o cancro, para medição de reflectância nos tecidos sadios e doentes.

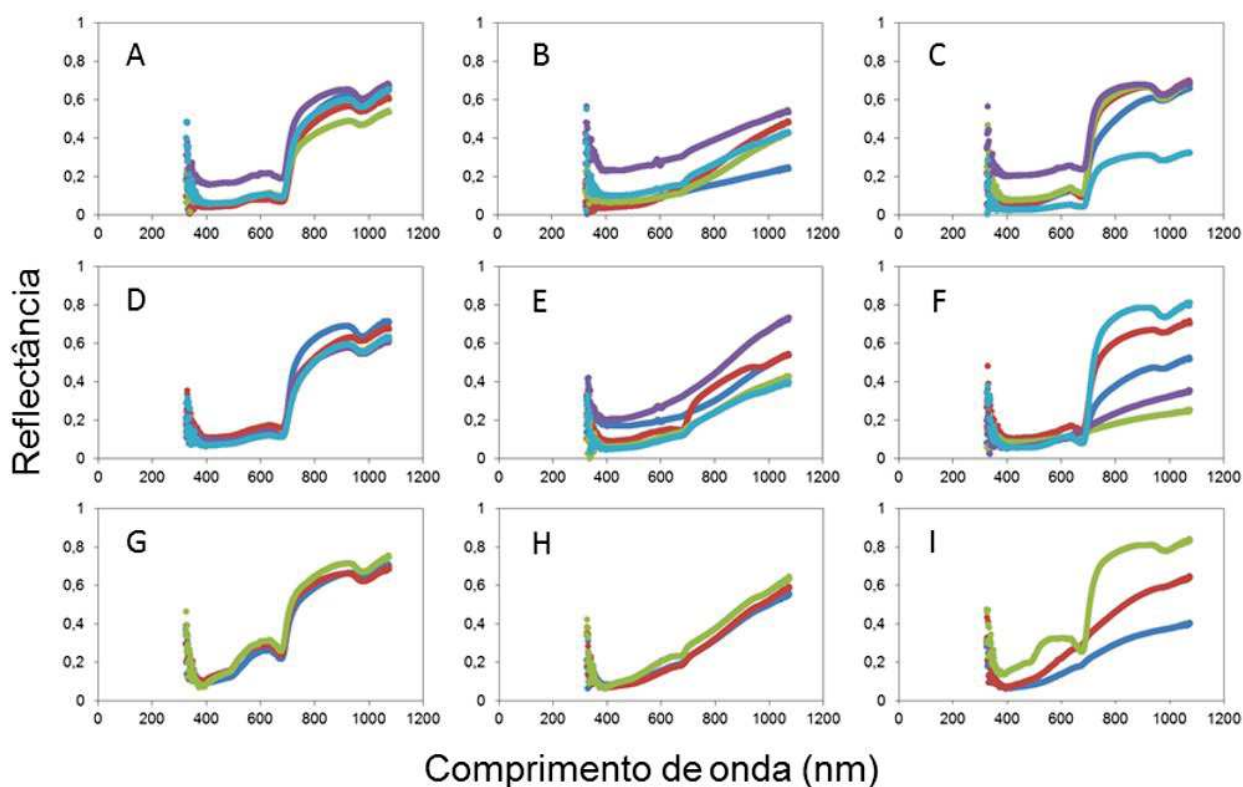


Figura 2. Curvas de reflectância mensuradas em ramos de macieira: em ramos inteiros (A, B e C), em lascas de ramos (D, E e F) e em ramos picados (G, H e I). As medições foram feitas em porções antes do cancro (A, D e G), no cancro (B, E e H) e após o cancro (C, F e I). As cores nos gráficos representam a leitura de cada amostra.

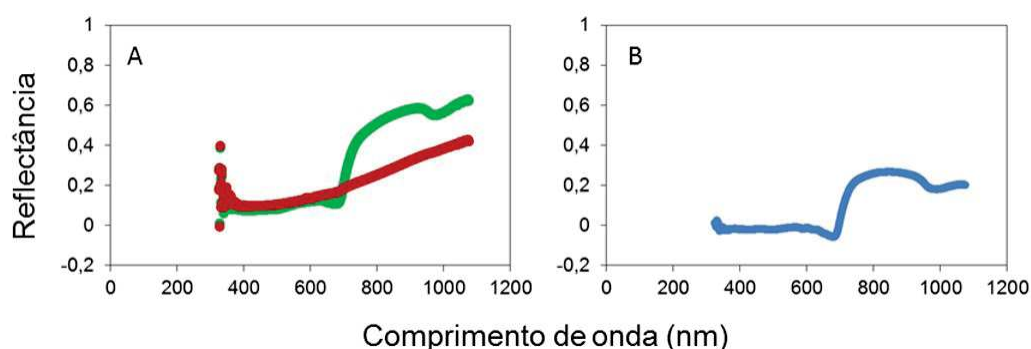


Figura 3. Curva média de reflectância mensurada antes do cancro, linha verde, no cancro, linha vermelha (A), e diferença entre as medições dos tecidos saudáveis (antes do cancro) e doentes (na superfície do cancro) (B).

O cancro europeu em macieira tem sua distribuição no pomar em função de sua incidência em uma dada quadra ou pomar. Essa distribuição pode ser aleatória em incidências muito baixas e, com o aumento da incidência, a distribuição tende a formar “hotspots” dentro do pomar (Campbell et al., 2016). O desenvolvimento de equipamentos com sensores nos comprimentos de onda identificados neste estudo poderá ajudar a localizar e quantificar o tamanho desses pontos de concentração de plantas doentes dentro do pomar. Assim, partindo de um dado de sensoriamento, será possível a construção de mapas

nos quais será possível identificar zonas diferenciadas para manejo da doença e aplicação das técnicas de fruticultura de precisão. O tomador de decisão terá mais facilidade para realizar o controle da doença por meio do mais preciso dimensionamento da mão de obra e insumos necessários, de acordo com as zonas de manejo.

4 CONCLUSÕES

As alterações no metabolismo vegetal causadas pelo cancro europeu em ramos de macieira, caracte-

rizadas pelo bloqueio na translocação de água e nutrientes, são perceptíveis no espectro de refletância, sendo que acima de 700 nm há diferenças entre tecidos doentes e saudáveis. Dessa forma, sensores podem ser adaptados para o desenvolvimento de técnicas de detecção e diagnóstico da doença em tempo real. O georreferenciamento das plantas doentes permitirá a aplicação das técnicas de fruticultura de precisão.

REFERÊNCIAS

- ALVES, S. A. M.; CZERMAINSKI, A. B. **O cancro Europeu no Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa, 2019. 190 p.
- ALVES, S. A. M.; NUNES, C. C. Seasonal susceptibility of apple trees to *Neovectria ditissima* wound infections. **New Zealand Plant Protection**, v. 70, p. 73-77, 2017. DOI: <http://doi.org/10.30843/nzpp.2017.70.30>.
- BULANON, D. M.; BURKS, T. F.; KIM, D. G.; RITENOUR, M. A. Citrus black spot detection using hyperspectral image analysis. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v. 15, n. 3, p. 171-180. 2013. Disponível em: <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/2382>. Acesso em: 30 set. 2022.
- CAMPBELL, R. E.; ROY, S.; CURNOW, T.; WALTER, M. Monitoring methods and spatial patterns of European canker disease in commercial orchards. **New Zealand Plant Protection**, v. 69, p. 213-220, 2016.
- FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. **Faostat database ProdStat**. Rome: FAO, 2024. Disponível em: faostat.fao.org. Acesso em: 2 maio 2024.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **LSPA: Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemico-da-producao-agricola.html?=&t=destaques>. Acesso em: 26 set. 2022.
- MAHLEIN, A.-K. Plant disease detection by imaging sensors: parallels and specific demands for precision agriculture and plant phenotyping. **Plant Disease**, v. 100, n. 2, p. 241-251, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1094/PDIS-03-15-0340-FE>.
- MUTANGA, O.; DUBE, T.; GALAL, O. Remote sensing of crop health for food security in Africa: potentials and constraints. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 8, p. 231-239, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.10.004>.
- NUNES, C. C.; ALVES, S. A. M. Suscetibilidade de ferimentos de poda a infecção por *Neovectria ditissima* em macieira. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA UVA E VINHO, 14., 2020, Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222770/1/Nunes-p16-ICCNPUV-2020.pdf>. Acesso em: 30 set. 2022.
- NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- PITHAN, P. A. **Dados hiperespectrais aplicados na avaliação de videiras da cultivar Cabernet Sauvignon infectadas com alguns patógenos**. 2019. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.