

Reflectância de macieiras a pleno sol e sob dois tipos de tela antigranizo: considerações para o sensoriamento remoto proximal

Reflectance of apple trees in full sun and under two types of anti-hail screen: considerations for proximal remote sensing

Andrea De Rossi¹, Lúcio de Paula Amaral², Luciano Gebler³

¹ Engenheira Agrônoma, Pesquisadora, Embrapa Uva e Vinho, Vacaria (RS), Brasil, andrea.derossi@embrapa.br

² Engenheiro Florestal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Campus Sede, Santa Maria (RS), Centro de Ciências Rurais, Departamento de Engenharia Rural, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal e Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal – Campus Santa Maria, Santa Maria (RS), Brasil, lucio.amaral@ufsm.br

³ Engenheiro Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Uva e Vinho, Vacaria (RS), Brasil, luciano.gebler@embrapa.br

RESUMO

O risco de chuvas de granizo levou à adoção massiva de cobertura dos pomares de macieira com tela antigranizo, criando um novo microclima em termos de radiação solar e temperatura do ar. Na agricultura de precisão, técnicas de monitoramento e diagnóstico através do estudo de suas características espectrais só foram calibradas para culturas a pleno sol. Sabe-se que a presença da tela antigranizo provoca diferenças na quantidade e qualidade da energia luminosa disponível às plantas, porém falta saber qual a dimensão dessas variações e se as variações de reflectância e radiação fotossinteticamente ativa irão modificar os métodos empregados no sensoriamento remoto proximal ou impedirão o seu emprego. O objetivo desta pesquisa foi quantificar e avaliar a reflectância em pomares de macieiras ‘Maxi Gala’ cobertos com tela antigranizo de coloração branca e pérola, comparando-os com cultivo a pleno sol, usando a técnica de espectrorradiometria como ferramenta de coleta dos dados. A calibração do sensoriamento proximal para ambientes protegidos permite aumentar a sensibilidade das respostas na medição da reflectância e da radiação fotossinteticamente ativa para geração de zonas de manejo, no estudo da variabilidade espacial de pomares de macieira.


Palavras-chave: cobertura de pomares; radiação solar; espectrorradiometria.

ABSTRACT

Risk of hailstorms has led to the wide-spread practice of covering apple orchards with anti-hail netting, creating a new microclimate in terms of solar radiation and air temperature. In precision agriculture, monitoring and diagnostic techniques through studying spectral characteristics have only been calibrated for crops under full sun. It is known that the presence of anti-hail screens causes differences in the quantity and quality of light energy available for plants. However, the magnitude of these variations and whether variability in reflectance and photosynthetically active radiation affects the methods employed in proximal remote sensing or prevents their application, remains unknown. This study seeks to quantify and evaluate the reflectance in ‘Maxi Gala’ apple orchards covered with white and pearl anti-hail netting, comparing them with full sun cultivation, using the spectroradiometry technique as a data collection tool.

Keywords: pearl anti-hail net; white anti-hail net; solar radiation; spectroradiometry.

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-38-0.1000029>

 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

No Brasil, a fruticultura de precisão busca adequar ferramentas que auxiliem na identificação de áreas com potencial para produção de frutos de melhor qualidade ou no entendimento dos fatores inerentes à mesma, e que possam reduzir a necessidade de mão de obra. Neste sentido, o sensoriamento remoto pode ser uma das ferramentas aplicadas à fruticultura de precisão, à medida que possibilita, juntamente com o georreferenciamento, a obtenção de mapas de variabilidade espacial e temporal da reflectância do dossel.

Técnicas para o monitoramento e diagnóstico de cultivos agrícolas que estão em pleno desenvolvimento possibilitam determinar o vigor vegetativo e as diferenças entre espécies de plantas através do estudo de suas características espectrais (Bombassaro, 2016). A energia proveniente do sol (radiação eletromagnética) ou de sistemas ativos tem sido um dos temas de interesse, pois, quando atinge e interage com um objeto, tende a ser fracionada em energia absorvida, refletida e transmitida, sendo importante a compreensão da forma e da qualidade da energia resultante. Estas interações, quando aplicadas à vegetação, podem ser estimadas por modelos de reflectância, pois estes procuram estabelecer uma conexão lógica entre os parâmetros biofísicos da vegetação e as suas propriedades espectrais (Formaggio; Sanches, 2017).

Dos 50% do total de energia solar que incide na planta, parte é absorvida pelos pigmentos contidos na folha, os quais participam da síntese de metabólitos pela fotossíntese; outra fração altera estruturas moleculares (fotoconversão), e uma terceira parte acelera reações, como a foto-oxidação das xantofilas (Moreira, 2011). Dos 50% restantes, parte é refletida pelas folhas enquanto outra é transmitida através do dossel. Quanto maior a quantidade de folhas presentes no dossel, maior a reflectância da vegetação, devido ao efeito de espalhamento múltiplo entre as camadas (Belward, 1991). À medida que ocorre o aumento do espalhamento do fluxo, ocorre a diminuição da reflectância no visível e no infravermelho médio, e um aumento no infravermelho próximo (Ponzoni; Shimabukuro, 2007).

A tela antigranizo é usada na maioria dos novos pomares implantados nas regiões produtoras de maçãs no Brasil. Com avanço do desenvolvimento dessa tecnologia, passou-se da tela antigranizo de coloração preta para telas de outras colorações, como branco, vermelho e amarelo, e, mais recentemente, para tela de coloração pérola. Os trabalhos desenvolvidos até então buscaram comparar colorações de telas branca e preta (Amarante et al., 2007, 2009), e também de

outras colorações (Vilvert et al., 2018). Parâmetros, como quantidade e qualidade da radiação solar, fotossíntese, rendimento e qualidade de frutos, foram discutidos nesses trabalhos.

O objetivo do presente estudo foi quantificar e avaliar a reflectância em pomar de macieiras 'Maxi Gala' coberto com tela antigranizo de coloração branca e pérola, comparando-a com a reflectância observada no cultivo a pleno sol, usando a técnica de espectrorradiometria como ferramenta de coleta de dados georreferenciados como prática da fruticultura de precisão.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O experimento foi realizado em pomar comercial de macieiras 'Maxi Gala', da empresa Agroindustrial São Pedro Ltda., localizado no município de Bom Jesus-RS, na região fisiográfica dos Campos de Cima da Serra, com coordenadas -28,600368°S e -50,497291°O e altitude aproximada de 1.030 m (Figura 1), com três manejos, sendo cultivo em pleno sol ou fora da tela (FT), cobertura com tela antigranizo de coloração branca (TB) e de coloração pérola (TP).

A classe predominante de solo na área de estudo é Cambissolo Húmico Alumínico típico – CHa1 (Streck et al., 2008). O clima é do tipo Cfb, sendo clima temperado quente (Wrege et al., 2012).

2.2 Coleta e análise dos dados de reflectância

A coleta de dados de reflectância foi realizada em dezembro de 2019, com espectrorradiômetro portátil FieldSpec Hand Held 2 VNIR ASD, resolução espectral de 325-1.075 nm e intervalo de 1 nm, em blocos de 50 leituras por planta a cada cinco macieiras adultas (≈14 anos), tendo cinco valores médios de reflectância. As leituras foram nas alturas de 1, 2 e 4 m ao longo da copa, em plantas no centro da linha de plantio em relação à gleba, submetidas aos três manejos considerados. A calibração do equipamento foi realizada com placa de calibração para reflectância, que representa uma superfície lambertiana. Os horários das medições em campo variaram entre 11 e 13 horas, período de menor ângulo de inclinação solar e maior fluxo de energia radiante, com condições meteorológicas adequadas (céu predominantemente livre de nuvens e pouco vento), com calibrações periódicas. Os dados foram descarregados com o *software* ViewSpecPro ASD, as curvas de reflectância foram geradas com o *software* HH2 Sync ASD, e os dados foram exportados para planilha eletrônica. As análises es-

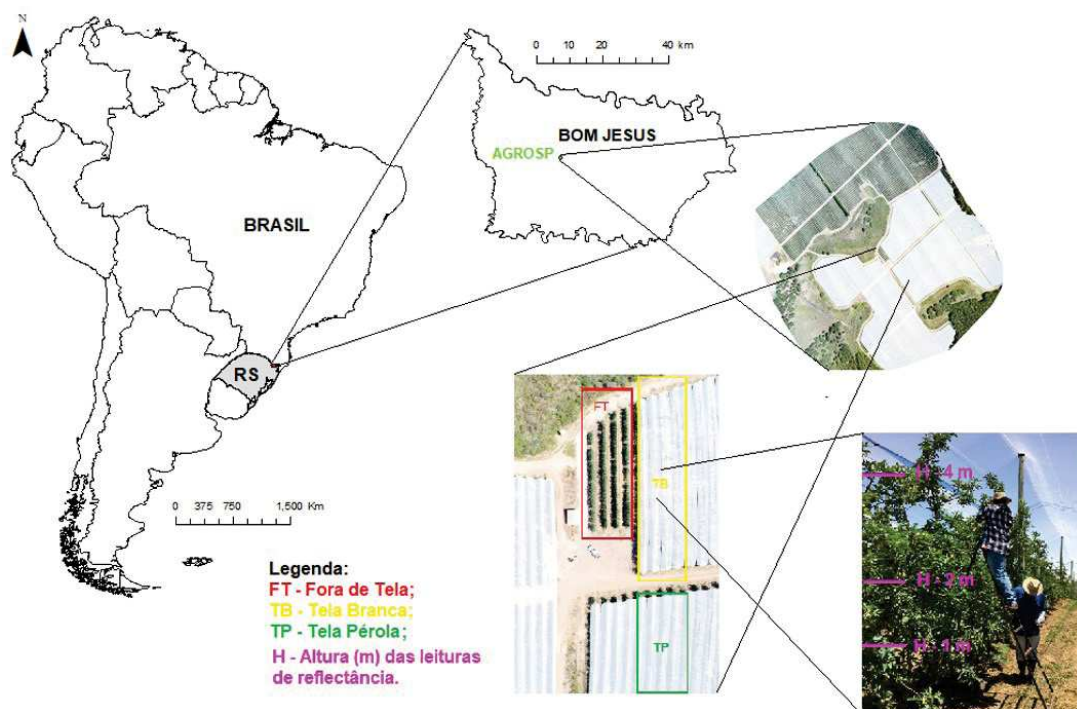
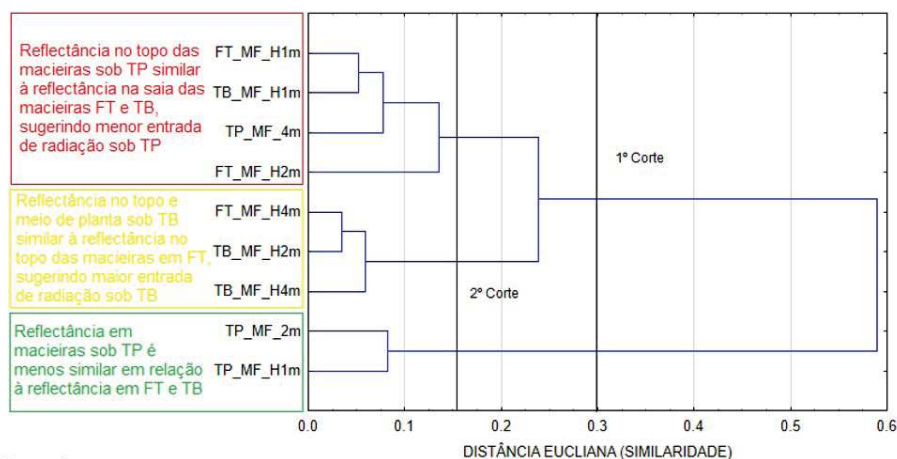


Figura 1. Localização da área de estudo em pomar comercial de macieiras da AGROSPE, Bom Jesus- RS, Brasil.



Legenda: FT - fora da tela; TB – tela branca; TP – tela pérola; MF – meio da fila ou linha de plantas; H – altura de plantas em metros (1, 2 e 4 metros).

Figura 2. Análise de cluster para medidas de refletância em macieiras sob tela antigranizo de coloração branca e pérola, e fora de tela, em pomar comercial da AGROSPE, Bom Jesus-RS.

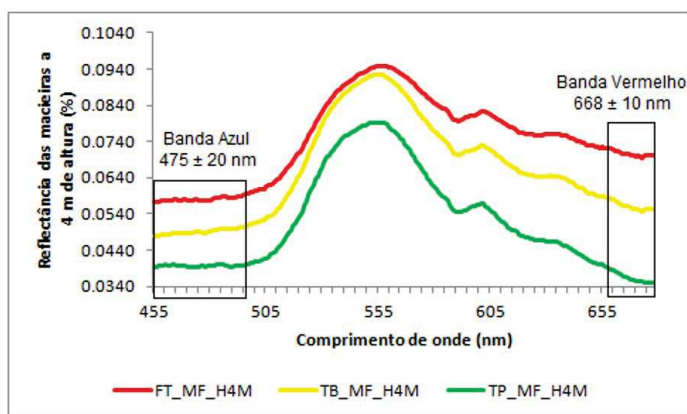
tatísticas realizadas foram análise de agrupamento hierárquico – cluster e análise de variância (ANOVA).

Para a análise de cluster, os dados foram sistematizados com referência às bandas espectrais do sensor RedEdge-Mx (azul 475 ± 20 nm, verde 560 ± 20 nm, vermelho 668 ± 10 nm, infravermelho próximo ± 40 nm e vermelho limítrofe 717 ± 10 nm). Nesta análise, foi utilizada a ligação dos objetos (médias de refletância nas bandas de referência) pelo método Ward e a distância euclidiana, como medida de similaridade para a formação dos agrupamentos (Vicini et al., 2018). Para a realização da ANOVA e do teste de Tukey

($p=0,005$), os dados de refletância foram sistematizados em duas bandas espectrais, azul (475 ± 20 nm) e vermelho (668 ± 10 nm), que correspondem aos comprimentos de onda nos quais há maior atividade das clorofilas *a* e *b*. Foi utilizado o *software* SigmaPlot para a análise e o *software* Statistica para a geração dos gráficos de colunas.

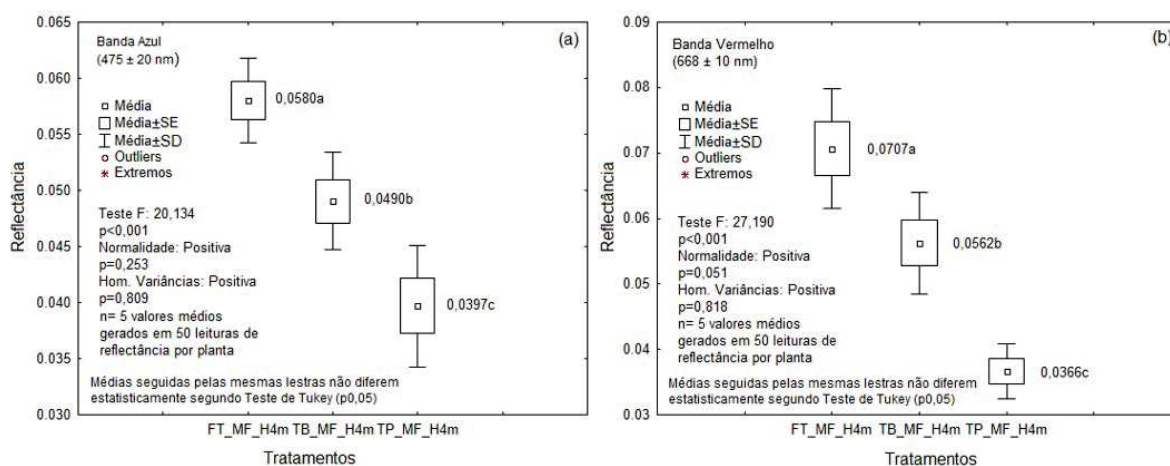
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de refletância obtidos nas macieiras e sistematizados pelas bandas de referência, quando



Legenda: FT - fora da tela; TB - tela branca; TP - tela pérola; MF - meio da fila ou linha de plantas.

Figura 3. Reflectância média na região do visível (destaque para as bandas azul e vermelho), em macieiras sob tela antigranizo de coloração branca e pérola, e fora de tela, em pomar comercial da AGROSPE, Bom Jesus-RS.



Legenda: FT - fora da tela; TB - tela branca; TP - tela pérola; MF - meio da fila ou linha de plantas; H - altura de plantas em metros (4 metros); Hom. - homogeneidade.

Figura 4. ANOVA para reflectância de macieiras sob tela antigranizo de coloração branca e pérola, e fora de tela, na altura de 4 m acima do nível do solo, em pomar comercial da AGROSPE, Bom Jesus-RS.

analisados pela análise de cluster e pelos agrupamentos formados, apresentaram diferenças de similaridade entre si (Figura 2). Estes sugerem que, no cultivo sob TP, ocorre menor incidência de radiação sobre as folhas, pois, sob TB, a reflectância das macieiras foi similar com a observada em plantas FT, em que há maior incidência por não haver interceptação da radiação sobre o dossel.

Na ANOVA, a reflectância apresentou diferenças significativas entre os manejos na região do visível (Figura 3), especificamente nas bandas do azul e do vermelho (Figura 4). Com isso, a TP tem a vantagem de diminuir problemas de queimadura de sol nos frutos (golpe de sol), mas é necessário entender quais são as implicações no desenvolvimento das plantas, na produção e qualidade de frutos, e as possibilidades de gerar novas configurações de manejo.

4 CONCLUSÃO

A reflectância de macieiras, na parte superior da copa - 4 m altura -, sob tela antigranizo pérola, foi a mais discrepante e apresentou menores valores quando comparada com a verificada nas macieiras sob tela antigranizo branca e fora de tela. A tela antigranizo pérola reflete mais radiação em relação à tela branca, devido à menor entrada de energia no dossel do pomar sob esta condição.

A reflectância em macieiras sob tela antigranizo branca foi mais similar à do ambiente aberto em relação à tela pérola. As diferenças de reflectância de macieiras foram significativas nas bandas do azul (475 ± 20 nm) e do vermelho (668 ± 10 nm), utilizadas pelas plantas na fotossíntese.

A calibração do sensoriamento proximal para ambientes protegidos permite aumentar a sensibilidade das respostas na medição da reflectância e da radia-

ção fotossinteticamente ativa para geração de zonas de manejo, no estudo da variabilidade espacial de pomares de macieira.

AGRADECIMENTOS

À AGROSPE, por nos apresentar sua demanda de pesquisa sobre telados de macieiras, pela disponibilidade de seus pomares e pelos apoios logísticos. Ao Colégio Politécnico da UFSM e ao PPGAP/UFSM, pelo apoio à realização deste trabalho, pela disponibilidade do espectrorradiômetro para a coleta de dados e pela contribuição do Projeto 048066 – Uso de Geotecnologias em Floresta de Precisão, Agricultura de Precisão, Novas Áreas de Precisão e Análises Espaciais, que viabilizou a participação do Prof. Lúcio Amaral.

REFERÊNCIAS

- AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; MIQUELOTO, A.; ZANARDI, O. Z.; SANTOS, E. P. Disponibilidade de luz em macieiras 'fuji' cobertas com telas antigranizo e seus efeitos sobre a fotossíntese, o rendimento e a qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 664-670, 2009. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-29452009000300007>.
- AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; MOTA, C. S.; SANTOS, H. P. Radiação, fotossíntese, rendimento e qualidade de frutos em macieiras 'Royal Gala' cobertas com telas antigranizo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 7, p. 925-931, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000700003>.
- BELWARD, A. S. Spectral characteristics of vegetation, soil and water in the visible, near-infrared and middle-infrared wavelengths. In: BELWARD, A. S.; VALENZUELA, C. R. (Eds.). **Remote sensing and geographical information systems for resource management in developing countries**. Amsterdã: Springer Netherlands, 1991. p. 31-53. DOI: http://doi.org/10.1007/978-94-017-2879-9_3.
- BOMBASSARO, M. G. **Análise espectral de variedades de Vitis vinifera a partir de dados radiométricos de dossel em vinhedos de Pinto Bandeira, RS**. 2016, Tese (Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. A. **Sensoriamento remoto em agricultura**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto**. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2011. 422 p.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007. 127 p.
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/ASCAR, 2008. 222 p.
- VICINI, L.; SOUZA, A. M.; MORALES, F. E. C.; SOUZA, F. M. **Técnicas multivariadas exploratórias: teoria e aplicações no software statistica**. Santa Maria: Editora UFSM, 2018. 240 p. DOI: <http://doi.org/10.32379/9788573913231>.
- VILVERT, J. C.; FREITAS, S. T.; LOPES, P. R. C. Qualidade de maçãs 'Eva' cultivadas em diferentes regiões do Brasil. In: I CONGRESSO NACIONAL INTERDISCIPLINAR DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 2018, Petrolina. **Anais [...]**. Petrolina: UNIVASF, 2018.
- WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. de. **Atlas Climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 334 p.