IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES FRUTÍFERAS COM O USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (RPA)

Marta Laura de Souza Alexandre [1], Elisiane Alba [1], Alan Cézar Bezerra [1], Juliana Marchesan [2], Neilza Reis Castro de Albuquerque [1], Railly de Sá Souza [1], Alessandra Silva Marasciulo [3]

[1] Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada/PE, lauramarta012@gmail.com , elisiane.alba@ufrpe.br, alan.bezerra@ufrpe.br, neilzacastro@gmail.com, railly.sa@gmail.com; [2] Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural/Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária/Centro Estadual de Diagnóstico e Pesquisa Florestal; Santa Maria/RS, juliana-marchesan@seapdr.rs.gov.br; [3] Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Brasília/DF, alessandra.marasciulo@ibama.gov.br

RESUMO

O objetivo desse estudo consistiu em desenvolver um método para a identificação automática e mapeamento preciso de espécies frutíferas a partir do uso da inteligência artificial e dados de RPA. O estudo foi realizado em áreas produtivas de frutíferas no Semiárido Brasileiro, as quais corresponderam à pomares de manga, uva e caju. As imagens foram adquiridas por meio de RPA. A amostragem dos indivíduos para o treinamento dos algoritmos SVM, RF e ANN foi realizada no *Software* Qgis e os processos foram desenvolvidos utilizando a linguagem de programação R. Os algoritmos SVM, RF e ANN, demonstraram precisão tanto na identificação quanto no mapeamento das espécies frutíferas apresentando altos valores de Kappa. No entanto, o algoritmo SVM demonstrou melhor resultado, de forma a descrever a variabilidade de campo, podendo ser utilizado no mapeamento preciso de frutíferas a partir de imagens RPA.

***Palavras-chave* —** Semiárido Brasileiro**,** Algoritmos de aprendizado de máquina, mapeamento de espécies, fruticultura.

ABSTRACT

The aim of this study was to develop a method for the automatic identification and precise mapping of fruit species from the use of artificial intelligence and RPA data. The study was carried out in fruit production areas in areas of the Brazilian Semiarid, the fruit trees studied corresponded to mango, grape and cashew. The images were acquired through RPA. The sampling of individuals for the training of SVM, RF and ANN algorithms was performed in the Qgis Software and the processes were developed using the programming language R. The SVM, RF and ANN algorithms demonstrate accuracy in both the identification and mapping of fruit species presenting high Kappa values. The SVM algorithm showed a better result in the identification and mapping of fruit species.

Key words *— Brazilian Semiarid, Machine learning algorithms, species mapping, fruit growing.*

1. INTRODUÇÃO

A fruticultura assume um papel de destaque na agricultura brasileira, segundo o Boletim de inteligência [1] o Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, dando ênfase à importância desse segmento para a economia brasileira. A produção de frutas é explorada em todo o território brasileiro, mas o Nordeste devido aos modernos sistemas de irrigação e as altas temperaturas durante o ano, apresenta vantagens com relação às outras regiões por possuir fatores determinantes que contribuem para a hegemonia dessa região na produção das principais frutas tropicais, subtropicais e até mesmo frutas temperadas [2].

A agricultura irrigada, mas especificamente a fruticultura irrigada tem grande relevância no Vale do Rio São Francisco, tendo destaque a cidade de Petrolina-PE que é a segunda maior região dos vinhos de todo o país e uma das maiores exportadoras de manga do Brasil. Com o aumento crescente nas áreas de produção de frutas, surge a necessidade de aprimoramento dos métodos de monitoramento, de modo a obtenção de informações precisas e representativas das áreas. Assim, ganha cada vez mais destaque a utilização das geotecnologias no setor produtivo de frutíferas, como o uso de VANTs ou RPAs (*Remotely Piloted Aircraft* – Aeronave Remotamente Pilotada). A incorporação de RPAs pode mostrar-se muito eficiente, uma vez que dispõe de ferramentas que visam auxiliar na maximização da produção, na qualidade dos frutos e redução de custos, pois dispõe de imagens com alta resolução espacial fornecendo dados importantes para a tomada de decisão ao longo do ciclo produtivo.

Aliado a isso, as técnicas de Inteligência Artificial também se destacam, como o aprendizado de máquina (*Machine Learning*) que envolve a criação de algoritmos de aprendizagem, como o *Support Vector Machine* (SVM), *Random Forest* (RF) e *Artificial Neural Networks* (ANN).

Dessa forma, objetivo desse estudo consistiu em desenvolver um método para a identificação automática e mapeamento preciso de espécies frutíferas a partir do uso da inteligência artificial e dados de RPA (*Remotely Piloted Aircraft* – Aeronave Remotamente Pilotada).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em áreas produtivas de frutíferas do município de Petrolina-PE, incluindo a área experimental localizada na região do Bebedouro, pertencente a Empresa Econexus e no município de Flores-PE (Figura 1). Foram avaliados diferentes culturas e aspectos específicos de cada uma delas. Para a cultura da uva (*Vitis vinifera* L.), cultivar BRS Vitória, foram avaliados pomares em diferentes fases fenológicas: i) Videiras com frutos maduros; ii) Videiras com desenvolvimento da folhagem. Para a cultura da Manga (*Mangifera indica* L.), foram avaliadas diferentes variedades, sendo englobados talhões implantados com a variedade Keitt e Palmer. Por fim, foram imageadas áreas com o cultivo de Caju (*Anacardium occidentale*) em consórcio com a mandioca.

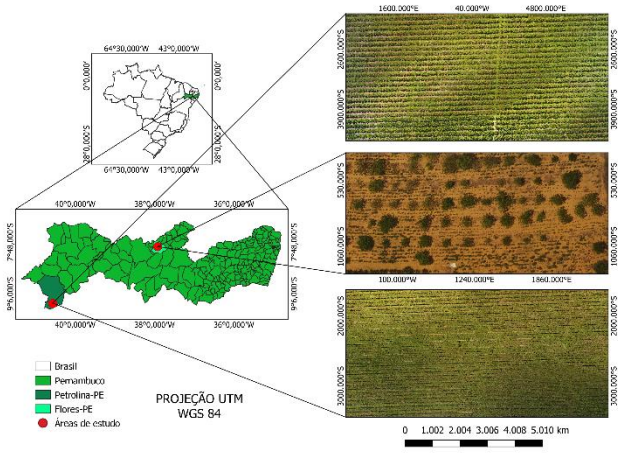


Figura 1- Mapa de localização da área de estudo.

As imagens foram adquiridas por meio de Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) modelo *Phantom* 4 com sensor RGB embarcado, o plano de voo foi realizado por meio do *software* Dronedeploy, no qual foram definidos parâmetros como a altura de voo em 60 m, sobreposição longitudinal de 80% e lateral 70%. As imagens foram pré-processadas no *software Agisoft Metashape Professional*®, versão 1.7.5 [3] no período de teste, no qual foi realizado as correções e obtenção do ortomosaico, compreendendo as seguintes etapas: i) Calibração da câmera; ii) Alinhamento das fotos a partir de pontos homólogos; iii) Elaboração da nuvem de pontos, identificando as coordenadas x, y e z; iv) Obtenção do Modelo Digital da Superfície; v) Criação do ortomosaico.

A amostragem dos indivíduos para o treinamento dos algoritmos foi realizada no *Software* Qgis versão 3.16.10 [4]. No entanto, a classificação supervisionada por meio do aprendizado de máquina, foi desenvolvida em Linguagem R, versão 4.1.2 [5].

A partir da amostragem das espécies frutíferas contendo a resposta espectral, realizou-se a análise de variância (ANOVA) para verificar se houve diferença significativa nas culturas estudadas, e posteriormente aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade, a fim de observar se as faixas espectrais foram sensíveis para a diferenciação das espécies frutíferas.

A rotina para a classificação automática dos indivíduos foi realizada por meio da técnica de aprendizado de máquina a partir dos algoritmos RF, SVM e ANN. Com o intuito de verificar o potencial de generalização dos algoritmos, foi aplicado a validação cruzada, uma vez que consiste em um método robusto e frequentemente aplicada na identificação do ajuste das técnicas de aprendizado de máquina, seja nas operações de classificação, como de regressão [6]. Assim, a validação dos produtos obtidos foi realizada por meio da validação cruzada, do tipo *k-fold*, com 30 repetições, sendo avaliado o coeficiente Kappa. Após o teste estatístico foi possível indicar o(s) melhor(es) algoritmo(s) para a observação de áreas cultivadas com espécies frutíferas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação da radiação eletromagnética com a vegetação apresenta algumas propriedades, como espectros de absortância nas bandas do azul e do vermelho, bem como espectros de refletância na região do verde, sendo que a mesma pode variar conforme o volume, a espécie e a saúde da vegetação [7].

Na Figura 2 pode ser observado o comportamento da resposta espectral ao longo das faixas do visível, de modo que a resposta espectral das culturas da Uva e Manga, apresentaram maior refletância na faixa do verde e menor na faixa do azul e vermelho, assim é evidenciado que o comportamento espectral dessas espécies se assemelha com o comportamento espectral característico espécies frutíferas sadias, também se observou que a cultura do Caju apresentou menor refletância e absortância que as outras culturas estudadas. Quanto a análise de variância (ANOVA), observou-se diferença significativa nas culturas analisadas (Tabela 1 e Figura 3).

Da mesma forma, o teste de Tukey demostrou que todas as faixas espectrais estudadas foram sensíveis a resposta espectral para diferenciação das espécies frutíferas estudadas, ou seja, todas as culturas demonstraram ser estatisticamente diferentes um das outras nas três faixas do visível.

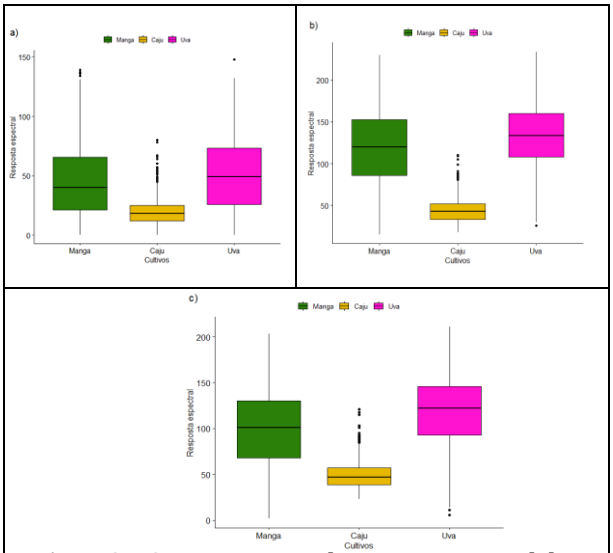


Figura 2 – Comportamento da resposta espectral das frutíferas ao longo das faixas do Azul (a), Verde (b) e Vermelho (c).

Bandas	F.V.	GL	SQ	QM	F (calculado)	Pr (>F)
Azul	Cultivos	2	536.755	268.377	378.2	2.0e-16***
	Resíduos	2996	2.125.994	710		
Verde	Cultivos	2	4.441.614	2.220.807	1.917	2.0e-16***
	Resíduos	2996	3.471.270	1.159		
Vermelho	Cultivos	2	2.545.114	1.272.557	1.128	2.0e-16***
	Resíduos	2996	3.379.291	1.128		

Nota: GL= graus de liberdade; SQ= soma dos quadrados; QM= Quadrado médio; F= razãoentre o modelo e o seu erro; Pr=probabilidade - significativo a 0***; 0.001**; 0.01 *, 0.05, 0.1,1.

Tabela 1 – ANOVA para a resposta espectral das espécies frutíferas.

Quanto ao mapeamento das espécies (Figura 3, 4 e 5), observou-se que o algoritmo SVM demonstrou melhor desempenho quando comparado aos demais algoritmos para a classificação da área de manga das variedades de Keitt e Palmer, da uva referente as diferentes fases fenológicas da cultura, bem como indivíduos de caju.

Corroborando com esses resultados, em um estudo desenvolvido por Rocha et al. [8] no qual realizou-se um comparativo entre classificadores, dentre os quais entre eles estavam o algoritmo RF e SVM, para classificar 15 diferentes frutas e vegetais, de modo que o SVM se mostrou superior ao RF e as outras técnicas de classificação. Os algoritmos RF e ANN apresentaram menor desempenho na classificação das variedades de manga, o que contribuiu para a redução em seus valores de Kappa e consequentemente uma pequena perda na qualidade da classificação.

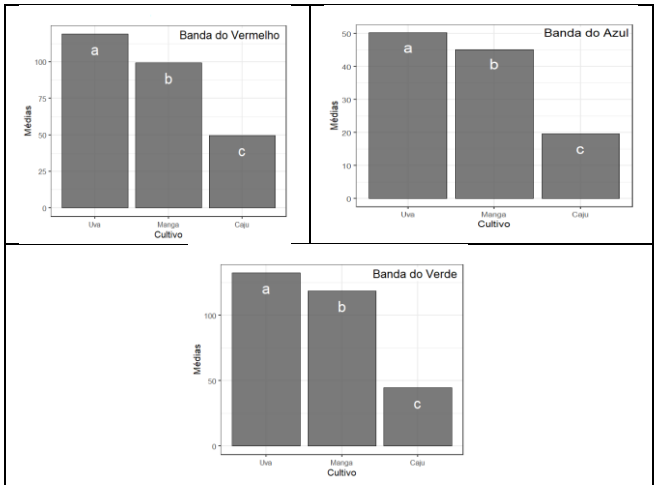
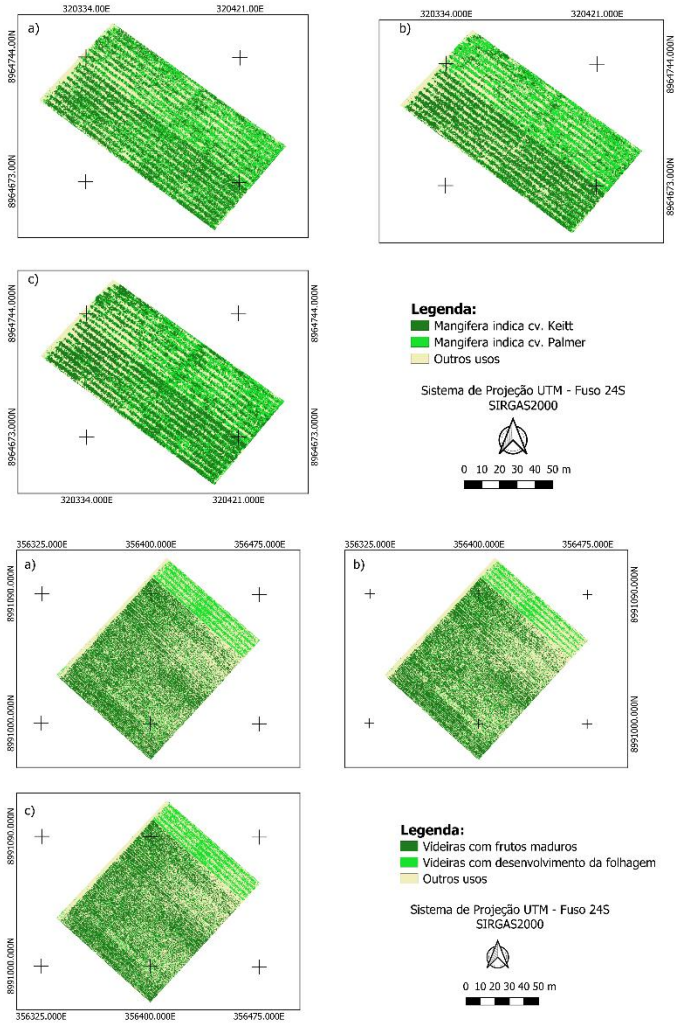


Figura 3– Teste de Tukey para a comparação das médias de reflectância nas faixas espectrais do visível para as frutíferas Uva, Manga e Caju.



Figuras 3 e 4- Classificação das variedades de Manga e fases fenológicas da Uva para os algoritmos RF (a), SVM (b) e ANN (c).

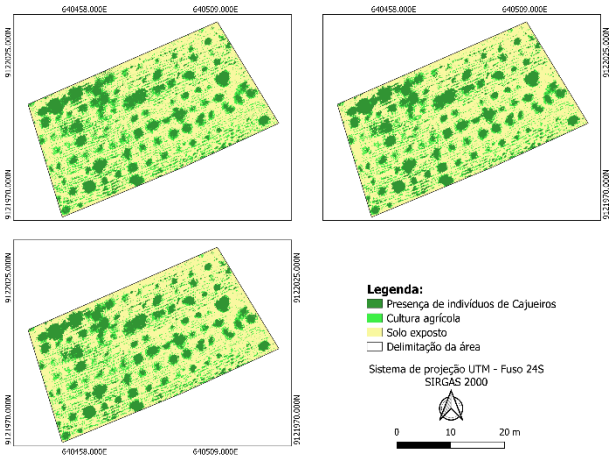


Figura 5 – Classificação do pomar de Caju para os algoritmos RF (a), SVM (b) e ANN (c).

Recomenda-se em estudos posteriores a inclusão de um sensor multiespectral na RPA para assim, avaliar a sensibilidade da banda do infravermelho na identificação de frutíferas no semiárido, o que permitirá a elaboração de maior número de variáveis explicativas, como índices de vegetação e assim, melhorar ainda mais as análises referentes à pomares comerciais de frutíferas.

4.CONCLUSÕES

A técnica de inteligência artificial utilizada foi eficiente, de modo que os três algoritmos testados apresentaram altos valores de Kappa, no entanto, o algoritmo SVM demonstrou englobar maior parte da variabilidade de campo e gerar melhor resultado. Observou-se precisão na identificação da espécie frutífera estudada, porém requer etapas de pós-processamento a fim de eliminar pixels isolados classificados erroneamente pelo algoritmo.

Assim, com a presente pesquisa será disponibilizada um método de identificação e mapeamento automático de espécies frutíferas de interesse comercial, bem como dispor de dados relevantes para descrever o comportamento espectral das mesmas em diferentes faixas do espectro eletromagnético.

5. REFERÊNCIAS

[1] BOLETIM DE INTELIGENCIA, 1. 2015, MERCADO DE FRUTICULTURA, **Panorama do setor no Brasil**; Disponível em: https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64ab878c176e5103877bfd3f92a2a68f/$File/5791.pdf . Acesso em: 4 abril. 2022.

[2] BUSTAMANTE, P. M. A. C. A fruticultura no Brasil e no Vale do São Francisco: vantagens e desafios. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 40, n. 1, p. 153-172, 2009.

[2] PASSOS, O. S.; SOUZA, J. da S. Considerações sobre a fruticultura brasileira, com ênfase no Nordeste. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Documentos** (INFOTECA-E), 1994.

[3] AGISOFT 2021. Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition, Version 1.7.5. Disponível em: <https://www.agisoft.com/downloads/installer/>. Acesso em: 19 dez. 2021.

[4] QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2021. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://www.qgis.org/>. Acesso em: 13 set. 2021.

[5] R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2022. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <http://www.R-project.org.> Acesso em: 12 jan. 2022.

[6] ALBA. E. Influência e análise da cobertura florestal na modificação do albedo com o uso de inteligência artificial e sensoriamento remoto. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Tese de doutorado, 121p. 2020.

[7] CRUZ. U. R. X. Conceitos, comportamento espectral dos alvos e fotointerpretação de imagens no QGIS, 2021. Disponível em:< https://www.nucleodoconhecimento.com.br/manual/geografia/imagens-no-qgis>. Acesso em: 13 jan. 2022.

[8] ROCHA, A. et al. Automatic fruit and vegetable classification from images. Computers and Electronics in Agriculture, 70(1):96–104, 2010.