

SENSORIAMENTO REMOTO NA FRUTICULTURA: REVISÃO E POTENCIAIS APLICAÇÕES NO BRASIL

Danielle Elis Garcia Furuya¹, Édson Luis Bolfe¹, Gustavo Bayma², Taya Cristo Parreiras³, Victória Beatriz Soares⁴, Victória Hellen Matusevicius e de Castro⁵ e Vitória Elisabeth Bruno⁶

¹Embrapa Agricultura Digital, CEP 13083-886, Campinas – SP, danielle.furuya@colaborador.embrapa.br, edson.bolfe@embrapa.br; ²Embrapa Meio Ambiente, CEP 13820-000, Jaguariúna -SP, gustavo.bayma@embrapa.br;

³Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), CEP 13083-855, t234520@dac.unicamp.br; ⁴Graduação em Geografia, Pontifícia Universidade Católica de Campinas - PUCC, Campinas-SP; victoria.leandro@colaborador.embrapa.br; ⁵Graduação em Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas-SP; v245192@dac.unicamp.br e ⁶Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), CEP 13083-855, vitoria.bruno@colaborador.embrapa.br

1. INTRODUÇÃO

RESUMO

A fruticultura desempenha um papel fundamental na alimentação, economia e na geração de empregos. O Brasil é um dos principais produtores mundiais de frutas e cada região se destaca pela produção de diferentes frutas em larga escala. Este estudo tem como objetivo analisar os artigos disponíveis no Web of Science que abordaram aspectos de sensoriamento remoto na fruticultura do Brasil. Foram analisados 42 artigos disponíveis e realizado um levantamento das informações referentes às frutas estudadas, os estados brasileiros que correspondem a área de estudo, entre outras informações. Além disso, são mostradas as potenciais aplicações em três Distritos Agrotecnológicos (DATs) que se destacam pela produção de frutas.

Palavras-chave — frutas, imagens, Boa Vista do Tupim, Breves, Vacaria.

ABSTRACT

Fruit growing plays a fundamental role in food, economy and job creation. Brazil is one of the world's leading fruit producers and each region stands out for the production of different fruits on a large scale. This study aims to analyze the articles available in the Web of Science that address aspects of remote sensing in fruit farming in Brazil. Forty-two available articles were analyzed and a survey was made of the information related to the fruits studied, the Brazilian states that correspond to the study area, among other information. In addition, the potential applications in three Agrotechnological Districts (DATs) that stand out for their fruit production are shown.

Key words — fruits, images, Boa Vista do Tupim, Breves, Vacaria.

A fruticultura é o ramo da agricultura voltado ao cultivo de frutas, com papel fundamental na economia e na segurança alimentar. O Brasil é um dos maiores produtores de frutas no mundo [1,2] e se destaca pela produção diversificada. Em 2023, o país produziu mais de 6,8 milhões de toneladas de bananas [3], mais de 1,1 milhão de toneladas de maçãs [4], 1,7 milhão de toneladas de uva [5], 1,6 toneladas de açaí [6] entre outras. O monitoramento da fruticultura é importante para garantir a qualidade na produção de safras. O sensoriamento remoto auxilia no mapeamento e apresenta vantagens na agricultura, pois fornece dados de diversas áreas, além de permitir o mapeamento com imagens de média e alta resolução [7,8,9]. A aplicação do sensoriamento remoto em fruticultura permite um monitoramento das condições e da saúde da colheita por meio de características da planta e da fruta, além de auxiliar no pós-colheita [9].

Diversos projetos têm como objetivo auxiliar o pequeno e médio produtor, como por exemplo o projeto Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital - CCD-AD/SemeAr liderado pela EMBRAPA [10]. Este projeto visa ampliar a produção e a produtividade no agronegócio com a inclusão de pequenos e médios produtores e inserção de tecnologias digitais como sensoriamento remoto e inteligência artificial [10]. Neste projeto, dez Distritos Agrotecnológicos (DATs) estão inclusos, sendo 5 distritos no estado de São Paulo e os demais nos estados de Minas Gerais, Bahia, Pará, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul.

Nesse contexto, o objetivo do estudo foi realizar uma revisão da literatura sobre fruticultura e sensoriamento remoto no Brasil, e posteriormente discutir as potenciais aplicações em três DATs do projeto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foi realizada uma revisão no Web of Science sobre fruticultura e sensoriamento remoto no Brasil com a seguinte chave de busca: TS = ((remote sensing OR sensoriamento remoto OR satellite image OR imagem de satélite OR image OR imagem) AND (fruit growing OR fruit OR orchard OR fruticultura OR fruta OR pomar) AND

nitrogênio do solo e das amostras de folhas, além de delimitar zonas de manejo de mangas por meio do procedimento geostatístico da cokrigagem. Outros estudos avaliaram diferentes características em frutas, como identificação de pragas [17], eficiência do uso da água em regiões semiáridas [18] entre outros.

3.2. Potenciais aplicações nos DATs

Dos Distritos Agrotecnológicos do projeto SemeAr, podem ser citados três DATs que se destacam pela produção de fruticultura. Breves (PA) se destaca pela produção de açaí, Boa Vista do Tupim (BA) se destaca pela produção de manga e Vacaria (RS) se destaca pela produção de maçã e uva (Figura 4).

Com base na revisão, foi possível identificar informações relevantes que podem ser aplicadas nos DATs. Biffi et al 2020 [15] apresenta um modelo capaz de detectar maçãs e auxiliar produtores. Os autores sugerem aplicar o modelo ATSS em outras frutas e variações de peso, cor e formato. O modelo pode auxiliar na detecção de maçã, uva, manga e açaí nos três DATs mencionados.

A utilização de imagens de alta resolução pode retornar maior precisão no mapeamento e monitoramento de frutas. A cada ano, novas resoluções espaciais e espectrais são aplicadas no mapeamento. As imagens Planet, por exemplo, permitem uma análise com resolução espacial de 3 metros e podem auxiliar o estudo da fruticultura. A variedade de dados de sensoriamento remoto (orbital e proximal) permitem realizar aplicações e comparações a fim de encontrar as condições ideais de mapeamento de pomares.

O aumento de artigos publicados a partir de 2021 indica um aumento no uso das técnicas de inteligência artificial (ML e DL) nos últimos anos. A combinação de sensoriamento remoto e IA pode otimizar a produção e prever possíveis danos aos pequenos produtores.

Apesar da revisão não retornar nenhum estudo com açaí, imagens de satélite e drones têm potencial de utilização em Breves (PA) para imagear as áreas de várzea, onde o açaí é amplamente cultivado, o que representa uma lacuna científica a ser explorada. As áreas alagadas apresentam características específicas que podem ser identificadas por sensoriamento remoto. As imagens têm potencial para o monitoramento da saúde das palmeiras e podem auxiliar na detecção de mudanças no ambiente, como variações na umidade e na vegetação. Além disso, algoritmos de ML e DL podem processar as imagens para mapear com precisão as áreas de produção e detectar possíveis ameaças ao cultivo, como pragas ou doenças.

Em Boa Vista do Tupim (BA), as áreas de cultivo de manga são visíveis em imagens de sensoriamento remoto de alta resolução espacial. O uso de algoritmos e redes avançadas como DeepLabv3+, ResNet e CNN podem auxiliar na identificação de padrões e monitorar o desenvolvimento das mangueiras, além de observar fatores como estresse hídrico.

Vacaria (RS) se destaca pela produção de maçã e uva. Imagens aéreas de alta resolução espacial (drone ou satélite), que capturam a regularidade dos pomares, podem auxiliar as áreas de plantio no DAT [19]. As condições climáticas temperadas podem ser monitoradas em conjunto com o desenvolvimento das macieiras por algoritmos de ML e DL, e permitir a detecção precoce de obstáculos. O uso das tecnologias mencionadas facilita o acompanhamento do crescimento das frutas, além de auxiliar na tomada de decisões para melhorar a eficiência da produção.

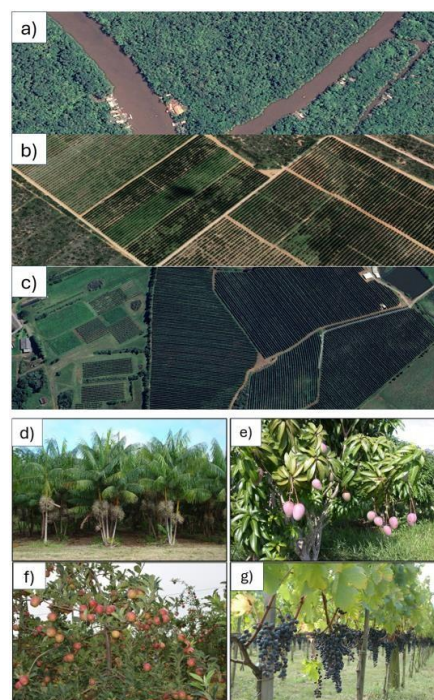


Figura 4. Áreas de produção de fruticultura: a) Pará, b) Bahia, c) Rio Grande do Sul; e Fotografias exemplificando os cultivos de d) Açaí [20], e) Manga [21], f) Maçã [22] e g) Uva [23].

4. CONCLUSÕES

Neste estudo foi realizada uma revisão dos estudos disponíveis no Web of Science sobre sensoriamento remoto e fruticultura no Brasil. De acordo com a revisão, o número de artigos aumentou consideravelmente a partir de 2021; os termos mais utilizados foram “precision agriculture” e “remote sensing”; dez estados brasileiros correspondem à área de estudo em pelo menos um artigo. Com base na resultados encontrados, foi possível analisar as potenciais aplicações em três DATs do projeto SemeAr liderado pela EMBRAPA. Dessa forma, os DATs podem se beneficiar de métodos já aplicados e precisos em áreas de fruticultura.

5. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento dos projetos 2022/09319-9, 2024/05205-4 e 2024/13150-5; à Embrapa Agricultura

6. REFERÊNCIAS

- [1] EMBRAPA, 2022. Ciência e tecnologia tornaram o Brasil um dos maiores produtores mundiais de alimentos. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/75085849/ciencia-e-tecnologia-tornaram-o-brasil-um-dos-maiores-produtores-mundiais-de-alimentos>. Acesso em 25 de setembro de 2024.
- [2] R. M. Vieira, A. R. Gonçalves, M. Brienzo. Comprehensive chemical characterization study of three major fruit residues from São Paulo State (Brazil): banana pseudostem, orange bagasse, and guava seed cake, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, p. 1-17, 2024.
- [3] IBGE. Produção de Banana. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/banana/br>>. Acesso em 25 de setembro de 2024.
- [4] IBGE. Produção de Maçã. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maca/br>>. Acesso em 25 de setembro de 2024.
- [5] IBGE. Produção de Uva. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/uva/br>>. Acesso em 25 de setembro de 2024.
- [6] IBGE. Produção de Açaí. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/acai-cultivo/br>>. Acesso em 25 de setembro de 2024.
- [7] A. Ozdarici-ok, A. O. Ok. Using remote sensing to identify individual tree species in orchards: A review, *Scientia Horticulturae*, v. 321, p. 112333, 2023.
- [8] X.X. Zhou, Y.Y. Li, Y.K. Luo, Y.W. Sun, Y.J. Su, C.W. Tan and Y.J. Liu. Research on remote sensing classification of fruit trees based on Sentinel-2 multi-temporal imageries, *Scientific Reports*, v. 12, n. 1, p. 11549, 2022.
- [9] C. Zheng, A. Abd-elrahman; V. Whitaker. Remote sensing and machine learning in crop phenotyping and management, with an emphasis on applications in strawberry farming, *Remote Sensing*, v. 13, n. 3, p. 531, 2021.
- [10] FAPESP. Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital - CCD-AD/SemeAr. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/111242/centro-de-ciencia-para-o-desenvolvimento-em-agricultura-digital-ccd-adsemar/>. Acesso em 25 de setembro de 2024.
- [11] F. Morishima; H. Lu; T. Kamiya. Generation of Super-Resolution Images from Satellite Images Based on Improved RCAN, In: 2022 22nd International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS). IEEE, 2022. p. 213-216.
- [12] D. Yan; G. Li; X. Li; H. Zhang; H. Lei; K. Lu; M. Cheng and F. Zhu. An improved faster R-CNN method to detect tailings ponds from high-resolution remote sensing images, *Remote Sensing*, v. 13, n. 11, p. 2052, 2021.
- [13] A. Mellit; S. Kalogirou. Artificial intelligence and internet of things to improve efficacy of diagnosis and remote sensing of solar photovoltaic systems: Challenges, recommendations and future directions, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 143, p. 110889, 2021.
- [14] Y. Himeur; B.Rimal; A.Tiwary and A. Amira. Using artificial intelligence and data fusion for environmental monitoring: A review and future perspectives, *Information Fusion*, v. 86, p. 44-75, 2022.
- [15] L.J. Biffi, E. Mitishita, V. Liesenberg, A. A. Santos, D. N. Gonçalves, N.V. Estrabis, J. A. Silva, L. P. Osco, A. P. M. Ramos, J. A. S.Centeno, M. B. Schimalski, L. Rufato, S.L.R. Neto, J. M. Junior and W. N. Gonçalves. ATSS deep learning-based approach to detect apple fruits, *Remote Sensing*, v. 13, n. 1, p. 54, 2020.
- [16] A.L.F.Lira, K.A.Silva, M.S.Rodrigues, C.G.P.Souza, F. B. R.Moreira, A.M.N.Lima. Spatial correlation between soil and leaf macronutrients in semiarid Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) fields, *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 43, n. 4, p. e-149, 2021.
- [17] C.A.Marchioro. Global potential distribution of *Bactrocera carambolae* and the risks for fruit production in Brazil, *PLoS One*, 11(11), e0166142.2016.
- [18] J.D.O.Costa, R.D.Coelho, E.A.Guimarães, C.A.Quiloango-Chimarro, A.L.T.Fernandes. Assessing the water use efficiency of irrigated fruit crops in semi-arid regions of Brazil using remote sensing and meteorological data, *Irrigation and Drainage*. 2024.
- [19] É.A.S. Moriya, N.N.Imai, A.M.G.Tommaselli, A.Bervegliieri, G.H.Santos, M.A.Souares, M.Marino, T.T.Reis. Detection and mapping of trees infected with citrus gummosis using UAV hyperspectral data, *Computers and Electronics in Agriculture*, 188, 106298. 2021.
- [20] EMBRAPA. Açaí. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/acai>>. Acesso em 02 de outubro de 2024.
- [21] EMBRAPA. Manga. Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/manga>>. Acesso em: 02 de outubro de 2024.
- [22] EMBRAPA. Aberta a safra da maçã 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/32021513/aberta-a-safra-da-maca-2018>>. Acesso em: 02 de outubro de 2024.
- [23] EMBRAPA. Viticultura gaúcha quase dobra área plantada em 20 anos. Disponível em: https://www.embrapa.br/pt/web/portal/agencia-de-noticias-embrapa/busca-de-noticias/-/noticia/21788150/viticultura-gaucha-quase-dobra-area-plantada-em-20-anos?p_auth=RjW83txd>. Acesso em 02 de outubro de 2024.