



MAPEAMENTO ESPACIAL DAS ÁREAS CITRÍCOLAS E VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NO CINTURÃO CITRÍCOLA EXPANDIDO PARA ESTUDO FITOSSANITÁRIO DA CULTURA

Rodrigo da Costa **Joaquim**¹; Sônia **Ternes**²; Alecio Souza **Moreira**³; Felipe de Souza **Machado**⁴

Nº 25607

RESUMO – Um dos grandes pilares econômicos do Brasil é a agropecuária, área em que a citricultura recebe destaque. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de citros, com destaque para a região do Triângulo Mineiro e Estado de São Paulo, conhecida como Cinturão Citrícola (CC). No entanto, diante das adversidades que os produtores agrícolas enfrentam, surge a necessidade da expansão do CC para municípios de estados como Goiás, Mato Grosso do Sul e Paraná, região chamada de Cinturão Citrícola Expandido (CCE). Este trabalho tem como objetivo analisar e espacializar indicadores climáticos dos municípios que compõem o CCE, por meio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Assim, busca-se mostrar como a cartografia aliada ao estudo fitossanitário pode contribuir para avaliar e evidenciar a relevância dos indicadores enquanto variáveis para modelos de predição e sua relação com ocorrência de pragas e doenças. Os resultados apontam para a concentração de médias térmicas em determinadas áreas, evidenciando sua importância no enfrentamento de problemas fitossanitários que podem impactar a citricultura no CCE. Os resultados também se mostram relevantes como apoio para a tomada de decisões estratégicas relacionadas à expansão da atividade citrícola.

Palavras-chaves: Agricultura, SIG, Análise Espacial, Python, Variáveis Climáticas, Estudo Fitossanitário.

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Geografia, PUCC, Campinas-SP; rodrigo.costa.joaquim@gmail.com.

2 Orientadora: Pesquisadora da Embrapa Agricultura Digital, Campinas-SP; sonia.ternes@embrapa.com.

3 Pesquisador da Embrapa Agricultura Digital, Campinas-SP.

4 Bolsista FUNDAG: Graduação em Geografia, Unicamp, Campinas-SP.



ABSTRACT – *One of the main economic pillars of Brazil is agriculture and livestock, an area in which citrus farming stands out. Brazil is one of the world’s largest citrus producers, with emphasis on the Triângulo Mineiro region and the state of São Paulo, known as the Citrus Belt (CB). However, given the adversities that agricultural producers face, there is a need for the expansion of the CB to municipalities in states such as Goiás, Mato Grosso do Sul, and Paraná, a region called the Expanded Citrus Belt (ECB). This study aims to analyze and spatialize climatic indicators of the municipalities that make up the ECB, through Geographic Information Systems (GIS). Thus, it seeks to show how cartography, combined with phytosanitary studies, can contribute to evaluating and highlighting the relevance of the indicators as variables for prediction models and their relationship with the occurrence of pests and diseases. The results point to the concentration of average temperatures in certain areas, highlighting their importance in addressing phytosanitary problems that can impact citrus farming in the ECB. The results also prove to be relevant as support for strategic decision-making related to the expansion of citrus farming.*

Keywords: Agriculture, GIS, Spatial Analysis, Python, Climate Variables, Phytosanitary Study.

1. INTRODUÇÃO

O setor agropecuário desempenha um papel fundamental na economia brasileira, tanto pela geração de empregos quanto pela movimentação de capital, representando cerca de 23,2% do PIB brasileiro total em 2024 (CNABRASIL, 2025). A citricultura recebe destaque, sendo o Brasil um dos maiores produtores mundiais de laranja, com a safra de 2024/25 totalizando 230,87 milhões de caixas de 40,8 kg (FUNDECITRUS, 2025), com sua produção concentrada em São Paulo e Triângulo Mineiro, região conhecida como Cinturão Citrícola (CC). Com a ocorrência de pragas e doenças que impactam negativamente a produção, como a principal doença de citros, denominada Huanglongbing (HLB), citricultores buscam a migração para áreas de plantio onde o HLB ainda não esteja presente, como Goiás, Mato Grosso do Sul e Paraná, denominando-se essa nova região como Cinturão Citrícola Expandido (CCE) (MOREIRA et al., 2023).

Dada a importância da citricultura no Brasil, é fundamental compreender e solucionar os desafios enfrentados na produção, com foco na criação e no aperfeiçoamento de técnicas que contribuam para a redução destes problemas (NEVES et al., 2010).

Nesse contexto, a cartografia e o estudo fitossanitário contribuem do ponto de vista estratégico para o monitoramento e estudos de técnicas para prever e prevenir futuros acontecimentos que possam vir a comprometer a cultura (MATUSEVICIUS et al., 2023).



A cartografia pode ser utilizada como ferramenta de auxílio de tomadas de decisões, uma vez que ao espacializar uma variável, torna-se claro a relevância do espaço e suas relações. Com o uso de técnicas cartográficas em SIG, é possível integrar e analisar dados, ilustrando a informação. Detalhar e espacializar dados sobre temperaturas, precipitação, umidade, entre outros, facilita entender a dinâmica climática presente no espaço, especialmente ao longo do tempo (SOUZA, 2015).

Ao utilizar o mapeamento aliado com o estudo fitossanitário, que analisa a sanidade das plantas e os fatores que podem comprometer seu desenvolvimento, é possível estabelecer relações entre as variáveis utilizadas e a ocorrência de doenças e pragas. Assim, neste trabalho foram utilizadas essas técnicas para analisar o Cinturão Citrícola Expandido, buscando mostrar visualmente quais variáveis podem ser mais pertinentes para combater e prevenir problemas na produção de citros.

Este trabalho tem como objetivo considerar, testar e espacializar variáveis climáticas, a fim de definir quais as mais importantes a serem consideradas na análise do estudo fitossanitário da citricultura no CCE, servindo de base para outros projetos de planejamento de expansão de plantio de citros.

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto Fapesp 2023/02915-8 com apoio do Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados foram fornecidos, em parceria, pelo Fundecitrus e pela Embrapa, além da coleta de dados espaciais no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para processamento, ferramentas como o Virtual Code Studio (VSCode) e QGIS foram escolhidas, assim suprimindo as necessidades de padronização, espacialização e combinação das informações.

As informações utilizadas consideram datas de 2014 até 2023, sendo assim, quase uma década de dados climáticos foram utilizados no estudo.

2.1. Caracterização da área de estudo

Para o estudo, a área escolhida, exibida na Figura 1, foi o CCE, considerando a necessidade de expansão do CC e a intenção de analisar o comportamento da dinâmica climática local de cada município, considerando variáveis que têm maior influência sobre a citricultura, pensando especialmente na questão de pragas e doenças em citros.

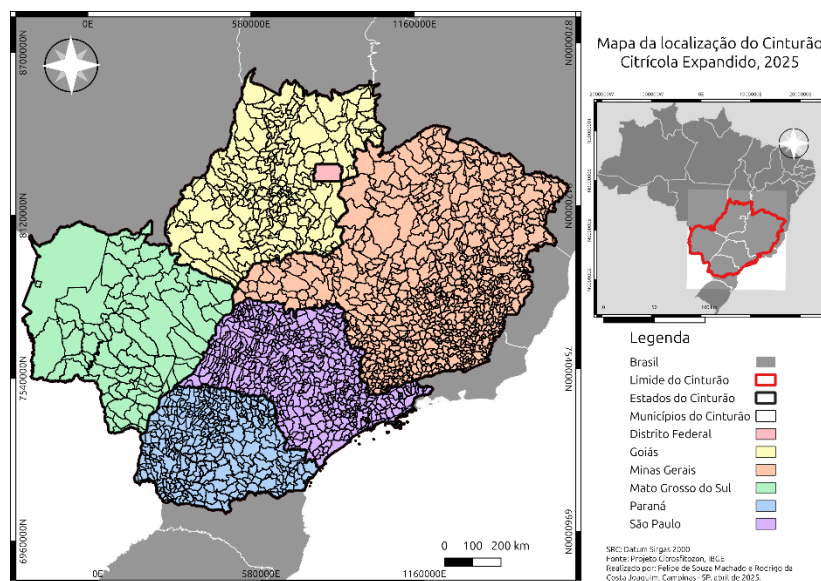


Figura 1. Mapa de localização do CCE.

2.2. Coleta de dados

Os dados utilizados foram fornecidos pela Fundecitrus no projeto FAPESP, onde este trabalho foi produzido, em conjunto com a Embrapa. Foram coletados dados de cinco empresas diferentes, contando com 82 fazendas e 2947 talhões, de forma estimada. Ademais, também foi utilizada a base de dados climáticos da Embrapa, onde foram extraídos os dados climáticos de CHIRPS e NASAPOWER e fornecidos para tratamento e a realização desse projeto, considerando a dimensão temporal de 2014 até 2023. Dados espaciais, como os *shapefiles* de municípios e estados, assim como seus respectivos geocódigos, foram coletados do site do IBGE.

Após a obtenção dos dados, ainda assim foi necessário padronizá-los e complementá-los, de forma que ao final fosse possível relacionar e espacializar as informações desejadas sem problemas, passos estes que são descritos a seguir.

2.3. Tratamento de dados em Python

Utilizando códigos em linguagem de programação Python, no ambiente de programação Virtual Studio Code (VSCode), foi possível criar tabelas que pudessem ser padronizadas e, posteriormente, unidas ao *shapefile* no sistema de informação geográfica (SIG) denominado QGIS. Com a tabela de dados climáticos de 2014 até 2024, foram adicionados os geocódigos das cidades, relacionando pelo nome da cidade e a sigla de sua unidade de federação.

Assim, como é possível ver na Tabela 1, as tabelas resultantes possuíam os seguintes campos: “NM_MUN”, o nome do município, “geocodi”, o geocódigo do município de acordo com o IBGE, “SIGLA_UF”, a sigla do estado ao qual o município pertence, uma vez que podem conter o mesmo nome em estados diferentes, “meso_ibge”, a mesorregião do município de acordo com o IBGE, “Tabsmax”, a maior temperatura registrada na amplitude temporal da coleta, “Tabsmin” a

menor temperatura registrada na amplitude temporal da coleta, “T” a temperatura média registrada na amplitude temporal da coleta, “Tmax” a temperatura máxima média registrada na amplitude temporal da coleta, “Tmin”, a temperatura mínima média registrada na amplitude temporal da coleta e “prec”, a precipitação acumulada registrada na amplitude temporal da coleta.

Tabela 1. Tabela de variáveis dos dados climáticos utilizados.

NM_MU	geocodi	SIGLA_UF	meso_ibg	Tabsmx	Tabsmín	T	Tmax	Tmin	prec
N			e						

2.4. Espacialização em SIG

Nesta fase, o QGIS foi a ferramenta utilizada, começando por inserir os *shapefiles* necessários para a produção dos mapas, sendo eles os estados e os municípios do Brasil. Após isto, foram recortados os estados pertencentes ao CCE, bem como seus municípios, melhorada a clareza e realizada a limpeza do banco de dados geográficos.

Com o território brasileiro ao fundo, o contorno dos estados do CCE e a divisão de seus municípios, foi inserida a tabela, utilizando a ferramenta “Join”, realizando uma ligação entre o *shapefile* de municípios e a tabela dos dados climáticos, ambas pelo campo “geocodi”, o geocódigo municipal do IBGE. Com esse passo realizado, todas as informações da planilha agora se encontravam no *shapefile*, separadas por municípios, fazendo a visualização do espaço ser clara e objetiva.

Por fim, o último passo necessário foi criar o *layout* e a simbologia de exposição do mapa, dividindo os valores dos campos em cinco classes de cores graduadas utilizando o método de Jenkins disponível no próprio QGIS, levando em consideração as convenções cartográficas do IBGE para uma melhor compreensão e acessibilidade do mapa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando as informações obtidas e a necessidade de utilizar dados que sejam compatíveis com uma análise de grande amplitude temporal, foi decidido utilizar as temperaturas médias, uma vez que é mais fácil identificar a tendência climática do local, se aproximando mais do objetivo do trabalho.

Como pode-se ver na Figura 2, com a espacialização da diferença de área de plantação de citros nesses municípios entre 2014 e 2023, é possível ver quais locais cresceram, diminuiram ou se mantiveram, visualizando a dispersão da produção e podendo considerar quais cidades podem necessitar mais atenção.

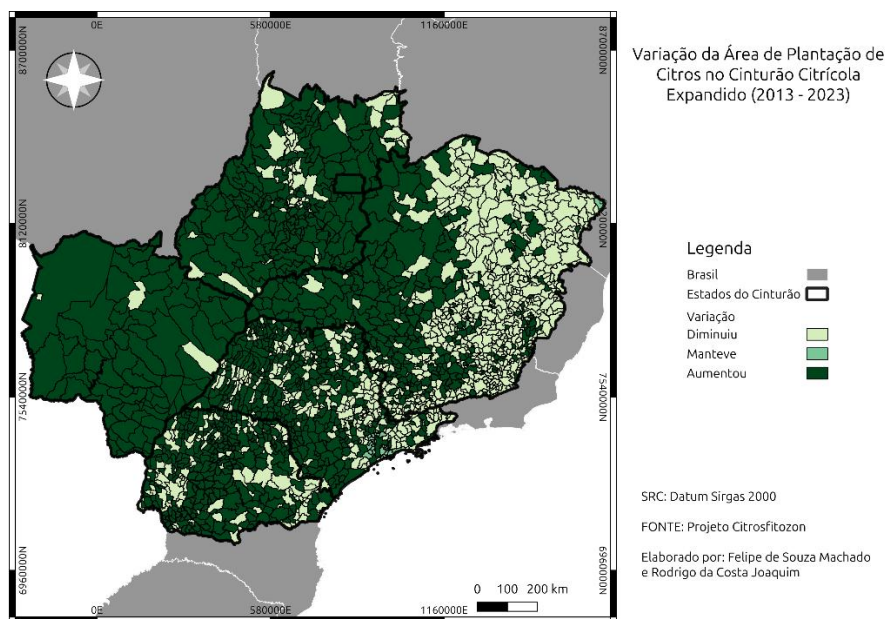


Figura 2. Variação de área de plantio de citros no CCE entre 2014 e 2023.

Na Figura 3, observa-se que a média das temperaturas máximas nos permite inferir quais áreas têm uma tendência a serem mais quentes.

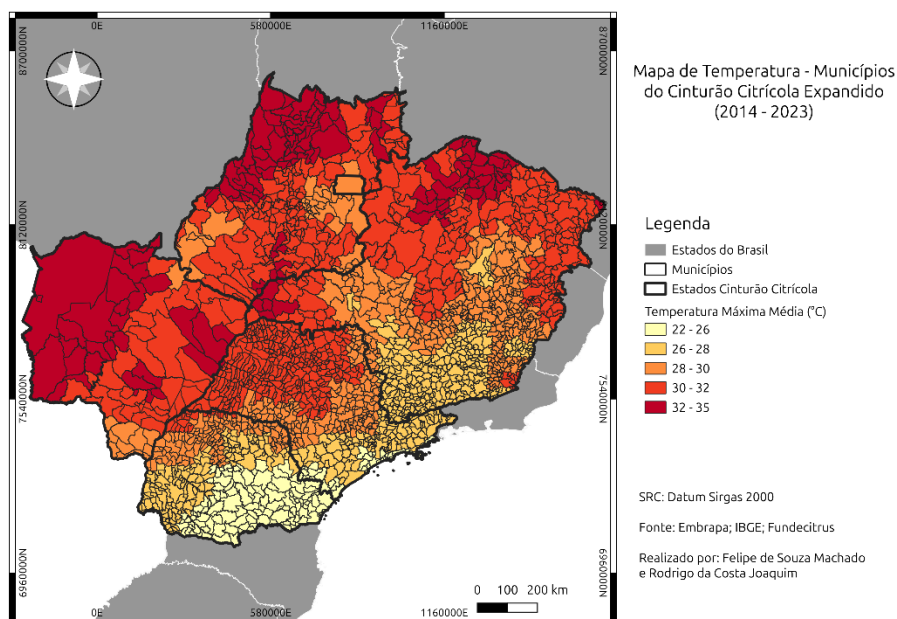


Figura 3. Mapa de temperatura máxima média no CCE entre 2014 e 2023.

Em comparação, pode-se analisar a Figura 4, que mostra as áreas de menor temperatura durante esse mesmo recorte temporal, reforçando a diferença de quais municípios têm uma tendência mais favorável ao desenvolvimento de doenças e pragas. Como destaque, os nortes dos estados de São Paulo, Goiás e Minas Gerais e oeste do Mato Grosso do Sul apresentam a concentração de temperaturas máximas médias mais elevadas.

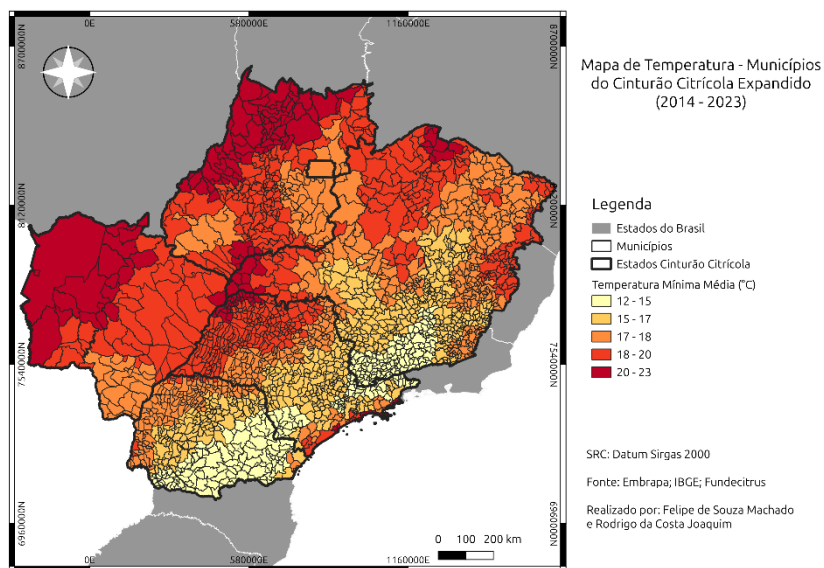


Figura 4. Mapa de temperatura mínima média no CCE entre 2014 e 2023.

Considerando o mapa apresentado na Figura 5, observa-se que, nas áreas que se repetem nos três mapas, a concentração das temperaturas máximas, médias e mínimas coincidem nas mesmas regiões, indicando uma distribuição espacial coerente.

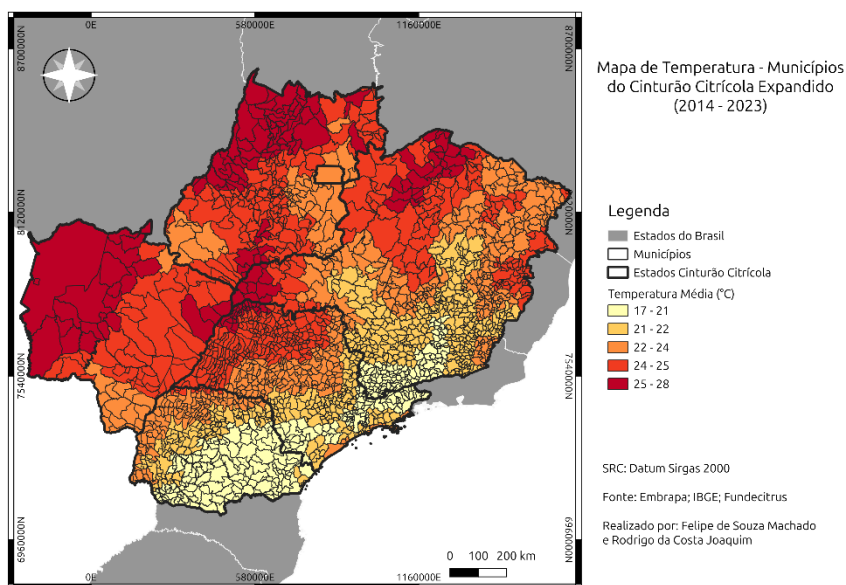


Figura 5. Mapa de temperatura média no CCE entre 2014 e 2023.

Por fim, o mapa apresentado na Figura 6 mostra a precipitação acumulada nos municípios, contribuindo na análise para compreender quais são as áreas mais quentes e mais úmidas do CCE. Como é possível observar, é na região sul e no litoral do estado do Paraná, assim como no litoral do estado de São Paulo, que se observa o maior acúmulo de precipitação.

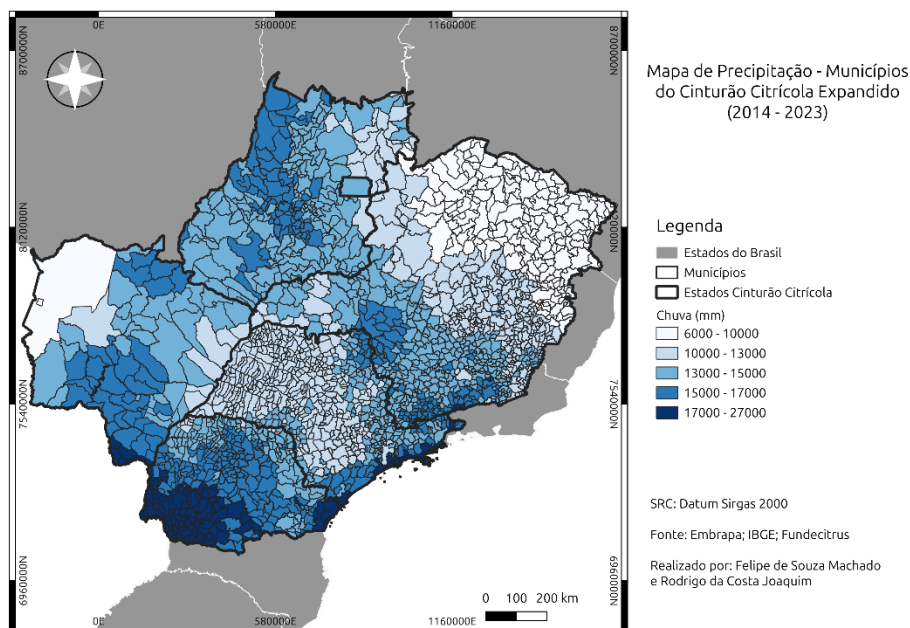


Figura 6. Mapa de precipitação no CCE entre 2014 e 2023.

4. CONCLUSÃO

Neste estudo, variáveis climáticas foram espacializadas e analisadas. As variáveis que mais se encaixam no tipo de análise temporal para estudo fitossanitário foram as temperaturas máximas médias, temperaturas médias, temperaturas mínimas médias e precipitação, considerando que áreas quentes e úmidas favorecem o desenvolvimento de doenças citadas anteriormente, como o HLB.

Ao visualizar as variáveis no espaço, é possível estabelecer padrões de temperaturas e relações, especialmente se analisadas com a ocorrência de pragas e doenças. Com isso, também é possível observar quais regiões podem ser de maior interesse para a produção de citros e quais podem apresentar mais desafios.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pelo apoio financeiro, por meio da bolsa concedida para o desenvolvimento deste trabalho, à Embrapa pela oportunidade e à FAPESP (n. 2023/02915-8) pelo suporte institucional, por meio do projeto no qual esta pesquisa está inserida.

6. REFERÊNCIAS

BARBOSA, Letícia; MINGOTI, Rafael; PESSOA, Maria Conceição Peres Young. **Avaliação do modelo CLIMEX em zoneamentos de áreas favoráveis ao desenvolvimento de *Diaphorina citri* e *Tamarixia radiata*.** In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – CIIC, 18., 2024, Campinas. *Anais [...]*. Campinas: Instituto Agrônomo (IAC), 2024. 12 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1168006>. Acesso em: 22 mai. 2025.

CNA BRASIL. *Desempenho do quarto trimestre reverte a tendência de queda anual e PIB do agronegócio avança 1,81% em 2024.* 2025. Disponível em: <https://cnabrasil.org.br/publicacoes/desempenho-do-quarto->



trimestre-reverte-a-tendencia-de-queda-anual-e-pib-do-agronegocio-avanca-1-81-em-2024. Acesso em: 21 mai. 2025.

FUNDECITRUS. *Safra de laranja 2024/25 é encerrada com produção total de 230,87 milhões de caixas*. 2024. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/noticias/integra/safra-de-laranja-202425-e-encerrada-com-producao-total-de-23087-milhoes-de-caixas/1816>. Acesso em: 21 mai. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Manual Técnico T 34-700 – Convenções Cartográficas*. Brasília: IBGE, 1993. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/1/2596/1/T-34-700-1-Parte.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *IBGE Cidades*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 mai. 2025.

MATUSEVICIUS, Vitória Hellen; PARREIRAS, Taya Cristo; BOLFE, Édson Luis; VICENTE, Luiz Eduardo. **Mapeamento da citricultura com imagens Sentinel-2 e Random Forest: o exemplo de Casa Branca**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 20., 2023, Florianópolis. *Anais [...]*. São José dos Campos: INPE, 2023. p. 2229–2232. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1152989/1/AA-VicenteLE-XX-SBSR-2023-Ref-156131.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2025.

NEVES, Marcos Fava et al. **O retrato da citricultura brasileira**. 2. ed. Ribeirão Preto: FEA-RP/USP; Markestrat; CitrusBR, 2010. 96 p. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/88967511/Retrato-Citricultura-Brasileira-Marcos-Fava>. Acesso em: 28 mai. 2025.

SOUZA, Valéria Nogueira de. **Aplicações de sistemas de informação geográfica (SIG) ao meio rural**. 2015. 33 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/22666/1/MD_GAMUNI_2014_2_126.pdf. Acesso em: 28 mai. 2025.