

APLICAÇÕES AMBIENTAIS NA CULTURA DA BANANA POR IMAGENS E TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO EM SANTA CATARINA

Cristina Pandolfo¹, Kleber Trabaquini², Márcio Sônego³

Resumo

Acompanhando os avanços da tecnologia, a atividade agrícola não poderia ficar de fora. O setor primário, tão importante para a economia brasileira, renova-se seguindo a quarta revolução industrial. Ainda longe de ser uma prática extensivamente usada, aos poucos vai incorporando as geotecnologias que auxiliam o planejamento e o manejo da lavoura, sob a ótica da variabilidade existente no campo. De um pacote tecnológico que abrange desde os conceitos de cartografia, uso de Sistemas de Informações Geográficas e Posicionamento Global, uso de imagens de satélites, modelos de produtividade das culturas, diversos sensores de monitoramento de solo e planta, incluindo análises de grande quantidade de dados geoespacializados, os veículos aéreos não tripulados (VANTs) se popularizam pelas finalidades de uso pela diversidade de sensores que podem gerar imagens com múltiplas finalidades. O objetivo desse trabalho foi dar início a um estudo de caso aplicado à cultura da banana em propriedade do Município de Treze de Maio, Região Sul de Santa Catarina, utilizando dois níveis de aquisição de imagens, satélite e drone. Imagens de satélite e drone foram digitalizadas e analisadas informações oriundas do NDVI e topografia. As tecnologias integradas possibilitam alavancar a produtividade por meio da redução de custos, otimização de processos e melhoria na tomada de decisão. Ambas fontes de informações, VANTs e imagens de satélites, têm sua importância de formas diferentes. As imagens aéreas de alta resolução, possibilitam um manejo mais preciso da cultura e identificação de ocasionaisidades, compreendendo a variabilidade do terreno e demais atributos ambientais. Já as imagens de satélite, auxiliam na análise temporal, já que podem ser acessadas imagens pretéritas e conseqüentemente, auxiliam no entendimento dos padrões espectrais da cultura. Um aspecto prático e bastante importante para a projeção dos custos de produção é a otimização da força de trabalho na lavoura, inclusive minimizando os riscos associados aos trabalhos técnicos em locais de difícil acesso. A expansão de área cultivada com banana pode ser estimulada na identificação de áreas em encostas e terrenos irregulares que possuem atributos favoráveis ao cultivo da espécie, respeitando a aptidão de uso da terra.

Eng.-agr., Dra, Epagri/CIRAM, Florianópolis, SC, Brasil. Fone: 55 48 366-55134, cristina@epagri.sc.gov.br.

² Eng.-agr., Dr, Epagri/CIRAM, Florianópolis, SC, Brasil. Fone: 55 48 366-55121, klebertrabaquini@epagri.sc.gov.br

³ Eng.-agr., Dr, Epagri/EEUR, Urussanga, SC, Brasil. Fone: 55 48 366-51933, sonego@epagri.sc.gov.br

Introdução

Acompanhando os avanços da tecnologia, a atividade agrícola não poderia ficar de fora. O setor primário, tão importante para a economia brasileira, renova-se seguindo a quarta revolução industrial. Ainda longe de ser uma prática extensivamente usada, aos poucos vai incorporando as geotecnologias que auxiliam o planejamento e o manejo da lavoura, sob a ótica da variabilidade existente no campo. De um pacote tecnológico que abrange desde os conceitos de cartografia, uso de Sistemas de Informações Geográficas e Posicionamento Global, uso de imagens de satélites, modelos de produtividade das culturas, diversos sensores de monitoramento de solo e planta, incluindo análises de grande quantidade de dados geoespacializados, os veículos aéreos não tripulados (VANTs) se popularizam pelas finalidades de uso pela diversidade de sensores que podem gerar imagens com múltiplas finalidades. A afirmação de Gerar Sylvester da Food and Agriculture Organization denota a importância dos vants na condução da agricultura: “In the current milieu, use of sustainable information and communication technology in agriculture is not an option. It is a necessity”. FAO-ITU (2018).

As tecnologias referentes ao sensoriamento remoto, auxiliado pelos produtos originados de imagens orbitais e de drones oferecem uma significativa gama de informações, podendo ser utilizados para etapas básicas, como a identificação da cultura, mensuração de área plantada ou até mesmo para monitoramento agrícolas para estimativa de produtividade, identificação de patologias e estresse hídrico (WEI et al., 2021).

Em relação aos VANTs, além dos sensores específicos para funcionamento e para o controle de vôo, outros sensores são acoplados ao equipamento, escolhidos em função da necessidade de finalidades diversas. Câmeras especiais, como câmeras infravermelhas, câmeras multiespectrais e hiperespectrais, podem ser usados para extrair mais informações das imagens. A câmera infravermelha funciona na pequena banda do espectro, ou seja, o espectro infravermelho. Esta câmera pode ser usada, por exemplo, para detectar animais vivos no campo e ajudar no processo de colheita de campo. Câmeras multiespectrais e hiperespectrais podem fornecer mais informações do que a câmara de infravermelho. Por outro lado, os algoritmos de pós-processamento nas imagens tiradas dessas câmeras são também mais complexos do que o da câmera infravermelho (HARTANO et al., 2019).

Diversas ações podem ser otimizadas pelos VANTs na agricultura. Entre eles, podem ser citados: medição precisa de terrenos (cálculo de área, mapeamento, inspeção agrícola); determinação do estande de plantas (detecção de falhas no plantio auxilia na decisão de renovação ou não dos pomares); monitoramento da saúde das plantas (captação de dados da sanidade da lavoura); pulverização localizada (adubação foliar, aplicação de pesticidas e liberação de agentes de controle biológico contra pragas); aquisição de dados multiespectrais (obtenção de métricas e parâmetros específicos da planta e lavoura para detectar insetos e plantas invasoras, quantificar injúrias, práticas de manejo e conservação do solo e água, manchas de fertilidade, estresse hídrico da lavoura) para gerenciamento de agricultura de precisão.

As imagens de satélite representam uma importante fonte de dados para estudos acerca de uma determinada cultura, em função de gerarem informações objetivas, com adequada

caracterização espacial e temporal. Um dos índices mais empregados em estudos acerca da vegetação é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (do inglês Normalized Difference Vegetation Index - NDVI), proposto por Rouse et al. (1973), que relaciona a reflectância da vegetação nos comprimentos de onda do vermelho e do infravermelho próximo e é considerado um indicador da biomassa verde presente na área imageada. Dados sequenciais de NDVI podem ser empregados no monitoramento do ciclo de crescimento e desenvolvimento das culturas agrícolas por meio da caracterização dos padrões de resposta da cobertura vegetal decorrentes do ciclo fenológico e das atividades de manejo.

Nos últimos anos tem se observado que o sensoriamento remoto, amplamente difundido por suas diversas aplicações, está sendo complementado com novas tecnologias de sensores proximais, sendo capazes de gerar dados em alta resolução espacial, neste caso os VANTs. Esses sensores proximais realizam medições no solo por contato direto por sensores ativos de reflectância de dossel e espacial por câmeras multiespectrais acopladas em drones (JORGE, INAMASU, 2014; SHIRATSUCHI et al. 2014).

Estudo de caso na banana

A bananicultura é a fruta com maior área de produção no estado de Santa Catarina, ocupando 28 mil hectares. A atividade é importante para a pequena propriedade familiar rural porque gera bom retorno econômico mesmo que os bananais sejam em média de 6 hectares (SOUSA & CONCEIÇÃO, 2002).

A bananeira tem origem em clima tropical quente e chuvoso do sudeste asiático (ROBINSON, 1996). Em Santa Catarina o clima é subtropical e apresenta algumas limitações para seu cultivo, destacando-se as baixas temperaturas no inverno e eventos de ventos fortes em qualquer época do ano (SOUSA & CONCEIÇÃO, 2002). A temperatura mínima basal para o crescimento de folhas de bananeira do subgrupo Cavendish foi determinada como 12,6°C no município de Siderópolis-SC, o que explica o maior crescimento das plantas no verão e o menor crescimento no inverno em clima subtropical (SÔNIGO et al, 2008). O frio do inverno pode causar perdas de folhas e até frutas quando da ocorrência de geadas, além dos danos na qualidade da casca da fruta (“chilling”) por causa do vento frio do inverno. Os ventos constantes na primavera e início de verão causam a ruptura do limbo das folhas e a perda da capacidade fotossintética (MOREIRA, 1999), além de que ventos extremos podem causar tombamento de plantas e até perda total de produção (RODRIGUES & ARAÚJO, 2004).

Apesar do clima subtropical ter chuvas bem distribuídas ao longo do ano, eventos de estiagem acontecem em Santa Catarina com efeitos sobre os bananais que podem apresentar amarelecimento por deficiência hídrica, pela maior severidade do mal-do-Panamá (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*), e pela maior incidência do ácaro vermelho (*Tetranychus abacae*) nas folhas (BELTRAME et al, 2017). O efeito do estresse hídrico na bananicultura catarinense ainda carece de estudos de campo.

A severidade da doença foliar mal-de-Sigatoka causada por fungos do gênero *Mycosphaerella* têm causado perdas significativas na produção de bananas, caso não seja bem controlada (CORDEIRO, 1997). O adequado manejo desta doença envolve o sistema de pré-aviso

biológico que indicaria o momento adequado para a pulverização dos bananais, a qual tem sido feita via aérea no litoral norte do estado, e via terrestre no litoral. O uso da pulverização com drone seria uma medida inovadora, conforme experiência realizada no município de Jacinto Machado-SC no ano de 2019.

As mudanças climáticas têm demonstrado que a área de produção de bananas pode ser expandida em Santa Catarina (PANDOLFO et al, 2007). A diminuição do frio de inverno já vem sendo sentida por produtores que passaram a cultivar bananas mesmo em área de baixada mais sujeitas a geadas, como visto na comunidade de Vila Bittencourt no município de Santa Rosa do Sul-SC.

São muitos os fatores importantes do monitoramento dos bananais e que podem ser avaliados pelas imagens orbitais. Podem ser citados: a determinação da real densidade de plantas do bananal e a necessidade de replantios; o vigor das plantas nos diferentes talhões da plantação; o vigor das plantas ao longo do ano; determinação dos danos causados pelo frio do inverno, pelos ventos, pelas estiagens, pela incidência das doenças mal-do-Panamá e mal-de-Sigatoka; a resposta das plantas aos tratamentos culturais como adubação, pulverização e outros. Compreender que a resposta a todos esses fatores ocorre de maneira heterogênea na lavoura, justifica a adoção de tecnologias associadas à aquisição e interpretação de imagens orbitais.

Metodologia

O local de estudo está localizado no município de Treze de Maio (28°31'38" W, 49°08'21"S), Litoral Sul de Santa Catarina. O bananal foi estabelecido no ano de 2012 com a variedade Prata Catarina, com espaçamento de 4m entre linhas e 2,5m entre plantas. Anterior ao estabelecimento da cultura da banana, havia no local o cultivo de plantas anuais (milho e feijão).

No presente trabalho foi utilizado o produto MOD13Q1 fornecido pelo sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) entre o período de novembro de 2015 a setembro de 2020, cobrindo todo o ano/safra do ciclo da bananeira para gerar o perfil espectral do pomar de banana. Esse produto apresenta imagens compostas em intervalos de 16 dias contendo o índice de vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) com resolução espacial nominal de 250 m, totalizando 23 imagens por ano.

Os dados dos índices de vegetação NDVI das séries temporais MODIS foram obtidos a partir do Sistema de Análise Temporal da Vegetação – SATVeg (SATVEG, 2021), implementado pela Embrapa Informática Agropecuária. O sistema foi desenvolvido para facilitar e agilizar o acesso e visualização de séries temporais de dados de NDVI e EVI do sensor MODIS, a partir de uma plataforma disponível na Internet. Neste estudo, foram obtidos valores de NDVI e EVI filtrados através do método Savitzky-Golay (SAVITZY & GOLAY, 1964).

A imagem aérea foi adquirida no dia 22 de março de 2021, horário 9 horas, aproximadamente a 120m de altura do solo por um VANT modelo Phantom 4 Multiespectral. As imagens foram digitalizadas no software 4PIX 4D. (YUPI Drones, 2021).

Resultados e Discussão

Através das imagens MODIS, foi identificado que o pico vegetativo da bananeira (valor máximo NDVI) da cultura, os quais se apresentam entre os meses de fevereiro e abril, como demonstrado na Figura 1. Já os meses de setembro e outubro apresentam os valores mínimos de NDVI. Estes dados auxiliam no monitoramento fenológico da cultura, bem como na instrumentação agrícola, gestão da informação e indicadores de produção, dando um suporte para uma tomada de decisão do agricultor para o manejo mais apropriado e eficiente em cada talhão. A vantagem das imagens orbitais estão na resolução temporal, onde é possível avaliar durante anos, o desenvolvimento da cultura, e identificar padrões espectrais da do talhão.



Figura 1. Comportamento espectral da banana com MODIS no período de 2015 a 2020.

O NDVI é um dos índices mais conhecidos e utilizados para analisar taxas de fotossíntese das plantas, e verificar saúde e desenvolvimento da cultura (Figura 2.). Do ponto de vista diagnóstico, auxilia a determinação da espécie, práticas de manejo, se há exposição de solo, rotação de cultura, datas associadas à colheita, por exemplo. Na Figura 2, observa-se o NDVI evidenciando a heterogeneidade da cobertura vegetal na lavoura.

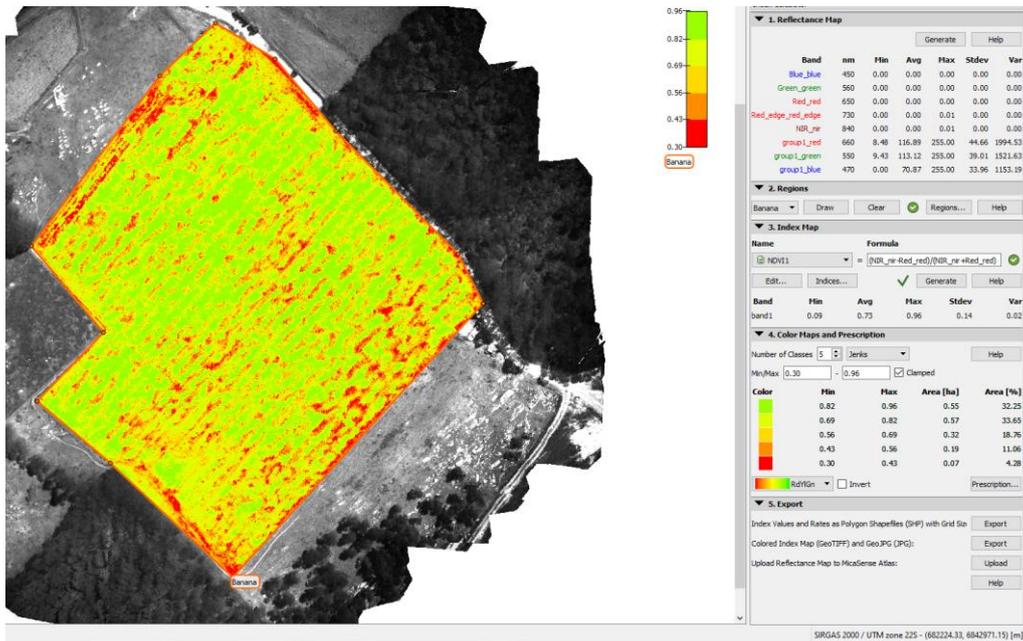


Figura 2. NDVI calculado a partir da interpretação de imagens adquiridas em pomar de banana gerada por VANT (a) (YUP Drones, 2021).

Na Figura 3, é demonstrada uma imagem do VANT e uma imagem orbital, onde é possível identificar a diferença de resolução espacial entre as imagens. A imagem originada do VANT com 10 cm de resolução espacial é melhor visualizada se comparada a imagem orbital, de 2 m. Neste sentido, as imagens realizadas por VANTs possuem a capacidade de resolução espacial melhor, possibilitando análises com maior detalhamento.



Figura 3. Imagem sobre um pomar de banana gerada de VANT (a) (YUP Drones, 2021) e uma imagem orbital (b) (SATVEG, 2021)

Em uma primeira análise, pode-se observar baixa densidade de plantas na lavoura, provavelmente devido à morte das plantas ou plantas de pouco vigor. Este tipo de imagem ajuda a rever a necessidade de replantio ou definição de manejos mais adequados. Essas áreas de baixa densidade de plantas são corroboradas pela Figura 2, onde na escala de valores do NDVI são representadas pelas cores em tom vermelho.

Uma das aplicações rotineiras oriundas de imageamento de terreno por drone (Figura 4) é a medição de área de lavoura. Informação bastante usual e útil, em situações de longas extensões de terra e terrenos de difícil acesso a aquisição dessas imagens por VANTs é um diferencial bastante importante.



Figura 4. Imagem gerada por drone, delimitação e estimativa de área. (YUP Drones, 2021)

Para gerar as curvas de nível, utiliza-se um modelo digital do terreno (MDT) fazendo-se a extração das curvas de nível (Figura 5). O uso do ortomosaico em conjunto com informações do terreno, melhora e/ou facilita a identificação de ações a serem implementadas na lavoura.

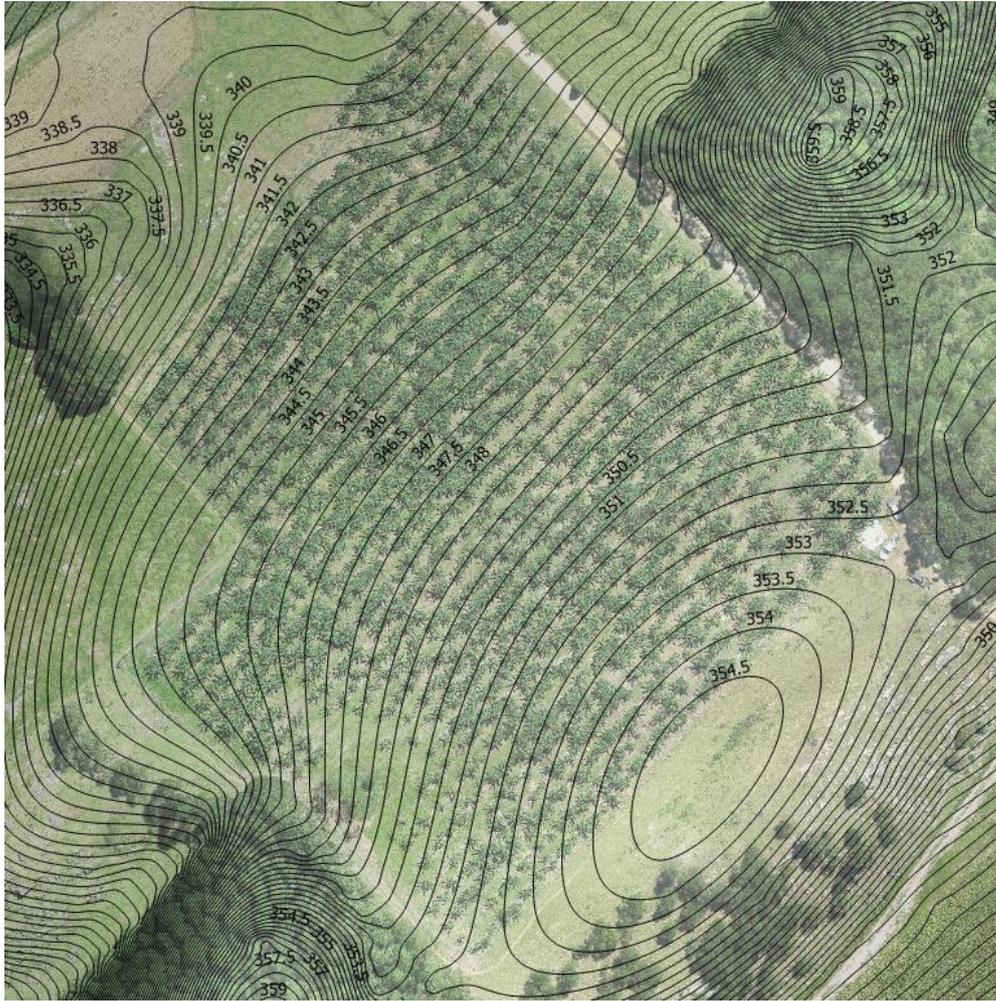


Figura 5. Imagem gerada pelo drone com sobreposição de curvas de nível. (YUP Drones, 2021)

As curvas de nível são muito úteis para representar as feições do relevo terrestre. No campo, além de ser importante para definição de práticas de manejo adequadas à conservação do solo e água, auxilia na construção de ruas internas na lavoura e propriedade rural. Quando a bananeira é plantada em locais com declives (não sendo o caso dessa lavoura), exige cuidados específicos, principalmente antes de completar o seu primeiro ciclo de vida. A inclinação faz com que o terreno permaneça descoberto durante grande parte do ano. Não havendo contenção da água da chuva, pode ocorrer uma erosão acelerada e o consequente empobrecimento do solo.

Considerações finais

As tecnologias integradas possibilitam alavancar a produtividade por meio da redução de custos, otimização de processos e melhoria na tomada de decisão. Ambas fontes de informações, VANTs e imagens de satélites, têm sua importância de formas diferentes. As imagens aéreas de alta resolução, possibilitam um manejo mais preciso da cultura e identificação de eventualidades, compreendendo a variabilidade do terreno e demais atributos ambientais. Já as imagens de satélite, auxiliam na análise temporal, já que podem ser acessadas imagens pretéritas e conseqüentemente, auxiliam no entendimento dos padrões espectrais da cultura.

Um aspecto prático e bastante importante para a projeção dos custos de produção é a otimização da força de trabalho na lavoura, inclusive minimizando os riscos associados aos trabalhos técnicos em locais de difícil acesso. A expansão de área cultivada com banana pode ser estimulada na identificação de áreas em encostas e terrenos irregulares que possuem atributos favoráveis ao cultivo da espécie, respeitando a aptidão de uso da terra.

Agradecimentos:

Agradecemos à YUP Drones, pelo fornecimento das imagens digitalizadas e utilizadas neste trabalho.

Referências Bibliográficas

BELTRAME, A.B.; NORA, I.; MARO, L.A.C.; HARO, M.M.de; CANTÚ, R.R.; SCHERER, R.F.; NEGREIROS, R.J.Z. *Ácaro vermelho em bananais de SC: noções para o manejo integrado*. Florianópolis: Epagri, 2017. (Folder)

CORDEIRO, Z.J.M. Doenças. In: ALVES, E.J. (Org.). *A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais*. Brasília: Embrapa-SPI / Cruz das Almas: Embrapa-CNPMP, 1997. p.353-407.

FAO-ITU 2018 E-Agriculture in Action: Drones for Agriculture. In: *The E-Agriculture in Action*, (<http://www.fao.org/3/I8494EN/i8494en.pdf>: Food and Agriculture Organization of the United Nations and the International Telecommunication Union)

Hartanto, R. et al., "Intelligent unmanned aerial vehicle for agriculture and agroindustry", *IOP Conf. Series: Earth and Environ. Sci.*, pp. 012001, 2019.

JORGE, L. A. C.; INAMASU, R. Y. *Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em Agricultura de Precisão*. Brasília: Embrapa, 2014.

- MOREIRA, R. S. *Banana - teoria e prática de cultivo*. São Paulo: Fundação Cargill, 1999.
- PANDOLFO, C.; HAMMES, L.A.; CAMARGO, C.; MASSIGNAM, A.M.; PINTO, E.S.P.; LIMA, M. de. Estimativas dos impactos das mudanças climáticas nos zoneamentos da cultura da banana e da maçã no Estado de Santa Catarina. *Revista Agropecuária Catarinense*. Florianópolis, v.20, n.2, p.36-40, jul.2007.
- ROBINSON, J. C. *Bananas and plantains*. Wallingford: CABI, 1996. 238p.
- RODRIGUES, M. L.; ARAÚJO, G. O furacão Catarina. *Revista Agropecuária Catarinense*. Florianópolis, v.17, n.2, p.24-28, 2004.
- ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite Symposium, 3., 1973, Washington. Proceedings... Washington: NASA, 1973, p.309-317.
- SAVITZKY, A.; GOLAY, M.J.E. Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures. *Analytical Chemistry*, v.36, p. 1627–1639, 1964.
- SHIRATSUCHI, L. S.; BRANDÃO, Z. N.; VICENTE, L. E.; VICTORIA, D. C.; DUCATI, J. R.; DE OLIVEIRA, R. P.; VILELA, M. F. Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão. Brasília: Embrapa, 2014.
- SISTEMA DE ANÁLISE TEMPORAL DA VEGETAÇÃO (SATVEG). Disponível em: <https://www.satveg.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 10. Abr. 2021.
- SÔNEGO, M.; PERUCH, L. A. M.; MOOT, D. J.; NESI, C. N. Temperature and rate of leaf production in banana crops in a subtropical environment. In: REUNIÃO INTERNACIONAL DA ACORBAT, 18., 2008, Guayaquil. *Anais...Guayaquil*, 2008.
- SOUZA, A. T. de; CONCEIÇÃO, O. A. da. *Fatores que afetam a qualidade de banana na agricultura familiar catarinense*. Florianópolis: Instituto Cepa/SC, 2002. 68p.
- WEI, P.; CHAI, D.; LIN, T.; TANG, C.; DU, M.; HUANG, J. Large-scale rice mapping under different years based on time-series Sentinel-1 images using deep semantic segmentation model. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Volume 174, 2021.