

Mapeamento da soja por meio de imagens Landsat e Sentinel-2 nos municípios de Lages e Capão Alto em Santa Catarina

Marina Marly Dalla Betta¹, Kleber Trabaquini², Haroldo Tavares Elias³ e Murilo Schramm da Silva⁴

Resumo – A soja é uma cultura cujo aumento da oferta mundial dobrou nos últimos anos, impulsionado pelo maior consumo humano e animal. O objetivo deste trabalho foi mapear as áreas plantadas com soja nos municípios de Lages e Capão Alto por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto nas safras 2012/2013 e 2020/2021. Utilizaram-se imagens dos satélites *Landsat-7*, *Landsat-8* e *Sentinel-2* e a identificação das áreas foi feita por meio de interpretação visual das imagens submetidas a uma composição colorida que destacou as lavouras de soja. Os resultados foram comparados com dados oficiais da Epagri/Cepa, mostrando 23% e 6% de diferença entre os métodos para as safras 2012/2013 e 2020/2021, respectivamente. Foi constatado aumento de área de 13 mil ha entre as safras e que a conversão tem ocorrido, principalmente, sobre campos nativos. A análise com dados altimétricos indicou que a expansão foi mais frequente em áreas mais altas e se manteve na classe de relevo suavemente ondulado.

Termos para indexação: *Glycine max* L.; Sensoriamento remoto; Satélite.

Soybean mapping using Landsat and Sentinel-2 images in the municipalities of Lages and Capão Alto in Santa Catarina

Abstract – Soybean is a crop whose increase in world supply has doubled in recent years, driven by greater human and animal consumption. The objective of this study was to map the soybean planted area in the municipalities of Lages and Capão Alto using remote sensing techniques in 2012/2013 and 2020/2021 harvests. Images from the *Landsat-7*, *Landsat-8* and *Sentinel-2* satellites were used and the identification of the areas was made through visual interpretation of the images submitted to an RGB composition that allowed the soybean to be highlighted. The results were compared with official data from Epagri/Cepa, showing a 23% and 6% difference between the methods for 2012/2013 and 2020/2021 harvests, respectively. An increase in area of 13 thousand ha was found between harvests and that the conversion has occurred mainly on native fields. The comparison with altitude and slope data also indicated that the expansion migrated to higher areas and remained in the smooth-wavy relief classification.

Index terms: *Glycine max* L.; Remote sensing; Satellite.

Introdução

A soja (*Glycine max*, L.) é uma cultura que teve sua área de cultivo duplicada em nível mundial nos últimos 20 anos devido ao aumento no consumo tanto por humanos quanto por animais (EMBRAPA, 2021). No Brasil, a área cultivada entre os anos de 2010 a 2020 aumentou em 59% e a produção em 77,4% (IBGE/LSPA, 2021). Em Santa Catarina, segundo dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Centro de Socioeconomia

e Planejamento Agrícola (Epagri/Cepa), entre as safras de 2012/13 e 2020/21, foram incorporados aproximadamente 180 mil ha na área plantada da soja. O Planalto Sul Catarinense é o quinto maior produtor de soja do Estado e, em 2013, possuía uma área plantada de 36.440ha. Já em 2021, a área passou para 70.330ha, demonstrando um incremento significativo na área plantada nessa região.

Segundo o Sistema Integrado de Informações Agropecuárias da Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca de Santa Catarina (INFOAGRO, 2021),

o município de Lages, além de ser o maior em extensão territorial do Estado, também compreende o município com maior área plantada da soja do Planalto Sul Catarinense. Já Capão Alto foi um dos municípios que apresentou um aumento significativo na área plantada, passando de 1.800ha para 6.500ha entre as safras 2012/2013 e 2020/2021, respectivamente. Juntos, os municípios de Lages e Capão Alto configuram um total de 18.500ha de área plantada, mostrando um aumento de mais de 13 mil ha no período analisado.

A Epagri/Cepa desenvolve a pesqui-

Recebido em 25/10/2021. Aceito para publicação em 29/07/2022.

<https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1347>

¹ Engenheira-agrônoma, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. E-mail: marinadallabetta@gmail.com

² Engenheiro-agrônomo, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural, Centro de Informações e Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. E-mail: klebertrabaquini@epagri.sc.gov.br

³ Engenheiro-agrônomo, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural, Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. E-mail: hteliass@epagri.sc.gov.br

⁴ Engenheiro Florestal, Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. E-mail: murilo.sch.silva@gmail.com

sa “Sistema de levantamento das expectativas e projeções da produção agrícola de Santa Catarina”, um projeto de caráter continuado, que visa realizar o monitoramento das safras no Estado. As informações para fins de levantamento são obtidas por meio de consultas diretas a informantes-chave, que consistem em atores sociais e econômicos que detêm informações estratégicas acerca das cadeias produtivas monitoradas. Tradicionalmente, estes informantes-chave contemplam produtores rurais, cooperativas ligadas ao setor agropecuário e agroindústrias. As consultas aos informantes possibilitam o levantamento de variáveis como área plantada (ha), quantidade produzida (t) e rendimento médio (kg ha^{-1}) das principais culturas do Estado. Os dados são obtidos mensalmente por uma equipe composta de dez funcionários, locados em diferentes regiões de Santa Catarina. Estas informações são sistematizadas, analisadas e posteriormente divulgadas na plataforma Infoagro, um sistema integrado de informações que auxilia na tomada de decisão de produtores, entidades de pesquisa, técnicos, pesquisadores, consultores, governo, universidade e sociedade em geral (INFOAGRO, 2021).

Embora os dados fornecidos pela Epagri/Cepa e outros órgãos oficiais sejam divulgados como informações confiáveis, o método declaratório utilizado para sua obtenção traz certa subjetividade às informações, deixando em aberto uma alternativa de se ter um método objetivo na obtenção desses dados (LUIZ, 2005). O Sensoriamento Remoto tem assumido papel categórico no desenvolvimento de ferramentas para a obtenção de estatísticas agrícolas confiáveis, pois o caráter sinóptico, repetitivo e a agilidade na aquisição de dados permitem o acompanhamento de culturas agrícolas ao longo de todo seu ciclo (CONRAD et al., 2014). O setor agrícola constitui uma grande área de estudo e aplicação de informações que podem ser obtidas através de imagens de satélite para monitoramento de safras. Baseado no conhecimento e na aplicação de técnicas de Sensoriamento Remoto, é possível obter dados úteis para avaliar lavouras com precisão sem a necessidade de amostragens e medições analíticas demoradas no cam-

po (CORTI, 2017), resultando em um menor custo operacional. O uso desta ferramenta apresenta-se como uma alternativa factível em diversos trabalhos para mapeamentos agrícolas (SILVA et al., 2017), como no de Zhong et al. (2014), que além de mapearem soja e milho por meio de imagens da série *Landsat*, trouxeram extensibilidade ao trabalho, gerando resultados para os anos de 2006 a 2010, uma vez que as imagens orbitais permitiram criar um método de classificação baseado na fenologia e assim monitorar as culturas com eficiência.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo mapear as áreas plantadas com a cultura da soja nos municípios de Lages e Capão Alto por meio de imagens dos satélites *Landsat-7*, *Landsat-8* e *Sentinel-2*, técnicas de Sensoriamento Remoto e sistemas de informação geográfica, nas safras 2012/2013 e 2020/2021. Os resultados serão confrontados com os dados atuais do monitoramento de safra realizado pela Epagri/Cepa.

Material e métodos

A área de estudo compreende os municípios de Lages e Capão Alto, localizados no Planalto Sul Catarinense. Segundo a classificação climatológica de *Köppen*, essa região apresenta clima mesotérmico úmido com predominância do tipo Cfb. Os solos predominantes são Cambissolos, Argissolos e Latosso-

los com topografia suave-ondulada e a paisagem é, na grande maioria, ocupada por campos nativos com fragmentos de floresta ombrófila mista e destaque para as matas de araucária (SDR, 2003).

O Sistema de Informação Geográfica utilizado neste trabalho foi o QGIS, sistema de coordenadas planas, projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e o sistema geodésico de referência SIRGAS 2000, no Fuso 22 do Hemisfério Sul. Foram utilizadas imagens dos satélites *Landsat-7*, *Landsat-8* e *Sentinel-2*, cujas características são descritas na Tabela 1. A resolução espacial é de 30 metros para o *Landsat-7* e *Landsat-8* e 10 metros para o *Sentinel-2*. Com as bandas pancromática (B8) do *Landsat-8* e do *Landsat-7*, ambas com 15 metros de resolução, foram geradas composições multiespectrais com menor resolução através de técnicas de fusão de imagens e do algoritmo *Pansharpening*, possibilitando uma melhor visualização de detalhes nas imagens destes satélites.

Ao se trabalhar com imagens orbitais, a presença de nuvens e sombras é inevitável (SILVA & LIPORACE, 2016), por isso o uso de imagens *Landsat-7* e *Landsat-8* foi feito quando não se conseguiu ter imagens *Sentinel-2* livres de nuvens no período de estudo. A utilização de imagens obtidas pelo sensor ETM+ do *Landsat-7* também se fez necessária, pois o *Sentinel-2* teve seu lançamento em 2015 e um dos períodos analisados neste estudo trata-se dos anos de 2012 e 2013.

Tabela 1. Especificações dos sensores e bandas espectrais dos satélites utilizados no estudo
Table 1. Specifications of the sensors and spectral bands of the used satellites in the study

Satélite	Sensor	Bandas Espectrais	Faixa Espectral (μm)
Landsat-7	ETM+ (<i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i>)	Vermelho (B3)	0.63 - 0.69
		Infravermelho Próximo (B4)	0.77 - 0.90
		Infravermelho Médio (B5)	1.55 - 1.75
		Pancromática (B8)	0.52 - 0.90
Landsat-8	OLI (<i>Operational Land Imager</i>)	Vermelho (B4)	0.63 - 0.67
		Infravermelho Próximo (B5)	0.85 - 0.87
		Infravermelho Médio (B6)	1.56 - 1.65
Sentinel-2	MSI (<i>MultiSpectral Instrument</i>)	Pancromática (B8)	0.50 - 0.67
		Vermelho (B4)	0.64 - 0.68
		Infravermelho Próximo (B8)	0.76 - 0.90
		Infravermelho Médio (B11)	1.53 - 1.68

O *Sentinel-2* possui resolução temporal de 5 dias e os satélites *Landsat-7* e *8* possuem ambos um tempo de revisita de 16 dias. Segundo dados da Epagri/Cepa (2021), o plantio da soja inicia em outubro e, entre janeiro e março, a cultura atinge o estágio vegetativo pleno e a colheita se inicia em março, estendendo-se até abril. As 47 imagens utilizadas no mapeamento buscaram representar o ciclo completo da cultura e por isso foram adquiridas nos períodos de outubro a abril para as duas safras. A partir desses dados e com o auxílio do índice de vegetação EVI (*Enhanced Vegetation Index*), foi possível identificar como a cultura se comporta espectralmente ao longo do ciclo, conforme a Figura 1. Por meio desta análise temporal, verificando em qual período o estágio de desenvolvimento da soja apresenta o maior pico no índice de vegetação EVI, foram selecionadas as cenas utilizadas.

Utilizaram-se as órbitas/ponto 22JEQ e 22JEP do *Sentinel-2* e 221/79 e 221/80 dos satélites *Landsat*. A composição utilizada para o sensor OLI (*Operational Land Imager*) do *Landsat-8* foi R5G6B4. Para o sensor MSI, (*Multi Spectral Instrument*) do *Sentinel-2* foi a R8G11B4 (todas as bandas foram reamostradas para 10 metros) e para o ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*), do satélite *Landsat-7* foi a composição R4G5B3. O uso destas composições foi definido diante de prévias análises dos sensores que são utilizados convencionalmente na distinção de culturas agrícolas (FORMAGGIO & SANCHES, 2017). Foram selecionadas imagens dos dias 3, 8 e 18 de fevereiro, pois, conforme a Figura 1, nessas datas as composições permitiram que a soja adquirisse tons amarelados e que essa uma característica marcante e que possibilitou a diferenciação da cultura dos demais alvos na cena. Na vetorização dos polígonos de soja foram estabelecidas quadrículas (grades) de 1km² sobre a área de estudo, para se ter um controle das áreas já mapeadas e facilitar o avanço sobre novas áreas.

O SATVeg (Sistema de Análise Temporal da Vegetação (SATVeg) é uma plataforma WebGIS também utilizada neste trabalho e que possibilita a observação e análise de perfis temporais de índices vegetativos, derivados de imagens de

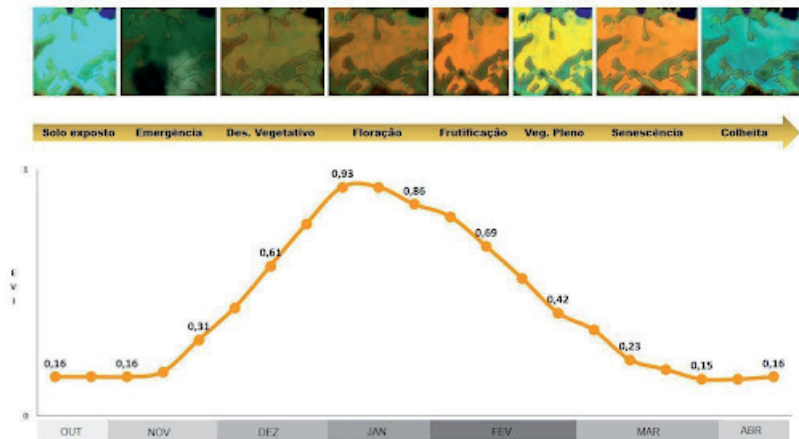


Figura 1. Comportamento espectral da soja representado em imagens do sensor MSI ao longo dos estádios fenológicos de acordo com o índice vegetativo EVI

Fonte: Autor (2021)

Figure 1. Spectral behavior of soybean represented in MSI sensor images along the phenological stages according to the EVI vegetative index

Source: Author (2021)

satélite geradas pelo MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), um sensor embarcado em dois satélites americanos, TERRA e AQUA, com resolução espacial de 250 metros e período de revisita de 2 dias (NASA, 2006). O índice utilizado foi o EVI (*Enhanced Vegetation Index*), que expressa as variações da biomassa verde permitindo observar o comportamento da vegetação, e que contém um fator de correção que reduz a influência dos sinais do solo e da atmosfera sobre a resposta do dossel. Para obtenção do índice foi aplicada a seguinte equação $EVI = G \cdot \frac{(\tilde{n}IVP - \tilde{n}Ver)}{(\tilde{n}IVP + C1 \cdot \tilde{n}Ver - C2 \cdot \tilde{n}Azul + L)}$, onde $\tilde{n}IVP$ é o valor da reflectância no infravermelho próximo (banda 2: 841-876nm); $\tilde{n}Ver$ é a reflectância na faixa do vermelho (banda 1: 620-670nm); $\tilde{n}Azul$ é a reflectância do azul (banda 3: 459-479nm); $\tilde{n}IVC$ é a reflectância do infravermelho de ondas curtas (banda 5: 1230-1250nm); $C1$ e $C2$ são coeficientes de resistência atmosférica; L é o fator de correção de brilho do dossel; e G é o fator de ganho. Para o MODIS, os valores dos coeficientes do índice EVI são $C1=6$; $C2=7,5$; $L=1$; e $G=2,5$.

O padrão espectral da curva do EVI possibilitou complementar a identificação visual feita por meio das composições coloridas utilizadas na aferição das áreas de soja. Diferentemente das imagens *Landsat* e *Sentinel*, o SATVeg mostra a curva espectral da cultura. Apesar

do sensor MODIS apresentar baixa resolução espacial, comparado com esses dois satélites, ele foi utilizado para aferir a curva espectral dos polígonos de soja identificados previamente por meio das imagens de maior resolução, fato esse não possível nas imagens *Landsat* e *Sentinel* devido à baixa resolução temporal.

A última etapa do trabalho teve como objetivo investigar a conversão da cobertura do solo com a expansão da cultura, ou seja, sobre qual tipo de cobertura a soja foi implantada. Para isso, foram utilizados dados do *MapBiomass* (SOUZA et al., 2020), onde foi possível verificar o tipo de cobertura anteriormente à ocupação da cultura da soja. Foram baixados os mapas temáticos de uso da terra para os dois municípios estudados e nos dois períodos analisados. No QGIS, sobrepondo os polígonos de soja (safras 2012/13 e 2020/2021) sobre o mapa temático, foi possível extrair as áreas de intersecção e mascarar estas áreas, obtendo-se apenas os polígonos de novas áreas de soja, referentes à safra 2020/2021. Por fim, através da ferramenta "extrair por localização" do QGIS, onde foi possível extrair as informações de classificação de cada polígono, foram contabilizados os diferentes usos da terra dentro das novas áreas de conversão para cultura de soja.

Também nesta etapa, a fim de verificar o relevo da região e dos talhões de soja, foi empregado um modelo digital

de elevação, o SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) suavizado por meio de imagens geradas pelo *Alos/Palsar (Advanced Land Observing Satellite-1/ Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar)*, com 12,5m de resolução espacial. Com isso, foram gerados mapas de altimetria e declividade conforme as classes da Embrapa (1999), sendo elas: 0 a 3% (plano), 3 a 8% (suave ondulado), 8 a 20% (ondulado), 20 a 45% (forte ondulado), 45 a 75% (montanhoso) e 75 a 100% (escarpado).

Resultados e discussão

A partir da metodologia utilizada com as imagens *Sentinel-2*, *Landsat-7* e *Landsat-8* foi possível identificar, quantificar e comparar as áreas de soja para as safras 2012/2013 e 2020/2021, conforme a Figura 2. Em 2012/2013, o município de Capão Alto apresentou 1.915ha, enquanto em Lages a área foi de 4.285ha. Segundo a Epagri/Cepa, na safra 2012/2013, Capão Alto possuía uma área de 1.800ha e Lages, 3.240ha de soja. Já na safra 2020/2021, o mapeamento resultou em uma área de 6.445ha no município de Capão Alto e em Lages a área mapeada foi de 13.258ha. Segundo os dados da Epagri/Cepa, para a safra 2020/2021, Capão Alto possui uma área de 6.500ha e Lages 12.000ha de soja.

A área de 1.915ha mapeada na safra 2012/2013 no município de Capão Alto representa 6% a mais em relação aos dados oficiais. De forma análoga, no município de Lages o valor de 4.285ha representa 32% a mais em relação aos dados da Epagri/Cepa. Já na safra de 2020/2021, o mapeamento resultou num valor 0,5% menor para o município de Capão Alto, enquanto em Lages o número obtido pelo mapeamento foi maior que o dado oficial, representando um valor de 10%. No que se refere à área total, em 2012/2013 a soja ocupava 6.200ha por meio do mapeamento, e 5.040ha segundo a Epagri/Cepa, uma diferença de 1.160ha (23%). Em 2020/2021 a soma das áreas dos municípios obtida pelo mapeamento foi de 19.703ha, enquanto o dado da Epagri/

Cepa foi de 18.500ha, uma diferença de 1.203ha (6%).

As diferenças encontradas na área mapeada podem ser comparadas com resultado semelhante encontrado no trabalho de Song et al. (2017), que fizeram a estimativa de área da soja em escala nacional para os Estados Unidos utilizando imagens do sensor MODIS. Neste estudo os autores mapearam uma área 1,9% maior do que a estimativa de área divulgada pelo *United States Department of Agriculture (USDA)*. Outras diferenças entre dados oficiais e dados obtidos através do uso de técnicas de Sensoriamento Remoto foram mostradas no trabalho de Paludo et al. (2020), que fizeram o mapeamento da área plantada de soja para o estado do Paraná com imagens *Landsat-8* e *Sentinel-2* e obtiveram uma diferença de 20% na área total do Estado mapeada em relação aos dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O trabalho também analisou as áreas obtidas pelo mapeamento dentro de cada mesorregião do Estado, encontrando porcentagens tanto negativas quanto positivas.

Métodos de classificação automática para a identificação das diferentes classes de uso do solo normalmente são menos precisos quando comparados aos procedimentos visuais (RIZZI & RU-

DORFF, 2005). Em função disso, a classificação visual utilizada neste estudo se apresentou necessária e, ao mesmo tempo, eficiente para a identificação das áreas de soja nos municípios de Lages e Capão Alto, as quais, em alguns casos, caracterizam-se por pequenos talhões. A composição RGB utilizada destacou as áreas consideradas ocupadas com soja e permitiu realizar um mapeamento para verificação das estimativas oficiais subjetivas, não sendo possível a comparação com a realidade existente nas lavouras porque não foi realizado trabalho de campo para validação da classificação visual. Rizzi & Rudorff (2005) fizeram o uso da interpretação visual na composição R4G5B3 do *Landsat-5* e *Landsat-7*, concluindo em seu trabalho que a condição particular com que a soja se apresenta nas imagens minimiza a possibilidade de erro por parte do intérprete e, conseqüentemente, resulta num dado condizente com a realidade.

Os dados de área plantada da Epagri/Cepa mostram um aumento de 13 mil ha entre as safras 2012/2013 e 2020/2021, dado esse que foi comprovado através do mapeamento, como observado na figura 2. Segundo a Comissão Europeia, em seu relatório *Agricultural for Markets and Income*, a projeção entre 2019 e 2030 é que a demanda pela soja continue crescendo, prin-

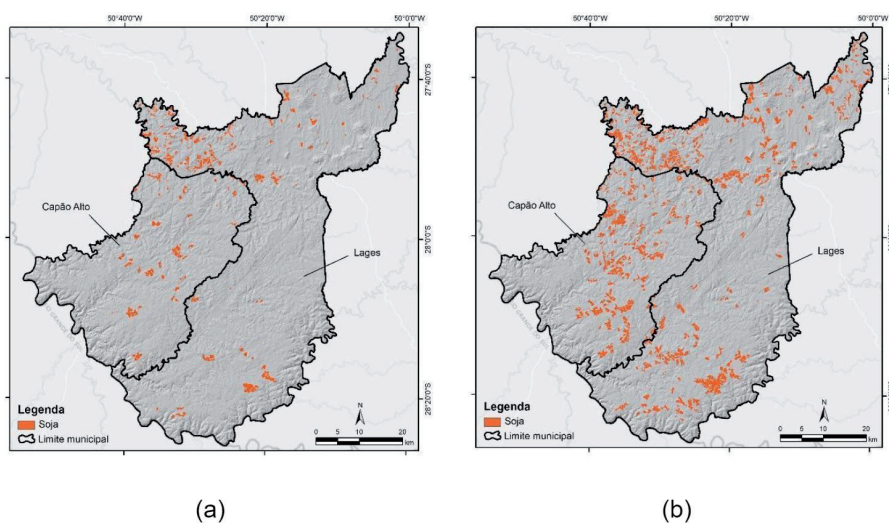


Figura 2. Mapa com distribuição de soja na safra 2012/2013 (a) e 2020/2021 (b) para os municípios de Lages e Capão Alto

Fonte: autor (2021)

Figure 2. Map with distribution of soybean in the 2012/2013 (a) and 2020/2021 (b) harvests for the municipalities of Lages and Capão Alto

Source: author (2021)

principalmente por se tratar de uma fonte de proteína. A expansão da soja mostra que a área plantada dessa cultura em Santa Catarina vem acompanhando essas tendências mundiais e que o avanço da soja tem ocorrido principalmente sobre áreas de campo nativo. Dados obtidos através do cruzamento das áreas de expansão de soja com as classes de ocupação do uso do solo do *Map-Biomass* demonstram que 72% da área convertida em soja na safra 2020/2021 era formação campestre em 2012/2013 (Figura 3). Isso demonstra também uma tendência de crescimento sobre essas áreas para os próximos anos visto que a soja tem sido a principal cultura responsável por converter campos nativos em lavouras (POLÊSE et al., 2014).

Quanto à altitude, o cruzamento dos dados mostrou que as áreas de expansão tiveram uma tendência em ocupar áreas mais altas, exemplificado nos gráficos da Figura 4. Esse resultado corrobora o trabalho de Conte et al. (2019), que expõe que a maior parte das áreas produtoras de soja em Santa Catarina tem uma altitude relativamente elevada, acima de 600 metros. Quanto à declividade, percebe-se que a expansão das áreas de soja manteve-se entre valores de 3 a 8%, indicando que a expansão buscou se manter em áreas que facilitam a mecanização agrícola.

A partir deste estudo, foi possível reconhecer que as técnicas de Sensoriamento Remoto podem fornecer informações e conhecimentos relevantes à cultura da soja no estado de Santa Catarina, além de auxiliar na compreensão dos resultados da safra. O método utilizado para obtenção dos dados aqui apresentados pode produzir subsídios para o monitoramento e acompanhamento sistemático de safra realizado pela Epagri/Cepa, bem como na formulação de políticas agrícolas. A metodologia utilizada pode ser replicada para outros municípios e fazer parte da estratégia de qualificação das estatísticas agrícolas, e principalmente da redução da assimetria da informação.

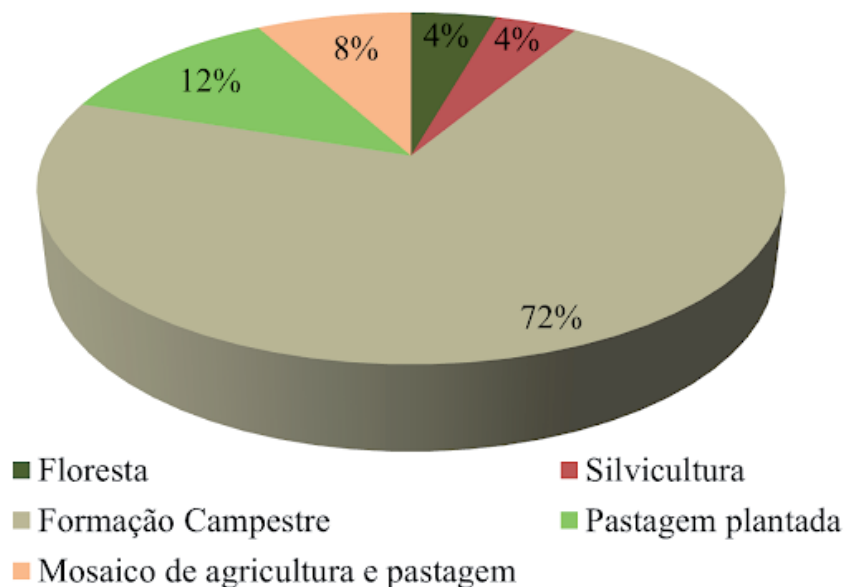


Figura 3. Conversão das áreas de expansão de soja entre as safras 2012/2013 e 2020/2021 para os municípios de Lages e Capão Alto

Fonte: autor (2021)

Figure 3. Conversion of soybean expansion areas between the 2012/2013 and 2020/2021 harvests for the municipalities of Lages and Capão Alto

Source: author (2021)

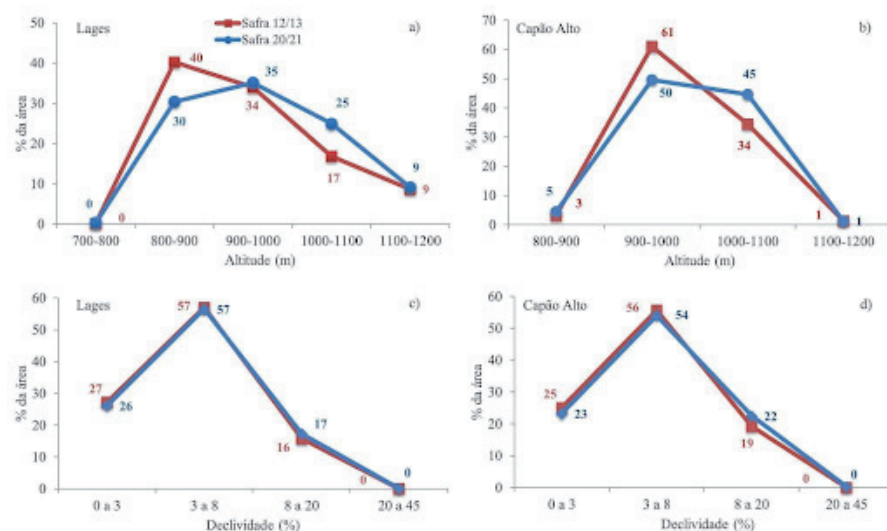


Figura 4. Variação de altitude e declividade das áreas de soja entre as safras 2012/2013 e 2020/2021 para os municípios de Lages e Capão Alto

Fonte: Autor (2021)

Figure 4. Variation in altitude and slope of soybean areas between the 2012/2013 and 2020/2021 harvests for the municipalities of Lages and Capão Alto

Source: Author (2021)

Conclusão

- Foi elaborado um mapa temático com áreas classificadas como cultivo de soja utilizando sensoriamento remoto orbital;
- Na safra 2012/2013 o mapeamento mostrou uma área 23% maior

em relação aos dados oficiais. Na safra 2020/2021, a diferença total das áreas de soja foi de 6%.

- Do total das novas áreas de soja da safra 2020/2021, verificou-se que 72% foram áreas de campos nativos convertidos para soja comparado com a safra 2012/2013,.

Agradecimentos

Este estudo tem o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (Fapesc).

Referências

CONRAD, C.; DECH, S.; DUBOVYK, O.; FRITSCH, S.; KLEIN, D.; LOW, F.; ZEIDLER, J. Derivation of temporal windows for accurate crop discrimination in heterogeneous croplands of Uzbekistan using multitemporal RapidEye images. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.103, p.63-74, 2014. DOI: 10.1016/j.compag.2014.02.003.

CONTE, O.; PRANDO, A.M.; DE CASTRO, C.; JUNIOR, A.A.B.; FERREIRA, P.E.P.; HIRAKURI, M.H.; DEBIASI, H. A Evolução da Produção de Soja na Macrorregião Sojícola 1 (MRS1). **Diagnóstico da Produção de Soja na Macrorregião Sojícola**, v.86001, p.23, 2019.

CORTI, M. **Multispectral and Hyperspectral sensing for Nitrogen Management in Agriculture**. 2017. Tese (sentinado em Agronomia e Coltivazioni Erbacee) - Università Degli Studi di Milano. Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia. Milano – MI, Itália, 2017. DOI: 10.13130/m-corti_phd2017-03-17.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, **Serviço de Produção de Informação**, 1999.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soja**. 2021. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl-23vmz02wx5eo0sawqe3vtdl7vi.html>. Acesso em: 20 jul. 2021.

EPAGRI/CEPA. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola. Síntese Anual da Agricultura Catarinense. **Soja**. Disponível em: https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepapublicacoes/

Sintese_2019_20.pdf. Acesso em: 28 ago. 2021.

EUROPEAN COMMISSION. Agricultural for Markets and Income. Agriculture and Rural Development. **European Commission**. 2019. Disponível em: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/farming/documents/agricultural-outlook-2019-report_en.pdf. Acesso em: 17 ago. 2021.

FORMAGGIO, A.R.; SANCHES, I.D. **Sensoriamento Remoto em Agricultura**. 1a ed. São Paulo, ISBN: 978-85-7975-277-3; eISBN: 978-85-7975-282-7, 2017. p.285.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemático-da-produção-agricola.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 15 jun. 2021.

INFOAGRO. **Sistema Integrado de Informações Agropecuárias**. 2021. Disponível em: <https://www.infoagro.sc.gov.br/index.php/safra/producao-vegetal>. Acesso em 17 ago. 2021.

LUIZ, A.J.B. Estatísticas agrícolas por amostragem auxiliadas pelo sensoriamento remoto. In: Embrapa Meio Ambiente-Artigo em anais de congresso (ALICE). Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 3., 2005, Goiânia/GO. **Anais[...] Goiânia/GO: INPE**, 2005. p.181-188.

NASA. **Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer**. 2006. Disponível em: <http://modis.gsfc.nasa.gov/>. Acesso em: 19 ago. 2021.

PALUDO, A.; BECKER, W.R.; RICHETTI, J.; SILVA, L.C.D.A.; JOHANN, J.A. Mapping summer soybean and corn with remote sensing on Google Earth Engine cloud computing in Parana state - Brazil. **International Journal of Digital Earth**, v.13, n.12, p.1624-1636, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/17538947.2020.1772893>.

POLÊSE, C. **Coxilha rica**: subsídios a uma proposta de conservação para o sul do município de Lages-SC. 2014. Tese (Mestrado em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2014.

RIZZI, R.; RUDORFF, B.F.T. Estimativa da área de soja no Rio Grande do Sul por meio de imagens Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.57, n.3, 2005.

SILVA, L. C. A.; RICHETTI, J.; BECKER, W.R.; PALUDO, A.; VERICA, W.R.; JOHANN, J.A. Algoritmos de Aprendizado de Máquina para classificação de soja em imagens Landsat-8. **Acta Iguazu**, v.6, n.3, p.65-78, 2017. DOI: 10.48075/actaiguazu.v6i3.17477.

SILVA, M.A.O.; LIPORACE, F.S. Detecção automática de nuvem e sombra de nuvem em imagens de sensoriamento remoto. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v.22, p.369-388, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-21702016000200021>.

SONG, X.P.; POTAPOV, P.V.; KRYLOV, A.; KING, L.; DI BELLA, C. M.; HUDSON, A.; HANSEN, M.C. National-scale soybean mapping and area estimation in the United States using medium resolution satellite imagery and field survey. **Remote sensing of environment**, v.190, p.383-395, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.01.008>.

SOUZA, C.M.; Z SHIMBO, J.; ROSA, M.R.; PARENTE, L.L.; ALENCAR, A.; RUDORFF, B. F.; AZEVEDO, T. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v.12, p.2735, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12172735>.

ZHONG, L.; GONG, P.; BIGING, G.S. Efficient corn and soybean mapping with temporal extendability: A multi-year experiment using Landsat imagery. **Remote Sensing of Environment**, v.140, p.1-13, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.023>.