

DANO POR GEADA E SUA RELAÇÃO COM FORMATOS DE VERTENTES EM PATROCÍNIO, MINAS GERAIS

RESUMO

Jorge Eduardo Ferreira Cunha
jorgeeduardo@unicerp.edu.br
<https://orcid.org/0000-0002-3679-6376>
UNICERP, Patrocínio, Minas Gerais, Brasil

INTRODUÇÃO: O café é de grande importância no cenário agrícola brasileiro. Dentre os danos ambientais à cultura se destaca a geada em períodos frios, sendo sua severidade relacionada a fatores da topografia. Neste cenário, o sensoriamento remoto surge como aliado no monitoramento deste fenômeno.

OBJETIVO: Este trabalho teve como objetivo quantificar os danos da geada em Patrocínio, na data de 20/07/2021 e relacionar a severidade de danos aos formatos das vertentes locais.

MATERIAL E MÉTODOS: Foi realizada a aquisição de uma imagem do sensor MSI-Sentinel 2, do mapeamento de formas de vertentes (Topodata) e os polígonos de áreas cafeeiras (Conab), pelo qual as imagens foram recortadas. A imagem multiespectral foi classificada em 4 classes de danos. Foi realizada análise descritiva zonal, relacionada a cada classe, com base nas classes topográficas e nas classes de geada. A análise de resultados foi feita a partir da descrição estatística e base literária. Foram utilizados apenas softwares abertos.

RESULTADOS: Foi observada maior tendência de dano em vertentes de formato côncavo, com valores médios próximos a 1,9 comparado a aproximadamente 1,7 para as outras classes. 47,43% da área de 51461 hectares não foi afetada, 28,16% medianamente afetada, 15,93% severamente danificada e 8,49% fora da cafeicultura. A região sudoeste do município foi mais danificada.

CONCLUSÃO: Foi possível classificar os danos com ferramentas e dados gratuitos. Vertentes côncavas possuem maior incidência de dano, porém ocupam pouco espaço na cafeicultura, fazendo necessário o uso de outras estratégias de prevenção, que não a fuga destas vertentes.

PALAVRAS-CHAVE: mapeamento digital; sensoriamento remoto; topografia.

Recebido em: 09/07/2021

Aprovado em: 21/09/2021

DOI: 10.17648/2525-2771-v1n9-3

Correspondência:

Jorge Eduardo Ferreira Cunha
Rua Papagaio, 132, Morada do Sol,
Patrocínio, Minas Gerais, Brasil.

Direito autoral:

Este artigo está licenciado sob os termos da
Licença Creative Commons-Atribuição 4.0
Internacional.

COFFEE FROST DAMAGE AND ITS RELATIONSHIP WITH STRAND IN PATROCÍNIO, MINAS GERAIS

ABSTRACT

INTRODUCTION: Coffee is of great importance in the Brazilian agricultural scenario. Among the environmental damages to the crop, frost in cold periods stands out, being its severity related to topographic factors. In this scenario, remote sensing appears as an ally in monitoring this phenomenon.

OBJECTIVE: This study aimed to quantify the damage caused by frost in Patrocínio, on 07/20/2021, and to relate the severity of damage to the shapes of the local slopes.

METHODS: An image was acquired from the MSI-Sentinel 2 sensor, mapping the forms of slopes (Topodata) and the polygons of coffee areas (Conab), by which the images were cropped. Multispectral imaging was classified into 4 damage classes. Descriptive zonal analysis was performed, related to each class, based on topographic classes and frost classes. The analysis of results was made from the statistical description and the literary base. Only open software were used.

RESULTS: There was a greater tendency for damage in concave-shaped slopes, with average values close to 1.9 compared to approximately 1.7 for the other classes. 47.43% of the area of 51461 hectares was not affected, 28.16% moderately affected, 15.93% severely damaged and 8.49% outside the coffee plantation. The southwest region of the municipality was more damaged.

CONCLUSION: It was possible to classify the damages with free tools and data. Concave strands have a higher incidence of damage but occupy little space in coffee growing, making it necessary to use other prevention strategies, other than the escape of these strands.

KEYWORDS: digital mapping; remote sensing; topography.

INTRODUÇÃO

O café (*Coffea arabica* L.) é uma das culturas de maior importância dentro do cenário agrícola brasileiro, com uma produção anual prevista de aproximadamente 49 milhões de sacas em 2021 (CONAB, 2021). Esta importância é ainda mais acentuada no município de Patrocínio, no estado de Minas Gerais, que é o maior produtor da *commoditie* no Brasil com área ocupada pela cultura de aproximadamente 52.000 hectares (EMATER, 2021).

Embora o cerrado brasileiro seja tradicionalmente um grande produtor de café, nos últimos anos diversas áreas têm tido seu uso e ocupação substituídos da cafeicultura para outras modalidades agrícolas, com destaque para a sucessão soja-milho (FEARNSIDE, 2001; SANTOS *et al.*, 2021). Este cenário se deve a diversos fatores, tais como: crescimento da atratividade financeira e facilidade de manejo de outras culturas, pressão fitossanitária, mudanças climáticas, renovação de lavouras e distúrbios fisiológicos (GHINI *et al.*, 2011; NEPSTAD *et al.*, 2019; ZISKA *et al.*, 2018).

Dentre os distúrbios fisiológicos que mais comumente acometem as lavouras cafeeiras no cerrado brasileiro, se destaca o fenômeno da geada (CARAMORI *et al.*, 1996), que é causada pela ocorrência de forma conjunta de ventos constantes e período prolongado de frio, com a substituição do ar por outros cada vez mais frios. Este processo acarreta no congelamento dos tecidos vegetais, sua queima pelo frio e morte (MELO-ABREU; RIBEIRO, 2010). Por outro lado, características topográficas podem ser relacionadas ao comportamento da vegetação e à classificação de solos (SCHAEFER, 2013; VIDAL-TORRADO *et al.*, 2005), assim como ao microclima e ao grau de ocorrência de fenômenos ambientais, dentre eles a geada (CANEPPELLE, 2018; KALMA *et al.*, 2012; KUMHÁLOVÁ *et al.*, 2011). Deste ponto de vista, a partir do entendimento da topografia de uma área é possível prever sua susceptibilidade à geada, assim como a severidade da mesma, em caso de ocorrência.

No mundo atual, o sensoriamento remoto (SR) tem ganho grande destaque dentro da agricultura, devido ao seu uso possibilitar tomadas de decisões mais assertivas e de forma precoce, e também o entendimento e mapeamento de fenômenos agrícolas que sejam relacionados a alguma variável que possa ser mapeada a partir de seus produtos, tais como as imagens multiespectrais e os modelos digitais de elevação (BÉGUÉ *et al.*, 2018; DA SILVA BARROS *et al.*, 2021; MCBRATNEY *et al.*, 2003).

A partir destas informações, entende-se a possibilidade, assim como a importância do mapeamento da severidade de geadas e da susceptibilidade de lavouras cafeeiras a estas. Da mesma forma, ressalta-se a importância do SR na geração de produtos confiáveis, rápidos e de baixo custo em auxílio a esta realidade e com base nisso, este trabalho teve como objetivo identificar e medir, a partir de produtos do sensoriamento remoto gratuitos, e com uso de ferramentas *opensource*, a área cafeeira afetada pela geada ocorrida em 20/07/2021, no município de Patrocínio-MG, assim como estimar qualitativamente a severidade dos danos ocorridos, e também, comparar quantitativamente a área afetada por geadas com a classificação topográfica nas áreas de interesse.

MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do Estudo

A Figura 1 representa a localização da área de estudo, assim como a representação das áreas plantadas por café, segundo relatório da Conab (2017). O clima predominante na área é Aw, segundo a classificação Köppen e Geiger, com verão de maior pluviosidade e temperaturas elevadas e inverno de baixa pluviosidade e temperaturas moderadas.

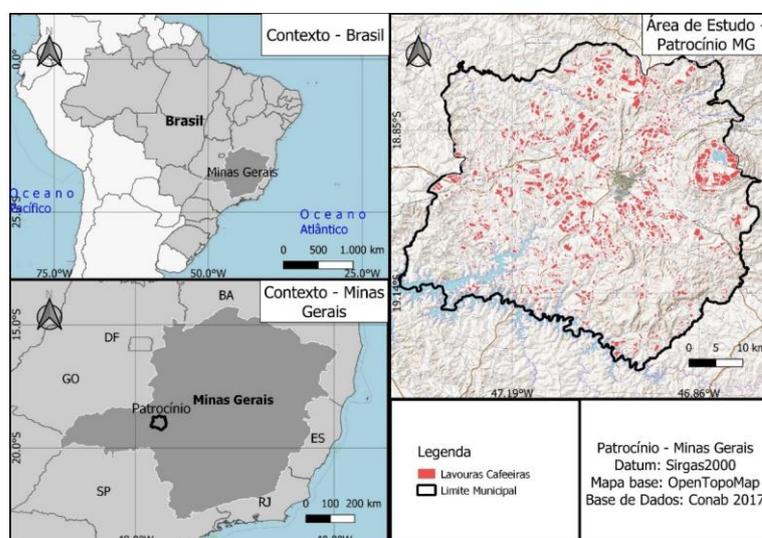


FIGURA 1. Localização da área de estudo (Patrocínio, Minas Gerais)

As geadas são comumente relacionadas a regiões baixas, fundos de vales e de vertentes côncavas, as quais acumulam o ar frio (CESAR *et al.*, 2015; KALMA *et al.*, 2012), no entanto, o fenômeno alcançou áreas consideradas fora da área de risco de ocorrência no dia 20/07/2021, sendo esta uma das mais severas da história no estado de Minas Gerais, Brasil, e que acarretou grandes danos a diversas culturas, dentre elas, a cultura do café, sendo o município de Patrocínio fortemente afetado. Este cenário, ressalta a importância da escolha desta área de estudo.

2.2 Materiais

Todo o procedimento neste trabalho foi realizado a partir do software livre QGIS, com base de dados geográficos (vetores e imagens) adquiridos de forma gratuita a partir da base de dados do Conab (CONAB, 2021), da iniciativa Topodata (INPE, 2021) e da plataforma Copernicus (ESA, 2021).

2.3 Métodos

Inicialmente, para localização das áreas cafeeiras, foi utilizado o arquivo de vetores disponibilizado pelo levantamento de safra da Conab, o qual foi utilizado como base de extração das análises estatísticas descritivas posteriormente e como base de recorte nas imagens.

A imagem utilizada para o estudo foi capturada pelo sensor MSI, embarcado no satélite Sentinel-2, pertencente a ESA, na data de 23/07/2021, dois dias após a ocorrência do fenômeno de geada na região. Foram realizadas a calibração radiométrica e a correção atmosférica da imagem a partir do plugin *Semi-automatic Classification Plugin* (SCP) com base nos dados relatados pelo relatório MTL da imagem.

Uma vez trabalhadas todas as bandas da imagem, estas foram recortadas utilizando como camada de máscara o vetor que representa as áreas cafeeiras do município de Patrocínio-MG. Dentro da imagem resultante, a partir do plugin SCP, foram identificadas *Regions of Interest* (ROIs), que dividiram os cafeeiros conforme 4 classes, sendo elas: 1-Cafeeiros

saudáveis ou pouco danificados, 2-Cafeeiros moderadamente danificados pela geada, 3-Cafeeiros severamente danificados pela geada, 4-Locais onde a classificação de dano não foi possível de ser executada, como locais onde cafeeiros foram substituídos por lavouras ou existem lavouras muito jovens. Com base nisto, a classificação aqui realizada conta para cafeeiros adultos de implantação anterior a 2017, sendo excluídas lavouras mais jovens, assim como aquelas retiradas ou substituídas no período de 2017 a 2020.

A partir da classificação das ROI's foi utilizado o algoritmo de classificação não supervisionada por *maximum likelihood* (SCP) para identificação das áreas ocupadas por cada uma destas classes.

Foi também adquirido o mapa de classificação das vertentes (VALERIANO, 2008) a partir do site da iniciativa Topodata, pertencente ao INPE, o qual classifica as vertentes quanto ao seu formato vertical (plana, convexa ou côncava) de forma combinada com o horizontal (convergente, retilínea ou divergente). Desta forma, as combinações são classificadas de 1 a 9.

Estas classes foram nomeadas e criadas abreviações, sendo a classificação colocada da seguinte forma: 1 convergente-côncava (CV), 2 convergente-retilínea (CR), 3 convergente-convexa (CX), 4 planar-côncava (PV), 5 planar-retilínea (PR), 6 planar-convexa (PX), 7 divergente-côncava (DV), 8 divergente-retilínea (DR), 9 divergente-convexa (DX).

O mapa adquirido foi recortado para as áreas cafeeiras de interesse e foi extraída a estatística descritiva do NBR com relação a cada classe de vertente, permitindo a análise da relação entre o formato da vertente e a severidade da geada.

2.4 Análise dos Resultados

As estatísticas foram extraídas a partir das ferramentas *r.report*, a qual retorna a área, em hectares, ocupada por cada classe, sendo este procedimento realizado para os mapas de classes de vertentes e classes de danos por geada; e *zonal statistics of raster layer*, o qual retorna a estatística descritiva para cada zona de interesse separadamente, sendo utilizado para os valores de classes de danos por geada a partir das zonas de interesse (matriz de classes de vertentes). As ferramentas pertencem ao GRASS Gis e ao QGIS, respectivamente.

Os resultados foram analisados a partir da estatística descritiva quanto à área de ocorrência identificada, tanto para termos quantitativos (área afetada) quanto para qualitativos (área afetada por cada classe de dano).

Foi realizada uma análise empírica de erros ocorridos na classificação a partir de observação *in situ* de áreas neste trabalho classificadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A classificação retornou como valores de classificação que: 24406,25 hectares analisados sofreram pouco ou nenhum dano pela geada, 14490,43 hectares sofreram danos medianos, 8195,64 hectares sofreram danos severos ou morte, e 4369,36 hectares estiveram fora do espectro de classificação (Figura 2). É importante ressaltar a existência de erros em qualquer classificação supervisionada de objetos, que podem ser causadas por diversos motivos que gerem respostas espectrais semelhantes entre eles (CAMPBELL, 1981; SANTOS; EMBRECHTS, 2009).

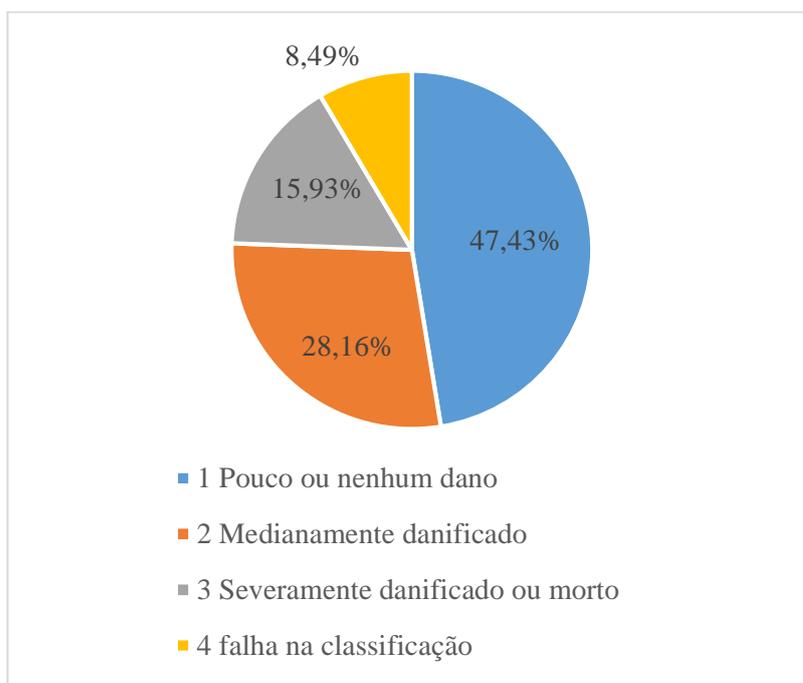


FIGURA 2. Percentual da área total ocupada por cada classe de dano por geada estabelecida.

No presente estudo, podemos pontuar algumas falhas comuns de classificação observadas: Áreas empoeiradas junto a estradas com reposta espectral de geadas, cafeeiros jovens medianamente danificados respondem como cafeeiros adultos severamente danificados, cafeeiros jovens severamente danificados podem responder como solo exposto, dentre outras. Neste sentido, seria interessante a realização de uma análise para determinar o percentual de assertividade do método, porém não é possível tendo em vista a indisponibilidade até o momento de uma classificação geral da área de estudo para comparação. De toda forma, trabalhos anteriores mostram a eficiência do sensoriamento remoto no monitoramento de geadas (DEMARCHI *et al.*, 2015; LOU *et al.*, 2013; RAFAELLI *et al.*, 2006; TAUGOURDEAU *et al.*, 2014).

Considerando a distribuição espacial do município, observou-se que a maior severidade de danos ocorreu na porção sudoeste do território, o qual é caracterizado por áreas de média declividade, com relevo suave ondulado a ondulado. Observa-se que a severidade dos danos diminui conforme os ventos, que segundo dados do Inmet (2021) chegaram ao município em sentido sudoeste-nordeste, se encontraram com barreiras físicas de relevo. O mapa da Figura 3 mostra a ocorrência das classes dentro do município de Patrocínio.

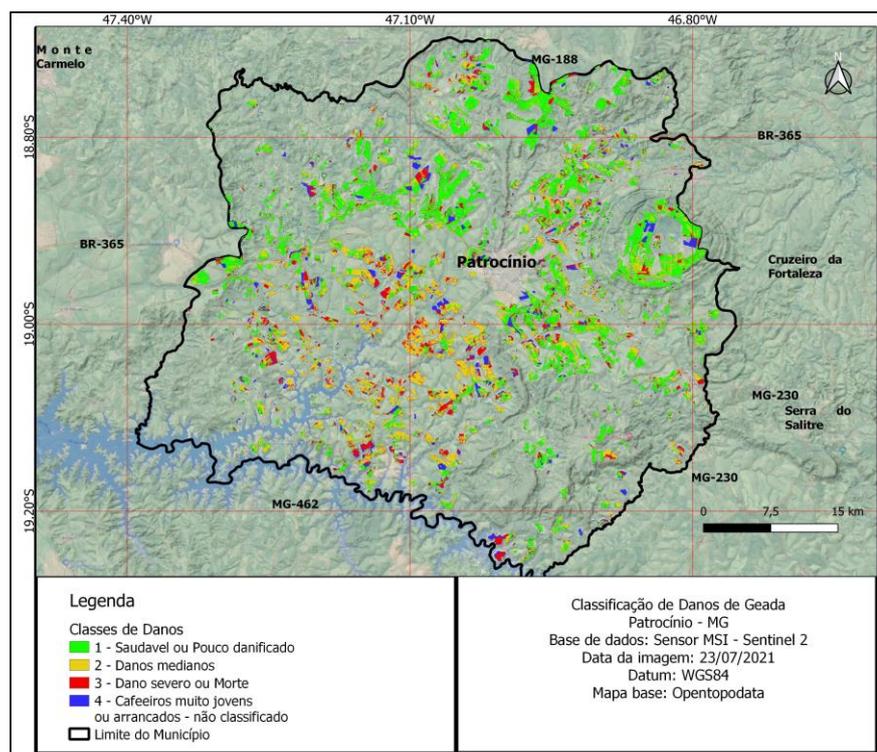


FIGURA 3. Mapa representativo da distribuição das classes de danos no município de Patrocínio

Quanto à relação com os formatos de vertentes, a ocorrência foi mais severa nas áreas de vertentes com formato vertical côncavo, sendo a classe de maior severidade observada a classe 1-CV, seguida de 4-PV e 7-CV. Embora os valores observados tenham sido superiores nestas classes, conforme o esperado para o comportamento do fenômeno (CESAR *et al.*, 2015; KALMA *et al.*, 2017), a severidade no ano de 2021 promoveu danos até mesmo em áreas consideradas de baixo risco para geada. É interessante ressaltar que a área ocupada por cafeicultura em vertentes de alto risco de geada é pequena, de forma desejável para a prevenção de perdas. Dentro das áreas cafeeiras do município, existe predominância de áreas verticalmente retilíneas, distribuídas entre convergentes, planares e divergentes, em seus formatos horizontais.

Dentre as formas dominantes, aquela com maior tendência de acúmulo do ar frio é o 2-CR. O formato de terreno que proporciona maior acúmulo de ar (1-CV) possui baixo percentual de ocorrência, com apenas 1,58% da área de estudo, enquanto aquele com maior dispersão (9-DX), representa 7,83% da área (Figura 4).

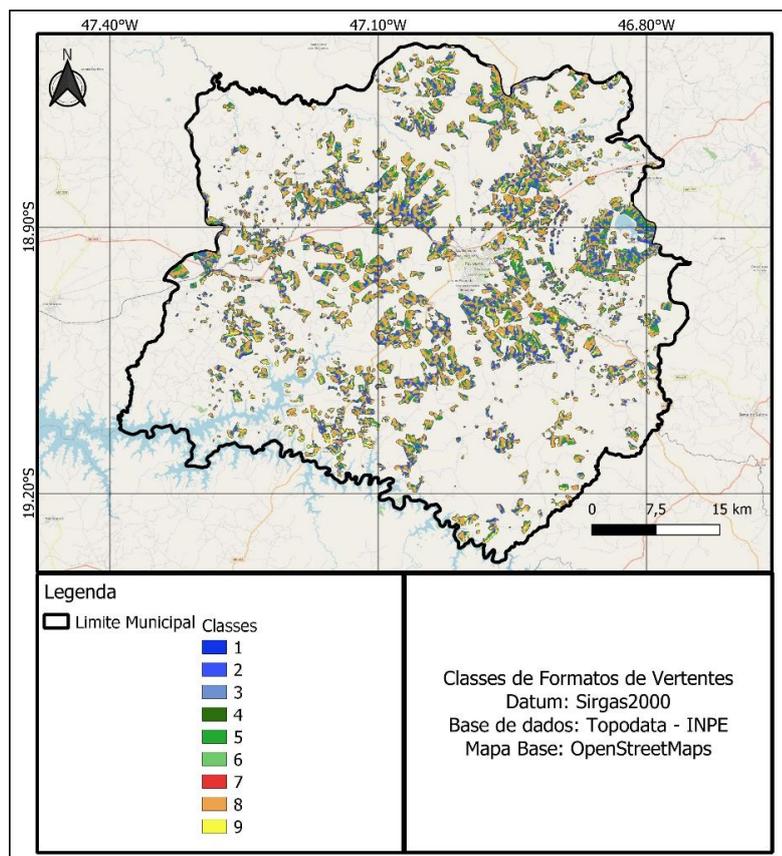


FIGURA 4. Mapa representativo da distribuição das classes de vertentes no município de Patrocínio

Os dados relativos à distribuição das classes de vertentes em termos de área de ocupação assim como a média observada para as classes de ocorrência de geada dentro de cada classe de vertente estão contidos na Tabela 1.

TABELA 1. Distribuição das classes de vertentes e médias de classes de geada.

Classe	Área (hectares)	Percentual do total (%)	Média de Classes de Geada
1 convergente-côncava (CV)	814,48	1,58	1,96
2 convergente-retilínea (CR)	9378,2	18,22	1,79
3 convergente-convexa (CX)	861,41	1,67	1,75
4 planar-côncava (PV)	338,68	0,66	1,93
5 planar-retilínea (PR)	12080,68	23,48	1,77
6 planar-convexa (PX)	1349,82	2,62	1,81
7 divergente-côncava (DV)	281,94	0,55	1,85
8 divergente-retilínea (DR)	22327,20	43,39	1,76
9 divergente-convexa (DX)	4029,27	7,83	1,78
TOTAL	51461,59	100	

Como demonstrado pelos dados, embora a severidade das geadas seja maior em áreas côncavas, especialmente em 1-CV e 4-PV, como colocado anteriormente neste trabalho, os danos foram altos em todas as classes no presente caso, principalmente ao sudoeste da área de estudo. Neste ponto de vista, ressalta-se aqui a necessidade da adoção de práticas que possam minimizar os danos à cafeicultura em caso de geadas deste nível de agressividade.

Dentre as classes de maior ocupação, foi observada igualdade entre os valores médios de classe, o que indica que o formato horizontal das vertentes influi menos na severidade do fenômeno do que o formato vertical da mesma, sendo necessários mais estudos a respeito desta relação, tendo em vista que existe escassez da quantificação dos danos dentro da mesma. No mesmo ponto de vista, quando consideradas apenas as variações horizontais das vertentes, observa-se pouca variação, quando mantido o formato vertical.

CONCLUSÃO

Foi possível estimar a área cafeeira danificada por geada e qualificar o dano em diferentes classes a partir da classificação supervisionada, com base nas alterações ocorridas no

comportamento espectral das plantas por consequência da geada, a partir de ferramentas e dados abertos.

Com base na observação em campo, foi constatada a presença de erros de classificação, porém não de forma pouco representativa. De toda forma, é importante que após a realização completa de avaliação do município seja realizada a comparação das classificações.

Pode-se observar maiores danos nas vertentes de formato vertical côncavo, enquanto a variação horizontal do formato não influenciou muito nos valores observados, todavia, de forma desejável, estas são pouco ocupadas por lavouras cafeeiras. Com base na amplitude dos danos, ressalta-se a necessidade do desenvolvimento de ações que possibilitem a futura mitigação de danos frente a este fenômeno meteorológico que não sejam baseadas unicamente na fuga de regiões de alta incidência.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Claudio C. F.; MARTINS, Evelyn M. L. M.; NOVO, Vitor S. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: www.inpe.br.

BÉGUÉ, Agnès et al. Remote sensing and cropping practices: A review. **Remote Sensing**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 1–32, 2018. DOI: 10.3390/rs10010099.

CAMPBELL, J. B. Spatial correlation effects upon accuracy of supervised classification of land cover. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, [S. l.], v. 47, n. 3, p. 355–363, 1981.

CANEPELLE, Laís Braga. Variação microclimática influenciada pela topografia e urbanização. **Tese de Doutorado**, [S. l.], 2018.

CARAMORI, P. H.; ANDROCIOLI FILHO, A.; LEAL, A. C. Coffee shade with Mimosa scabrella benth. for frost protection in southern Brazil. **Agroforestry Systems**, [S. l.], v. 33, n. 3, p. 205–214, 1996. DOI: 10.1007/BF00055423.

CESAR, Julio; LUÍS, Edson; SP, Cândido Mota; MEIO, P. O. R.; VEGETAÇÃO, D. E. **Índices D. E. Análise dos efeitos de geadas na cobertura vegetal do município de Cândido Mota–SP, Brasil, por meio de Índices de Vegetação**. [S. l.], 2015.

DA SILVA BARROS, Pedro Paulo; ROSALEN, David Luciano; FILHO, Fernando Henrique Iost; MARTINS, George Deroco; DI LEO, Néstor. Monitoring plant health using remote sensing: Advances and challenges. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 73, n. 2, p.

489–515, 2021. DOI: 10.14393/rbcv73n2-56597.

DEMARCHI, Julio Cesar; PIROLI, Edson Luís. Análise dos efeitos de geadas na cobertura vegetal do município de Cândido Mota–SP, Brasil, por meio de Índices de Vegetação. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 35, n. 3, p. 554-573, 2015.

FEARNSIDE, Philip M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. **Environmental Conservation**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 23–38, 2001. DOI: 10.1017/S0376892901000030.

GHINI, Raquel; HAMADA, Emília; PEDRO JÚNIOR, Mário José; GONÇALVES, Renata Ribeiro do Valle. Incubation period of *Hemileia vastatrix* in coffee plants in Brazil simulated under climate change. **Summa Phytopathologica**, [S. l.], v. 37, n. 2, p. 85–93, 2011. DOI: 10.1590/s0100-54052011000200001.

KUMHÁLOVÁ, Jitka; KUMHÁLA, František; KROULÍK, Milan; MATĚJKOVÁ, Štěpánka. The impact of topography on soil properties and yield and the effects of weather conditions. **Precision Agriculture**, [S. l.], v. 12, n. 6, p. 813–830, 2011. DOI: 10.1007/s11119-011-9221-x.

LOU, Weiping; JI, Zongwei; SUN, Ke; ZHOU, Jianneng. Application of remote sensing and GIS for assessing economic loss caused by frost damage to tea plantations. **Precision Agriculture**, [S. l.], v. 14, n. 6, p. 606–620, 2013. DOI: 10.1007/s11119-013-9318-5.

MCBRATNEY, A. B.; MENDONÇA SANTOS, M. L.; MINASNY, B. **On digital soil mapping**. [s.l.: s.n.]. v. 117 DOI: 10.1016/S0016-7061(03)00223-4.

MELO-ABREU, J. P.; RIBEIRO, A. C. Os danos de geada: conceitos, mecanismos e modelos de simulação. **Clima e Recursos Naturais: Conferências de Homenagem ao Prof. Doutor Dionísio Gonçalves.**, [S. l.], p. 141–166, 2010.

NEPSTAD, Lucy S.; GERBER, James S.; HILL, Jason D.; DIAS, Livia C. P.; COSTA, Marcos H.; WEST, Paul C. Pathways for recent Cerrado soybean expansion: Extending the soy moratorium and implementing integrated crop livestock systems with soybeans. **Environmental Research Letters**, [S. l.], v. 14, n. 4, 2019. DOI: 10.1088/1748-9326/aafb85.

RAFAELLI, Débora Rosa; MOREIRA, Mauricio Alves; FARIA, Rogério Teixeira De. Analysis of the MODIS data potential to monitor (state and local level) frost impact on coffee. **Agricultura em Sao Paulo**, [S. l.], n. 53, p. 5–15, 2006. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpiea/publicacoes/asp1-1-06.pdf>.

SANTOS, Jorge M.; EMBRECHTS, Mark. On the use of the adjusted rand index as a metric for evaluating supervised classification. **Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)**, [S. l.], v. 5769 LNCS, n. PART 2, p. 175–184, 2009. DOI: 10.1007/978-3-642-04277-5_18.

SANTOS, Rafael S.; WIESMEIER, Martin; CHERUBIN, Maurício R.; OLIVEIRA, Dener M.

S.; LOCATELLI, Jorge L.; HOLZSCHUH, Marquel; CERRI, Carlos E. P. Consequences of land-use change in Brazil's new agricultural frontier: A soil physical health assessment. **Geoderma**, [S. l.], v. 400, p. 115149, 2021. DOI: 10.1016/j.geoderma.2021.115149.

SCHAEFER, Carlos Ernesto G. R. **Bases Físicas da paisagem brasileira: Estrutura Geológica, relevo e solos**. [S. l.], p. 221–278, 2013.

TAUGOURDEAU, Simon et al. Leaf area index as an indicator of ecosystem services and management practices: An application for coffee agroforestry. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S. l.], v. 192, p. 19–37, 2014. DOI: 10.1016/J.AGEE.2014.03.042.

TORRADO, Pablo Vidal; LEPSCH, Igor Fernandes; CASTRO, Selma Simões De. **Conceitos e Aplicações das Relações Pedologia-Morfologia em Regiões Tropicais Úmidas**. [S. l.], 2005.

ZISKA, Lewis H.; BRADLEY, Bethany A.; WALLACE, Rebekah D.; BARGERON, Charles T.; LAFOREST, Joseph H.; CHOUDHURY, Robin A.; GARRETT, Karen A.; VEGA, Fernando E. Climate change, carbon dioxide, and pest biology, managing the future: Coffee as a case study. **Agronomy**, [S. l.], v. 8, n. 8, p. 1–21, 2018. DOI: 10.3390/agronomy8080152.