

MAPEAMENTO DE TRATOS CULTURAIS PRÉ-PLANTIO DAS SAFRAS AGRÍCOLAS NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO VERDADEIRO – OESTE DO PARANÁ

Altair Bennert¹, Ericson Hideki Hayakawa², Marcos Adami³, Marcia Regina Calegari⁴, Patrícia Antônio de Oliveira Perdoná⁵, Cássio A. R. Wandscheer⁶

¹ FPTI/UNIOESTE, Mal.Cand.Rondon-PR, bennert.geo@gmail.com; ²UNIOESTE, Mal.Cand.Rondon-PR, ericson.geo@gmail.com; ³INPE, São José dos Campos-SP, adami16@gmail.com; ⁴UNIOESTE, Mal.Cand.Rondon-PR, marciareg_calegari@hotmail.com; ⁵ FPTI/UNIOESTE, Francisco Beltrão, patricia.oliveira2401@hotmail.com; e ⁶FPTI, Foz do Iguaçu-PR, cassior@pti.org.br

RESUMO

A bacia hidrográfica do rio São Francisco Verdadeiro é uma das principais sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Paraná 3, Oeste do estado do Paraná e de grande importância para o contexto agropecuário do estado. O uso intensivo do solo da região, associado a práticas de manejo e conservação inadequadas pode ocasionar problemas como compactação dos solos e processos erosivos. Neste contexto, este trabalho objetiva mapear temporalmente as áreas de solo exposto por revolvimento mecânico na bacia a partir de 1984 por meio do uso do Google Earth Engine (GEE). O protocolo usado consiste basicamente em mapear as áreas de solo revolvido a partir de imagens dos satélites da série Landsat-5 e 8 com o classificador *Random Forest*. Os resultados indicam que a frequência de ocorrência de solo revolvido na área do estudo reduziu expressivamente a partir do final da década de 1990. Esta mudança no manejo e conservação dos solos é decorrente do incremento da prática do Sistema de Plantio Direto.

Palavras-chave — Bacia Hidrográfica Paraná 3, *Random Forest*, Landsat.

ABSTRACT

The São Francisco Verdadeiro River basin is one of the main sub-basins of the Paraná Hydrographic Basin 3, west of the Paraná State and of great importance for the agricultural context. The intensive use of the soils, associated with inadequate management and conservation practices, can cause problems such as soil compaction and erosion processes. In this context, this work aims to map temporally the areas of soil exposed by mechanical overturning in the study area from 1984 using Google Earth Engine (GEE). The protocol used basically consists of mapping the areas of upturned soil from images from the Landsat-5 and 8 with the Random Forest classifier. The results indicate that the frequency of occurrence of disturbed soil in the study area has significantly reduced since the end of the 1990s. This change in soil management and conservation is due to the increase in the practice of the No-Till System.

Key words — Hydrographic Basin of Paraná 3, *Random Forest*, Landsat.

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio São Francisco Verdadeiro (BHSFV) integra o conjunto de bacias que formam a Bacia Hidrográfica do Paraná 3 (BP3), localizada no Oeste do estado do Paraná. Trata-se de um conjunto de bacias cujos exutórios deságuam no reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional. A BHSFV destaca-se por apresentar: i) alguns dos municípios com os melhores IDHM do estado; ii) produção agropecuária, com destaque a suinocultura, a avicultura e a piscicultura, bem como pela produção de ovos, de milho e de soja; iii) potencial turístico, por possuir parte de seu território o lago do reservatório de Itaipu.

O uso intensivo do solo para atividades agropecuárias tem causado danos aos sistemas naturais, perda do solo e prejuízos ambientais e financeiros de grande monta. O Paraná que já foi considerado exemplo em práticas de manejo e conservação do solo, atualmente enfrenta problemas de degradação do solo. Na BHSFV pode-se observar processos erosivos e a compactação dos solos nas áreas de lavoura e pecuária. Se manejado de forma correta, uma das formas efetivas para o manejo e conservação do solo é a prática do Sistema de Plantio Direto (SPD) [1], cujos pilares principais são: a) ausência de revolvimento do solo com perturbação mínima, restrita a linha de semeadura; b) cobertura permanente do solo com palhada ou cobertura viva; c) diversificação/rotação de culturas.

Nesse contexto, o uso de geotecnologias, a exemplo da Plataforma Google Earth Engine (GEE), tem contribuído no mapeamento de tipos de cobertura e uso da terra, a exemplo de estudos recentes desenvolvidos por Demattê et al. [2], Demattê et al. [3], Safanelli [4], Mendes et al. [5], Silveiro et al. [6]. Por ser realizado em ambiente de nuvem, o GEE facilita o acesso a recursos de computação com alto desempenho no processamento de grande conjunto de dados geoespaciais [7] com custos e equipamentos mínimos [8].

Partindo dessas premissas este estudo foi realizado visando mapear as áreas de solos revolvido na BHSFV, no período entre 1984 até 2021, empregando imagens dos satélites Landsat-5 e 8 processadas na plataforma do GEE. Os resultados permitem verificar se as práticas de manejo têm preservado o princípio do revolvimento mínimo na área do estudo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área do estudo

A BHSFV, localizada no oeste do Paraná, abrange uma área de ~2290 km² (Figura 1). Possui gradiente topográfico de 480m, com altitudes variando de 710m, à montante, e 230 m à jusante e canal principal com ~152 km de extensão. Dos 11 municípios drenados pela bacia, os maiores são: Marechal Cândido Rondon, Toledo e Cascavel. O uso da terra da bacia é predominantemente voltado para as culturas temporárias (soja e milho) e pastagem e/ou vegetação arbórea nas áreas de maior declividade.

2.2. Metodologia

Os procedimentos adotados consistiram em: seleção de imagens das coleções dos satélites Landsat-5 e 8 no GEE a partir do ano de 1984 usando como critério a data, órbita/ponto, percentual de cobertura de nuvem de no máximo 5% e pela área do estudo. As imagens classificadas correspondem a duas órbitas/ponto 223/77 e 224/77. Após a seleção das imagens, procedeu-se com o mascaramento das nuvens e suas sombras quando necessário. A classificação das imagens pautou-se no uso do classificador *Random Forest* (Wang et al. [9]; Whyte et al. [10]; Zhou et al. [11] Becker et al. [12]).

Para cada data de imageamento calculou-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI), o Índice de Água de Diferença Normalizada (NDWI), o Índice de Vegetação Realçado (EVI) e o Índice de Razão Simples (SR). Cada um dos índices supracitados, e mais as bandas do visível e do infravermelho próximo foram uma entrada no processo de classificação. Selecionou-se amostras de pixels de classes de solo exposto/revolvido (principal classe de interesse nesse estudo) (Figura 2), palhada, mata, mata nativa e água. A coleta de amostras de pixel para treinamento do algoritmo foi realizada por meio de interpretação visual das imagens. Adicionalmente, aplicou-se o Modelo de Mistura Espectral e o resultado obtido foi adicionado como bandas de imagens para a classificação. As variáveis de elevação e declividade também foram adicionadas como bandas para a classificação. Diante das variáveis de entrada, definiu-se o valor de 100 árvores de decisão para a classificação com o *Random Forest*. O resultado de cada uma das classificações foi exportado para o *Assets* no GEE. As imagens classificadas foram convertidas em coleção, sendo filtradas em dois diferentes períodos: de 1984 a 1998 e de 1999 a 2021. Na sequência foi calculada a frequência da classe de solo exposto/revolvido para ambos os períodos [2]. Todas as imagens classificadas foram exportadas para o Google Drive e seus respectivos layouts elaborados no aplicativo Qgis. A elaboração dos gráficos com os dados de área de solos exposto/revolvido foi elaborada no *Jupyter Notebook* com a biblioteca *Plotly*.

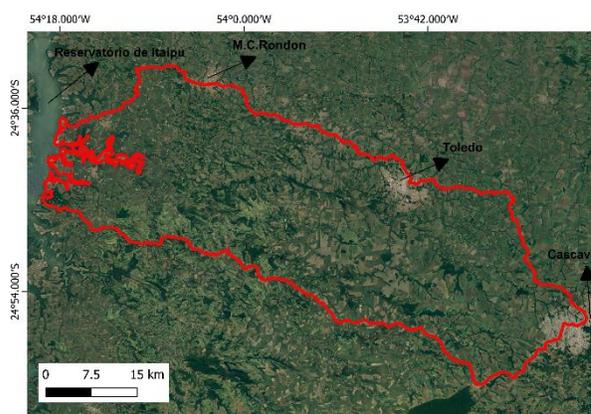
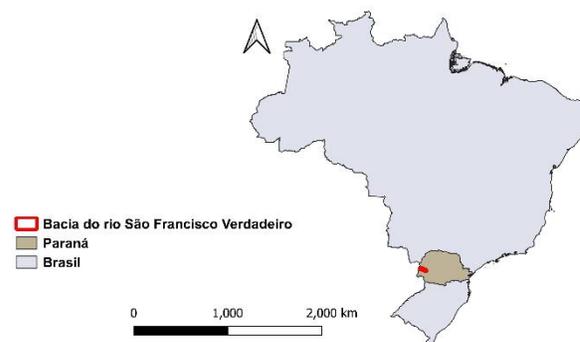


Figura 1. A) Localização da bacia no Estado do Paraná; B) Área da bacia do rio São Francisco Verdadeiro destacada em vermelho.



Figura 2. Exemplo de solo exposto para a bacia.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maior ocorrência do processo de revolvido do solo foi observada no período entre 1984 e 1998 na baixa bacia (Figura 3), correspondendo a órbita/ponto 224-77 com locais que apresentam até 50% de frequência. Na área montante da bacia a frequência é de aproximadamente 38%. A ausência de solo revolvido corresponde a área mais escarpada da bacia, onde predominam as pastagens.

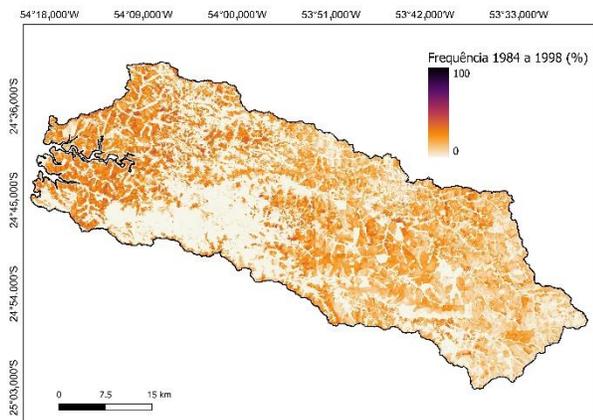


Figura 3. Mapa de Frequência de ocorrência solo exposto/revolvido no período entre 1984 e 1998.

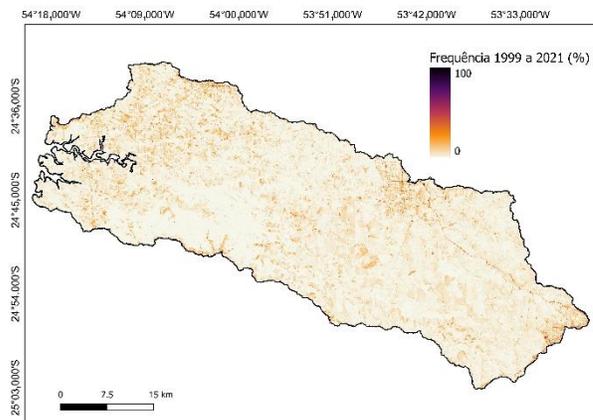


Figura 4. Mapa de Frequência de solo exposto/revolvido de 1999 a 2021.

A redução no revolvimento do solo no período de 1999 a 2021 (Figura 4), reflete uma mudança de paradigma nas práticas de conservação de solo Denardin et al. [13], com a introdução do SPD. Neste período, a maior frequência de revolvimento (31%) foi observada na baixa bacia, mantendo a tendência da década anterior e a menor frequência no setor sudoeste da bacia.

A variação temporal da área de solo revolvido em km² foi semelhante para as duas órbitas ponto (Figura 5). Especificamente para a órbita/ponto 223/77, até o ano de 1998 era comum que o somatório das áreas de solos revolvidos ultrapassasse os 700 km². A partir do final da década de 1990 a área de solo revolvido decaiu significativamente. A partir do final da década de 1990 a área total de solo revolvido figurava em torno de 90 km². Recentemente chegou a ultrapassar 100 km². Os menores somatórios de áreas com solos revolvidos foram de 3 km² para 03/01/1985; 7 km² 12/01/1994; 5 km² em 12/06/2020.

No setor a jusante da bacia (Figura 5) até os anos 2000 o somatório de áreas de solos revolvidos foi maior, chegando a atingir até 700 km². A partir da virada do século, a prática de revolvimento do solo decaiu expressivamente. Os menores valores observados para o somatório de solo revolvido foram de: 3 km² em 10/01/1985, 4 km² em 19/01/1988; 5 km² em 12/06/1994. A data de 23/10/2019 chama a atenção com um somatório de área de solo revolvido que alcançou 200 km², algo que não ocorreu para o setor a montante da bacia (órbita/ponto 223/77).

As áreas de solo revolvido observadas até a década de 1990 (Figuras 5) estão associadas a prática de preparo do solo para o plantio. Essa prática não é adequada e benéfica ao solo. O indicado é a adoção das práticas de caráter vegetativo, edáfico e mecânico. A redução de áreas de solo revolvido após esse período deve-se pela adesão a prática do Sistema de Plantio Direto - SPD pelos produtores rurais da região.

Essa adesão é expressiva após os anos 2000, decorrente das ações de conscientização dos agricultores e de políticas públicas para a introdução do SPD, que foram amplamente divulgadas a partir dos anos 1990 no estado do Paraná.

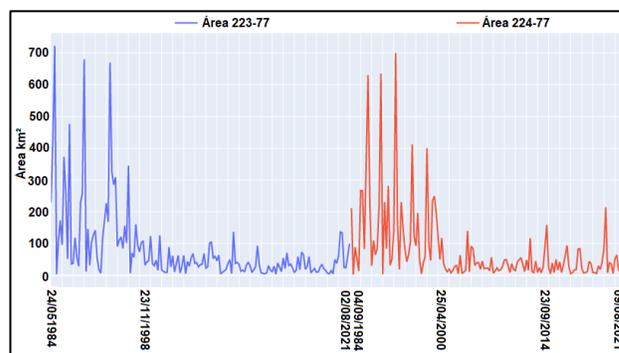


Figura 5. Evolução temporal de área (km²) de solo exposto/revolvido para as órbitas/ponto 223-77 e 224-77.

O estado do Paraná também foi pioneiro no Brasil com a implantação de uma legislação do uso do solo [14], a partir da criação da Lei n. 8.014/1984 e da seção II do Decreto 6.120/1985, que preconizam sobre as práticas conservacionistas. Contudo, mesmo com o estímulo e programas para o manejo e conservação do solo e água, a abordagem ainda tem sido reducionista na visão de muitos produtores e técnicos [14].

Além dos fatores mencionados anteriormente e que carecem de demais pesquisas, a prática de revolvimento do solo pode impactar negativamente em demais serviços ambientais do solo, como sequestro de carbono [15]; [16], armazenamento da água [17] e segurança hídrica na região. Ainda é necessário analisar pontualmente, mas há sinais de que próximo ao ano de 2020 há uma elevação na área de solo revolvidos para ambas as órbitas/ponto.

4. CONCLUSÕES

O GEE mostrou-se eficaz para o mapeamento da frequência de revolvimento de solo, permitindo obter subsídios para entendimento das áreas de geração e transferência sedimentos e nutrientes, em diferentes escalas (vertente e microbacia) na área do estudo. O mapeamento de

frequência de solo exposto/revolvido para os dois períodos demonstrou que após os anos 2000 ocorreu uma redução na prática de revolvimento do solo. Isto se deve pelo estímulo ao emprego da prática de SPD. Estudos futuros devem ser realizados para verificar quais as melhores variáveis para o mapeamento, bem como, a realização de incursões a campo para validação.

5. AGRADECIMENTOS

À Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI) pela bolsa DTI e fomento ao projeto. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil - Processo 313757/2021-6.

6. REFERÊNCIAS

[1] Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. Investing in sustainable agricultural intensification: the role of conservation agriculture: a framework for action. Rome: FAO, 2008

[2] J. A. M. Demattê et al. Bare Earth's surface spectra as a proxy for soil resource monitoring. *Scientific Reports*, 10, pp. 1-11, 2020.

[3] J. A. M. Demattê, C.T. Fongaro, R. Rizzo, J.L. Safanelli. Geospatial Soil Sensing System (GEOS3): A powerful data mining reduce to retrieve soil spectral reflectance from satellite images. *Remote Sensing Environment*, 212, pp. 161-175, 2018.

[4] J. L. Safanelli. Leveraging the application of Earth observation data for mapping and monitoring cropland soils. Piracicaba, pp.105, 2020.

[5] W. S. Mendes et al. Is it possible to map subsurface soil attributes by satellite spectral transfer models? *Geoderma*, 343, pp.269-279, 2019.

[6] N. E. Q. Silvero et al. Soil variability and quantification based on Sentinel – 2 and Landsat-8 bare soil images: A comparison. *Remote Sensing of Environment*, 252, p. 1-19, 2020.

[7] N. Gorelick et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*. 202, p.18-17, 2017.

[8] L. Kumar; O. Mutanga. Google Earth Engine Applications Since Inception: Usage, Trends, and Potential. *Remote Sensing*, 10, pp.1-15, 2018.

[9] S. Wang et al. Using soil library hyperspectral reflectance and machine learning to predict soil organic carbon: Assessing potential of airborne and spaceborne optical soil

sensing. *Remote Sensing Environment*: 271. 2022. doi: 10.1016/j.rse.2022.112914.

[10] A. Whyte et al. A new synergistic approach for monitoring wetlands using Sentinels -1 and 2 data with object-based machine learning algorithms. *Environmental Modelling and Software* 104: 2018. 40-54. doi: 10.1016/j.envsoft.2018.01.023

[11] B. Zhou et al. Leveraging Google Earth Engine (GEE) and machine learning algorithms to incorporate in situ measurement from different times for rangelands monitoring. *Remote Sensing of Environment* 236. 2020. doi:10.1016/j.rse.2019.111521.

[12] W. R. Becker et al. Statistical feature for land use and cover classification in Google Earth Engine. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*: 21. 2021. doi:10.1016/j.rsase.2020.100459.

[13] J. E. Dernadin et al. "Vertical Mulching" como prática conservacionista para manejo-de enxurrada em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V. 32, p. 2847-2852, 2008. Número especial.

[14] P. C. Conceição. Práticas conservacionistas. In.: O. J. Bertol et al. Manual de manejo e conservação do solo e da água para o estado do Paraná. 1. Ed. Curitiba, Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – NEPAR-SBCS, 2019. p. 112.

[15] F. Tao et al. Cropland soils in China have a large potential for carbon sequestration based on literature survey. *Soil and Tillage Research*, 2019. P. 70-78,

[16] J. Padarian et al. Monitoring changes in global soil organic carbon stocks from space. *Remote Sensing of Environment*, 281. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.113260>.

[17] T.Y. Z. Pereira.; C. V. M. Athayde; G. B. Athayde. The Ajuicaba Basin Creek chemical signature of water resources: Geological sources and anthropogenic contributions. *Journal of South American Earth Sciences*, 117, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103868>