



## INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS NO USO DO SOLO NA REMOÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO EM PIRACICABA-SP

Carla Talita Pertille<sup>1</sup>, Ana Paula Dalla Corte<sup>1</sup>, Karla Mayara Almada Gomes<sup>1</sup>, Iaci  
Dandara Santos Brasil<sup>1</sup>, Girlene da Silva Cruz<sup>1</sup>, Antonio Pedro Fragoso Woycikievicz<sup>1</sup>,  
Natiele Caumo Mezacasa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil. E-mail: carla.pertille@ufpr.br; anapaulacorte@gmail.com; karlamayaramada@gmail.com; iacidandara@gmail.com; girlene.lenecruz@gmail.com; antoniof.w@gmail.com; natiele.cmz99@gmail.com

Autor correspondente: Antonio Pedro Fragoso Woycikievicz. E-mail: antoniof.w@gmail.com.

### RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar a mudança de uso do solo e seu impacto na fixação de carbono pela vegetação no período entre 2015 e 2020, no município de Piracicaba-SP. Para tanto, os mapas de uso do solo produzidos pelo projeto MapBiomass foram analisados em ambas as datas. Adicionalmente, calculou-se o índice de estimativa de sequestro de carbono, conhecido como CO<sub>2</sub>flux, a partir de imagens orbitais do Landsat-8. Os resultados evidenciaram que as áreas com plantios, pastagem, plantios de soja e de cana e áreas urbanizadas apresentaram as maiores variações de área durante o período avaliado. Assim, o sequestro de carbono foi superior nas áreas com a presença de vegetação e de áreas agriculturáveis de acordo com a análise espacial da estimativa do sequestro de carbono por meio do índice CO<sub>2</sub>flux em um período de 5 anos (2015 a 2020) para o município de Piracicaba, SP.

**Palavras-chave:** Índices espectrais; mensuração florestal; sensoriamento remoto

## INFLUENCE OF CHANGES IN LAND USE ON CARBON REMOVAL IN PIRACICABA-SP, BRAZIL

### ABSTRACT

*This work aimed to evaluate land use change and its impact on carbon fixation by vegetation in the period between 2015 and 2020, in the municipality of Piracicaba-SP, Brazil. For this purpose, land use maps produced by the MapBiomass project were analyzed on both dates. Additionally, the carbon sequestration estimate index, known as CO<sub>2</sub>flux, was calculated from Landsat-8 orbital images. The results showed that areas with plantations, pasture, soybean and sugarcane plantations and urbanized areas presented the greatest area variations during the evaluated period. Thus, carbon was higher in areas with vegetation and arable areas according to the spatial analysis of the estimate of carbon sequestration through the CO<sub>2</sub>flux index over a period of 5 years (2015 to 2020) for the municipality from Piracicaba, SP.*

**Key words:** spectral index; forest measurement; remote sensing

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MENSURAÇÃO FLORESTAL



### INTRODUÇÃO

As emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE) têm importante contribuição para as alterações climáticas e o aquecimento global. Nesse sentido, processos relacionados às mudanças de uso da terra, à queima de combustíveis fósseis e às atividades industriais trazem consequências significativas para o meio ambiente (Veres *et al.*, 2020.) Essas elevadas concentrações atmosféricas de GEE, especialmente o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ressaltam a relevância de estudos sobre a quantificação do estoque e do fluxo de carbono, especialmente em áreas florestais, visto que as árvores podem atuar como fontes ou sumidouros de carbono.

Nesse sentido, a utilização de dados derivados de técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) para o monitoramento da cobertura vegetal, principalmente utilizando índices de vegetação (IV), destacam-se, especialmente o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada ou *Normalized Difference Vegetation Index* – (NDVI) e o Índice de Vegetação Fotossintético ou *Photochemical Reflectance Index* (PRI), que derivam o índice CO<sub>2</sub>flux, o qual pode mensurar a capacidade do sequestro de carbono das florestas (Braz *et al.*, 2015).

Portanto, este trabalho teve como objetivo analisar o uso do solo e seu potencial impacto no sequestro de carbono da vegetação, no período de 2015 a 2020, através de índices espectrais para o município de Piracicaba – SP.

### MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa abrangeu o município de Piracicaba, localizado no Estado de São Paulo, Brasil, nas coordenadas geográficas 22°42'30" S de latitude e 47°38'01" W de longitude, com altitude média de 554 m e área total de 1.378,5 km<sup>2</sup> (IPPLAP, 2023). Ferreira *et al.* (2021) indicam que o local apresenta condições climáticas variadas, com a existência de dois períodos distintos: um período mais quente e chuvoso de novembro a março e um período menos quente e seco de maio a agosto. Contém temperaturas médias anuais que variam em torno de 20 °C, atingindo uma média de 23 °C nos meses mais quentes do ano e 17 °C nos meses mais frios (Wolff *et al.*, 2014) e com regime pluviométrico de aproximadamente 1.280 mm (Alvares *et al.*, 2013).

Foram utilizados os dados históricos (2015 a 2020) disponibilizados pelo Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil, denominado MapBiomias (Mapbiomas, 2023), resultantes da classificação do histórico de imagens multiespectrais de 30 metros de resolução espacial, captadas pelo satélite Landsat, desde 1984 (Souza Jr *et al.*, 2020).

Para a estimativa do CO<sub>2</sub>flux, foram obtidas imagens Landsat-8/OLI (*Operational Land Imager*) na plataforma *Earth Explorer* da *United States Geological Survey* (USGS, 2023) na órbita-ponto 220-76, para as datas de: 21/09/2015, 30/07/2016, 05/10/2017, 22/08/2018, 11/10/2019 e 26/08/2020, com resolução espacial de 30 metros. O processamento digital das imagens envolveu a conversão das bandas espectrais para reflectância no topo da atmosfera (TOA – *Top of Atmosphere*), o recorte para a área de interesse e, por fim, o cálculo dos índices espectrais

NDVI, PRI, sPRI e CO<sub>2</sub>flux.

O NDVI é baseado na alta absorção da clorofila na região espectral do vermelho e na alta reflectância no infravermelho próximo, variando entre -1 e 1 (Rouse *et al.*, 1974). Já o PRI expressa a relação entre as bandas do verde e azul, podendo se relacionar com a eficiência do uso da luz na fotossíntese (Rahman *et al.*, 2000). Entretanto, os valores desse índice necessitam ser reescalados para valores positivos, gerando o índice sPRI para, assim, estar na mesma escala do NDVI (Rahman *et al.*, 2000). A combinação desses índices (NDVI x sPRI) resulta no CO<sub>2</sub>flux para a avaliação do sequestro de carbono pela vegetação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

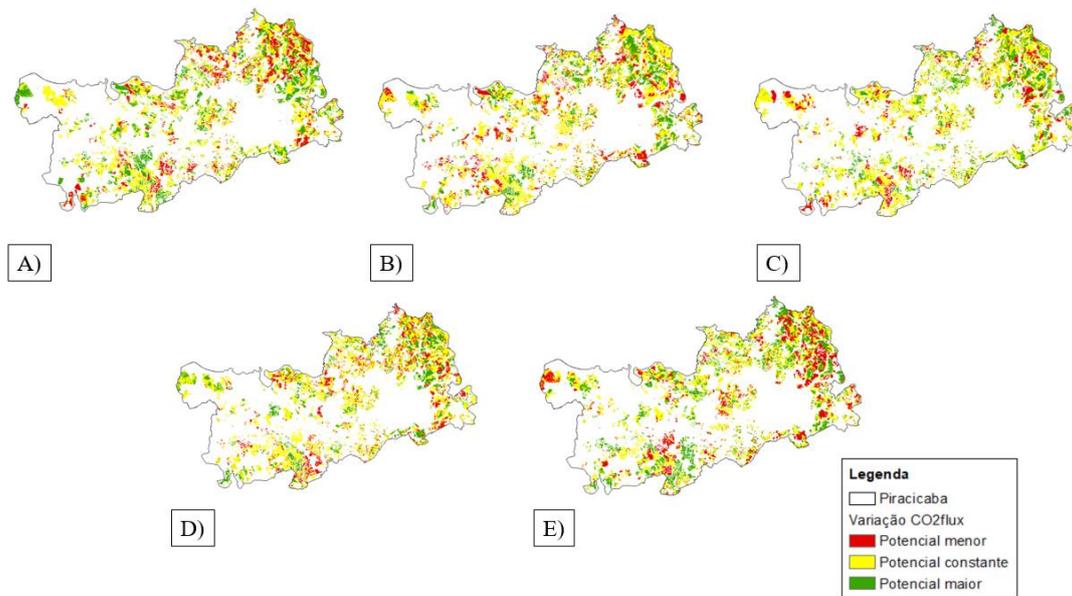
As classes de florestas plantadas, pastagem, áreas urbanizadas, plantios de soja e de cana apresentaram a maior variação de áreas ocorridas no intervalo analisado (Tabela 1).

**Tabela 1.** Comparativo das classes de uso do solo derivadas do Mapbiomas entre 2015 a 2020 para Piracicaba, São Paulo.

Classes	Área (ha)				
	2015x2016	2016x2017	2017x2018	2018x2019	2019x2020
Formação florestal	-41,38	134,87	-233,20	370,27	-101,28
Formação savânica	-49,21	-32,04	-1,39	-67,44	-28,66
Floresta plantada	4,01	222,71	320,08	139,56	-5,53
Campo alagado/área pantanosa	-13,41	-3,82	-8,97	17,54	29,63
Formação campestre	-20,84	11,50	-13,87	11,57	-13,62
Pastagem	34,97	-319,45	-107,84	-120,10	-38,84
Cana	104,37	-1.520,91	-1.002,72	961,03	-91,62
Agricultura e pastagem	-484,23	1.667,32	889,06	-1.729,37	30,46
Área urbanizada	74,56	100,62	82,41	17,57	187,22
Outras áreas não vegetadas	-34,41	-23,96	20,39	22,91	-39,21
Rio, lago e oceano	367,11	-271,67	-162,54	172,92	-234,61
Soja	32,08	43,39	77,21	95,25	126,81
Outras lavouras temporárias	-9,43	11,73	9,36	112,69	-33,88
Outras lavouras perenes	6,74	23,38	0,93	3,72	-0,97

As classes que apresentaram maior capacidade de absorção de carbono compreenderam as áreas com a presença de vegetação (classes mapeadas como formação florestal e floresta plantada) e de áreas agriculturáveis, como os plantios de soja e de cana.

Para exemplificar essa dinâmica, a Figura 1 representa a variação do potencial de carbono para áreas cultivadas com cana, na qual as áreas em vermelho indicam os locais em que a absorção/sequestro de carbono foi menor (classificadas como menor potencial), áreas em amarelo representam os locais em que esse processo foi constante (potencial constante) e as áreas destacadas em verde compreendem os maiores locais de absorção/sequestro (maior potencial).



**Figura 1.** Alterações no uso e ocupação do solo em Piracicaba, SP durante A) 2015 x 2016, B) 2016 x 2017, C) 2017 x 2018, D) 2018 x 2019, E) 2019 x 2020.

## CONCLUSÃO

A análise espacial do uso do solo e seu respectivo efeito no sequestro de carbono da vegetação, no período de 2015 a 2020 revelou que as alterações ocorridas nas classes de uso do solo mapeadas impactaram na capacidade de sequestro de carbono, que, pela análise visual, foi maior nas áreas com vegetação e áreas agriculturáveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711- 728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Braz, A.M.; Águas T.A.; Garcia, P.H.M. Análise de índices de vegetação NDVI e SAVI e Índice de Área Foliar (IAF) para a comparação da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do Córrego Ribeirãozinho, município de Selvíria-MS. **Revista Percursos**, v. 7, p. 5-22, 2015.
- Ferreira, F.L.V.; Rodrigues, L.N.; Silva, D.D.; Teixeira, D.B.S.; Almeida, L.T. Time series trends of stream flow and rainfall in Santo Antônio River basin, Brazil. **Engenharia Agrícola**, v.41, n.1, p.47-55, 2021. <https://doi.org/10.1590/1809-4430.v41n1p47-55/2021>.
- Instituto de Pesquisas e Planejamento de Piracicaba – IPPLAP. **Informações gerais**. Disponível em: <https://ipplap.com.br/site/a-cidade/informacoes-gerais/>. Acesso em: 15 Mar. 2023.
- Mapbiomas. **Coleções Mapbiomas**. Disponível em: [https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama\\_set\\_language=pt-BR](https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR). Acesso em: 08 Mar. 2023.
- Rahman, A.F.; Gamon, J. A.; Fuentes, D.A.; Roberts, D. A.; Prentiss, D. Modeling spatially distributed ecosystem flux of boreal forest using hyperspectral indices from AVIRIS imagery. **Journal of Geophysical Research**, v. 106, n. 24, p. 33.579-33.591, 2001. <https://doi.org/10.1029/2001JD900157>
- Rouse, J.W.; Haas, R.H.; Schell, J.A.; Deering, D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with Erts. In: NASA. **Goddard Space Flight Center 3d ERTS-1 Symp.**, v. 1, Sect. A. Greenbelt: NASA, 1974. (Paper-A20). Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19740022614/downloads/19740022614.pdf>. Acesso em: 12 Jun. 2023.
- Silva, S. C. P.; Baptista, G. M. M. Análises espectrais da vegetação com dados hyperion e sua relação com a concentração e o fluxo de CO2 em diferentes ambientes na Amazônia brasileira. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 21, n. 2, p.354-370, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1982-21702015000200020>
- Souza Jr, C. M.; Shimbo, J. Z.; Rosa, M. R.; Parente, L. L.; Alencar, A. A.; Rudorff, B. F. T. *et al.* Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, 2020. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>.

## VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

United States Geological Survey - USGS. **Earth Explorer**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 08 Mar. 2023.

Veres, Q. J. I.; Watzlawick, L. F.; Silva, R. A. R. Estimativas de biomassa e carbono em fragmento de floresta estacional semidecidual no oeste do Paraná. *Revista BIOFIX Scientific Journal*. v. 5, n. 1, p.23-31, 2020. <https://doi.org/10.5380/biofix.v5i1.66001>

Wolff, W.; Duarte, S.N.; Mingoti, R. Nova metodologia de regionalização de vazões: estudo de caso para o estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 19, n. 4, p.21-33, 2014. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v19n4.p21-33>.