



AVALIAÇÃO ESPACIAL DA DISTRIBUIÇÃO DA DENSIDADE DO SOLO EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA

Jonilson Michel Fontes Galvão, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
jonilson.galvao@unesp.br

Liliane Moreira Nery, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
liliane.nery@unesp.br

Vanessa Cezar Simonetti, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
va_simonetti@hotmail.com

Darllan Collins da Cunha e Silva, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
darllan.collins@unesp.br

Resumo

As bacias hidrográficas são unidades de gestão territorial instituídas através da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) por meio da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Dessa forma, avaliar as características do solo nessas regiões é de fundamental importância para estudos ambientais. Com efeito, o objetivo deste trabalho é apresentar uma análise espacial da densidade do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Pirajibú-Mirim utilizando métodos geoestatísticos. A área de estudo é localizada integralmente no município de Sorocaba – SP, com aproximadamente 55,32 km². A avaliação da densidade do solo foi obtida de acordo com o manual proposto pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), enquanto os resultados foram avaliados através de método geoestatístico de interpolação IDW (*Inverse Distance Weighted*). Os resultados do uso do solo demonstram predominância de vegetação nativa e pastagem com áreas de 22,67km² e 20,33km², respectivamente. Os valores de densidade média foram da ordem de 1,28 g.cm⁻³. Este estudo permitiu inferir maior densidade nas áreas de pastagens, agricultura, silvicultura e com menor cobertura de vegetação nativa.

Palavras-chave: gestão territorial, geoprocessamento, satélite.

1. Introdução

O manejo adequado de bacias hidrográficas envolve o estudo de diversos fatores, entre eles as características do solo, bem como dados de seu uso e ocupação (PANDEY et al., 2010). O solo é um recurso essencial para o desenvolvimento econômico sustentável, a preservação dos recursos hídricos e para a proteção da biodiversidade e dos ecossistemas (SILVA et al., 2021).

A modelagem geoestatística é uma ferramenta que tem contribuído cada vez mais para as pesquisas ambientais, facilitando a gestão dos recursos naturais, especialmente em bacias hidrográficas representativas no contexto pedológico e de uso do solo (LEMOS FILHO et al., 2017).



Estudos demonstram que o uso de geostatística é adequada para o estudo da variabilidade espacial de parâmetros físico-químicos do solo (RIBEIRO et al., 2016; ALENCAR et al., 2016; LEMOS FILHO et al., 2017).

Com efeito, o presente estudo tem como objetivo realizar uma análise espacial da densidade do solo na bacia hidrográfica do rio Pirajibú-Mirim situada no Estado de São Paulo, por meio de métodos geostatísticos.

2. Fundamentação teórica

A bacia hidrográfica é vista como unidade experimental, onde os processos de erosão e/ou conservação são observados de forma isolada (ROSS, 1995). Contudo, ela faz parte de um sistema, em um contexto de desenvolvimento, tanto em aspectos sociais quanto aspectos econômicos (ROSS, 1995). Dessa forma, a bacia hidrográfica é compreendida como uma unidade de gestão de elementos naturais e sociais, definida como unidade territorial para o planejamento de recursos hídricos, de acordo com a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, através da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (BRASIL, 1997).

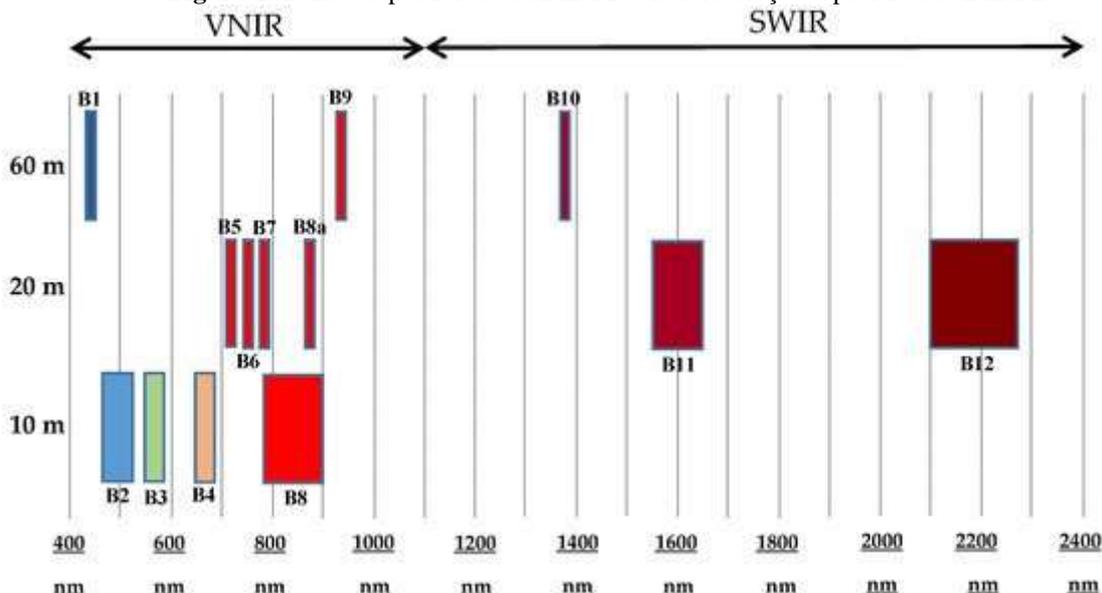
O Sensoriamento Remoto (SR) é definido como a obtenção do registro de uma imagem em uma variação espacial, no qual não é possível que o sensor e o objeto alvo se toquem (FERNANDES, 2012). Os satélites são ferramentas do SR e suas aquisições constituem representações de imagens adquiridas por meio de ondas eletromagnéticas (FLORENZANO, 2007). O sensor é o instrumento capaz de mensurar a radiação eletromagnética proveniente de um objeto, transformando-a em um sinal elétrico e a registrando de tal forma que possa ser armazenada ou transmitida (MORAES, 2002).

O desenvolvimento da tecnologia de satélite proporcionou o armazenamento de dados em domínio público (AGUILERA, 2020). A ação de monitoramento com a utilização de sensoriamento remoto para analisar dinâmicas em locais de difícil acesso, fazem dessa ferramenta elemento essencial para a pesquisa científica (SOUZA et al., 2007).

O S-2 é composto pelos gêmeos Sentinel-2A e Sentinel-2B. A Figura 1 apresenta as diferenças espectrais contidas no S-2, onde pode-se observar que há quatro bandas com resolução espacial de 10 m: azul (~490 nm), verde (~560 nm), vermelho (~665 nm) e infravermelho próximo (~842 nm); seis bandas com resolução espacial de 20 m; quatro bandas aplicadas ao uso da caracterização da vegetação na borda vermelha (705 nm, 740 nm, 783 nm, 865 nm); bem como duas bandas de SWIR (*Short-Wave Infrared*), com aplicações na área de detecção de gelo/nuvem e estresse de umidade da vegetação (1610 nm e 2190 nm); três bandas de resolução espacial de 60 m para aplicações em triagem de nuvens e correções atmosféricas (443 nm para aerossóis, 945 nm para vapor de água e 1375 nm para detecção de cirros) (GASCON et al., 2017).



Figura 1. Bandas espectrais do Sentinel 2 versus resolução espacial do Sentinel 2.



Fonte: GASCON et al. (2017).

3. Metodologia

A área em estudo está localizada integralmente no município de Sorocaba ocupando uma área de, aproximadamente, 55,32km², tratando-se de uma relevante bacia hidrográfica em virtude de sua contribuição em 10% do abastecimento público do município, onde ocorre a captação de água na Represa do Ferraz (NERY et al., 2019).

Para a determinação dos valores de densidade, foi utilizado o método proposto pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (TEIXEIRA et al., 2017), sendo que a densidade do solo (D_s) relaciona-se com: sua porosidade total; sua composição orgânica; e composição mineralógica, sendo expressa pela Equação 1 (TEIXEIRA et al., 2017).

$$D_s = \frac{(m \cdot f)}{V} \quad (1)$$

Onde:

D_s – corresponde a densidade do solo, expresso em kg.dm⁻³(equivalente a g.cm⁻³);

m – corresponde a massa da amostra de solo, expresso em g;

V – corresponde o volume do solo na proveta, expresso em cm³.

O fator de correção é obtido a partir da Equação 2.

$$F = \frac{a}{b} \quad (2)$$



Onde:

a – corresponde a massa da amostra seca ao ar, expresso em g;

b – corresponde a massa da amostra seca a 105°C (até ser constante) expresso em g.

Os dados obtidos foram exportados para o *software* ArcGis 10.5, aplicando-se o método geostatístico de interpolação IDW (*Inverse Distance Weighting*), para identificar os valores de densidade em toda área de estudo (BAYRAMİN, 2016).

Para correlacionar os diferentes usos e ocupações do solo na bacia hidrográfica com os valores de densidade encontrados, elaborou-se a carta de uso atual do solo utilizando imagens orbitais obtidas pelo satélite Sentinel-2/MSI (NERY et al., 2019).

4. Resultados

Mediante as imagens do Sentinel-2/MSI, os resultados apresentados na Figura 2 retratam os tipos de uso de solo subdivididos em 7 categorias. Quanto ao uso do solo na região de estudo, destacam-se dois tipos de uso: vegetação nativa e pastagens. As áreas respectivas a essas classes de uso da terra, correspondem a 22,67 km² e 20,3 km².

Ainda na Figura 2, há a sobreposição dos pontos de coleta do solo com o mapeamento do uso e ocupação do solo, permitindo a identificação das atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica do Rio Pirajibú-Mirim. Conforme observado, ocorre forte predominância de ocupação humana, assim como o uso múltiplo agrícola da região.

A bacia hidrográfica do rio Pirajibú-Mirim também apresenta uso intensivo de Silvicultura, destinadas ao plantio de árvores com objetivo de restauração e para atender ao mercado que agrega necessidade de uso consciente de povoamento nas florestas, principalmente em região de bacias e áreas de manejo ou preservação.



IV SUSTENTARE & VII WIPIS

WORKSHOP INTERNACIONAL

Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos

de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO
GRATUITO
TOTALMENTE
ONLINE

Realização:

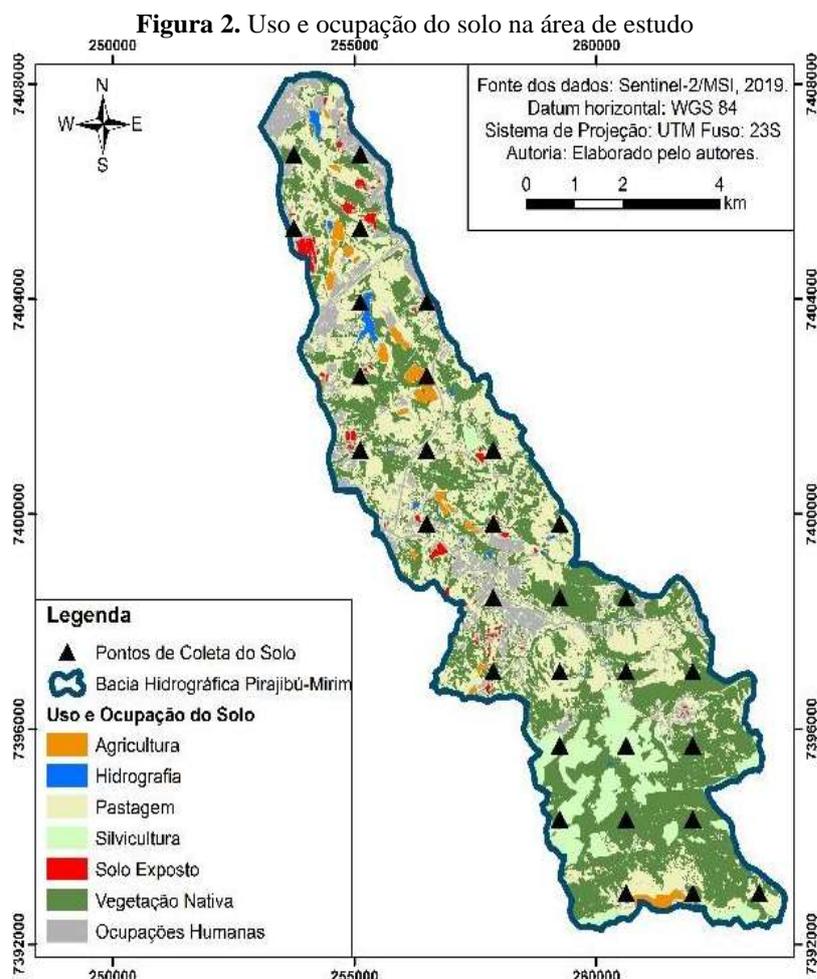




Apoio:





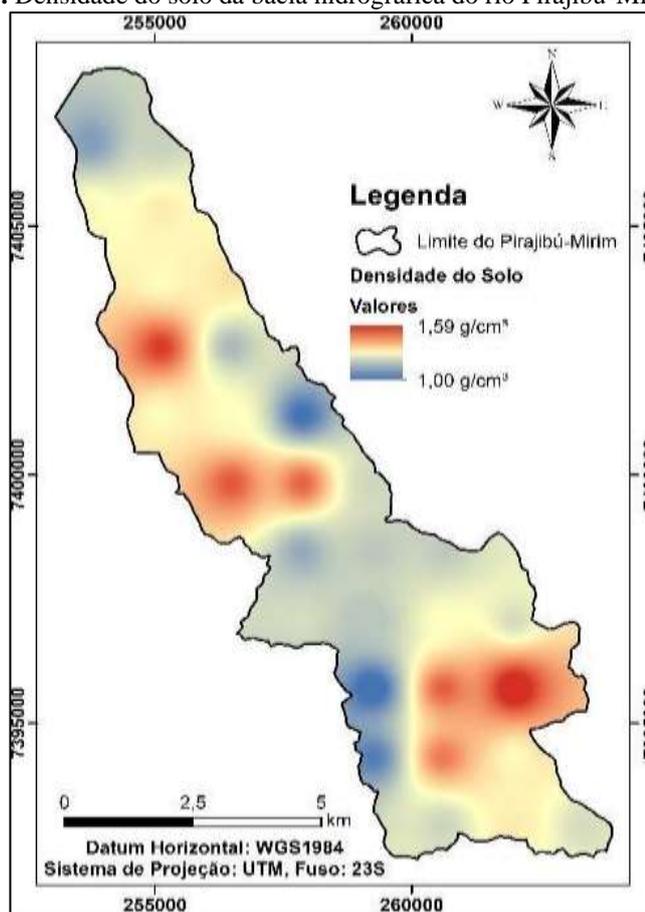


Fonte: os Autores

Os valores de densidade encontrados para área em estudo apresentaram uma variação de $1,00 \text{ g.cm}^{-3}$ e $1,59 \text{ g.cm}^{-3}$, como demonstrado na Figura 3, com uma densidade média igual a $1,28 \text{ g.cm}^{-3}$. O estudo permitiu inferir que em áreas de pastagens, agricultura, silvicultura e com menor cobertura de vegetação nativa, um valor maior de densidade é identificado. A Ds é utilizada como indicador de qualidade física do solo, por estar sujeita às maiores alterações em função dos sistemas de manejo (STEFANOSKI et al., 2013). Tal fato corrobora com os dados levantados e observados durante o estudo.



Figura 3. Densidade do solo da bacia hidrográfica do rio Pirajibú-Mirim.



Fonte: os Autores.

5. Conclusões

A análise geoestatística permitiu identificar certa heterogeneidade na densidade do solo na bacia hidrográfica do Pirajibú-Mirim, relacionadas aos usos do solo, evidenciando os possíveis reflexos das atividades pecuárias, agrícolas e silviculturais, fornecendo subsídios para o planejamento de práticas de manejo do solo adequadas e que permitam evitar a compactação e, conseqüentemente, a degradação dos solos.

6. Referências bibliográficas

AGUILERA, M. A. Z. Classification of Land-Cover Through Machine Learning Algorithms for Fusion Of Sentinel-2a And Planetscope Imagery. **IEEE Latin American GRSS & ISPRS Remote Sensing Conference (LAGIRS)**, p. 246-25, 2020.



ALENCAR, N. M.; MELO, J. C.; SANTOS, A. C.; CUNHA, O. F. R.; PAULA NETO, J. J. Distribuição espacial das propriedades do solo, produção do capim-marandu com a intensidade de pastejo. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 24, n. 4, p. 338-349, 11 out. 2016.

BAYRAMİN, T.T. Assessment of inverse distance weighting (1dw) interpolation on spatial variability of selected soil properties in the Cukurova plain. **Tarım Bilimleri Dergisi**, v. 22, n. 3, p. 377-384, 2016.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm> Acesso em 15 de outubro de 2022.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. Oficina Texto. São Paulo, p. 190, 2007.

GASCON, F.; BOUZINAC, C.; THÉPAUT, O.; JUNG, M.; FRANCESCONI, B.; LOUIS, J.; LONJOU, V.; LAFRANCE, B.; MASSERA, S.; GAUDEL-VACARESSE, A. Copernicus Sentinel-2A Calibration and Products Validation Status. **Remote Sensing**, v. 9, n. 6, p. 584, 10 jun. 2017.

LEMOS FILHO, L. C. A.; FERREIRA, L. L. N.; LYRA, D. L. Variabilidade espacial de atributos do solo indicadores de degradação ambiental em microbacia hidrográfica. **Revista Agro@Mambiente On-Line**, v. 11, n. 1, p. 11, 31 mar. 2017.

MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos –SP: INPE, 2002. Capítulo 1.

NERY, L. M.; RIBEIRO, M.V. C.; SOUZA, M.; OLIVEIRA, R. A., SILVA, D. C. C.; SIMONETTI, V. C. **Estudo da capacidade de uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Pirajibú-Mirim**. In: Editora Poisson (Org.). Meio Ambiente, sustentabilidade e tecnologia – Volume 2. Belo Horizonte - MG: Poisson, vol. 2, ed.1, cap. 7, p.52-62, 2019.

PANDEY, A.; CHOWDARY, V. M.; MAL, B. C.; DABRAL, P. P. Remote sensing and GIS for identification of suitable sites for soil and water conservation structures. **Land Degradation & Development**, v. 22, n. 3, p. 359-372, 4 jun. 2010.

RIBEIRO, L. S.; OLIVEIRA, I. R.; DANTAS, J. S.; SILVA, C. V.; SILVA, G. B.; AZEVEDO, J. R. Variabilidade espacial de atributos físicos de solo coeso sob sistemas de manejo convencional e de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1699-1702, set. 2016.



ROSS, J. L. S. Análise na Abordagem Geográfica Integrada da Pesquisa para o Planejamento Ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 9, p. 65-75, 1995.

SILVA, D. C. C.; OLIVEIRA, R. A.; SIMONETTI, V. C.; TERAMOTO, E. T.; SALES, J. C. A. Application of geostatistical and deterministic interpolators applied for analysis of the spatial distribution of soil ph in Sorocaba city (São Paulo state). **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 20, p. 7-14, 2021.

SOUZA, C. C.; MOREIRA, A. A.; SCHIMITH, R. S.; BRANDÃO, P. C.; SILVA, E. Técnicas de sensoriamento remoto como subsídios aos estudos de florestas implantadas no Brasil – uma revisão bibliográfica. **Ciência florestal**, Santa Maria, v.17, n. 4, p.409-417, 2007.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, dez. 2013.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**, 3rd ed., Brasília, DF : Embrapa, p.574, 2017.