

REFLEXOS AMBIENTAIS DA PERDA DE NUTRIENTES DO SOLO POR EROÇÃO HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAJIBU-MIRIM (SP)

Data de aceite: 01/04/2024

Vanessa Cézar Simonetti

Doutora em Ciências Ambientais (UNESP-ICTS)

Enzo Felipe Ponzetta

Estudante de graduação em Engenharia Ambiental (UNESP-ICTS)

Alessandro Xavier da Silva Júnior

Estudante de graduação em Engenharia Ambiental (UNESP-ICTS)

Arthur Pereira dos Santos

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (UNESP-ICTS)

Liliane Moreira Nery

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (UNESP-ICTS)

Darllan Collins da Cunha e Silva

Professor do Departamento de Engenharia Ambiental e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (UNESP-ICTS)

a perda desses nutrientes por erosão hídrica em cada sub-bacia hidrográfica da região. Amostras de solo foram coletadas em 30 pontos previamente distribuídos ao longo da bacia hidrográfica em uma malha amostral regular na profundidade de 0 a 20 cm e em seguida foram feitas análises granulométricas. Para estimar a perda anual média do solo pela erosão hídrica foi utilizada a Equação Universal da Perda de Solos (EUPS). Os resultados da perda de nutrientes foram apresentados em kg/ano, compatibilizando as unidades com o mapa de perda de solos. De maneira geral, a distribuição dos atributos do solo analisadas revelou uma alta heterogeneidade espacial, variando significativamente entre as bacias hidrográficas. A matéria orgânica e o Cálcio (Ca) representaram as maiores perdas em quase todas as sub-bacias, enquanto o Cobre (Cu) e o Fósforo (P) representaram as menores. Constatou-se que as sub-bacias com grandes áreas de florestas apresentam menores perdas de solo, mostrando a importância da vegetação na redução da erosão e consequentemente na perda de nutrientes do solo.

PALAVRAS-CHAVE: análise espacial, EUPS, geoprocessamento, monitoramento ambiental.

RESUMO: O estudo teve como objetivo espacializar os nutrientes do solo da bacia hidrográfica do rio Pirajibu-Mirim e estimar

ENVIRONMENTAL IMPACTS OF SOIL NUTRIENT LOSS DUE TO WATER EROSION IN THE PIRAJIBU-MIRIM RIVER WATERSHED (SP)

ABSTRACT: The study aimed to spatialize soil nutrients in the Pirajibu-Mirim river watershed and estimate the loss of these nutrients due to water erosion in each sub-watershed of the region. Soil samples were collected at 30 pre-distributed points along the watershed in a regular sampling grid at a depth of 0 to 20 cm, followed by granulometric analyses. To estimate the average annual soil loss due to water erosion, the Universal Soil Loss Equation (USLE) was employed. The nutrient loss results were presented in kg/year, with units compatible with the soil loss map. Overall, the distribution of analyzed soil attributes revealed high spatial heterogeneity, varying significantly between the sub-watersheds. Organic matter and Calcium (Ca) represented the highest losses in almost all sub-watersheds, while Copper (Cu) and Phosphorus (P) represented the lowest. It was observed that sub-watersheds with large forested areas had lower soil losses, highlighting the importance of vegetation in reducing erosion and, consequently, soil nutrient loss.

KEYWORDS: environmental monitoring, EUPS, geoprocessing, spatial analysis.

INTRODUÇÃO

O solo possui grande importância como constituinte terrestre, exercendo a função de um grande reservatório de carbono e outros elementos fundamentais à vida (FAO, 2017). Porém, práticas inadequadas de manejo e conservação podem reduzir sua capacidade produtiva, sendo necessária a aplicação de fertilizantes para torná-lo fértil novamente, o que muitas vezes causa decomposição acelerada da matéria orgânica e acidificação do solo (TIAN et al., 2012; FAO, 2017). Da mesma forma, a erosão hídrica ocasiona a remoção de solos que contêm nutrientes, gerando problemas de ordem ambiental e sanitária ao serem depositados em corpos hídricos (SILVA et al., 2018). Segundo WOLKA et al. (2021), estima-se que sejam perdidos, por erosão hídrica, entre 36 e 75 bilhões de toneladas de solo por ano em todo o mundo.

A Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), proposta por Wischmeier e Smith (1965), tem sido utilizada em diversos estudos para estimar a perda de solos, como VATANDAŞLAR;YAVUZ (2017), que utilizaram imagens de satélite de alta resolução espacial para estimar o Fator C da EUPS de uma sub-bacia hidrográfica na Turquia. Nesse sentido, a utilização de modelos preditivos com o apoio do geoprocessamento possui grande importância no diagnóstico e monitoramento ambiental em escala de bacias hidrográficas.

Portanto, o objetivo do estudo foi espacializar os nutrientes do solo da bacia hidrográfica do rio Pirajibu-Mirim e estimar a perda desses nutrientes por erosão hídrica em cada sub-bacia hidrográfica da região estudada, buscando identificar quais contribuem com maior aporte de partículas de solo nos cursos de água.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo se localiza em Sorocaba, interior do Estado de São Paulo. O município pertence à Região Metropolitana de Sorocaba (RMS), que se destaca por uma diversificada atividade econômica, caracterizada pela produção industrial altamente desenvolvida (EMPLASA, 2019). A bacia hidrográfica do rio Pirajibu-Mirim se localiza a Sudeste do município, contemplando a represa do Ferraz, manancial de abastecimento hídrico responsável por cerca de 10% da captação superficial do município, com uma extensão próxima de 55,35 km².

Segundo a classificação pedológica realizada por ROSSI (2017), os solos se caracterizam em Argissolos Vermelho-Amarelo do tipo PVA (pouco profundo e raso, com textura média) em grande parte da bacia hidrográfica, e nas áreas de maior altitude em Argissolos Vermelho-Amarelo (profundo e muito profundo, com textura argilosa) e Cambissos Háplicos (pouco profundo e profundo, textura média/argilosa).

A realização do estudo contou com bases de dados apoiadas em SIG (Sistema de Informações Geográficas) e processadas no Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS – Unesp Sorocaba) via ArcGis 10.5 (ESRI, 2016).

Dessa forma, amostras de solo foram coletadas em 30 pontos previamente distribuídos ao longo da bacia hidrográfica em uma malha amostral regular na profundidade de 0 a 20 cm (Figura 1). Com o auxílio de um trado, em cada ponto foram retirados 500g de solo e, em seguida, enviados ao laboratório de Física do Solo e de Fertilidade do Solo para a realização das análises granulométricas.

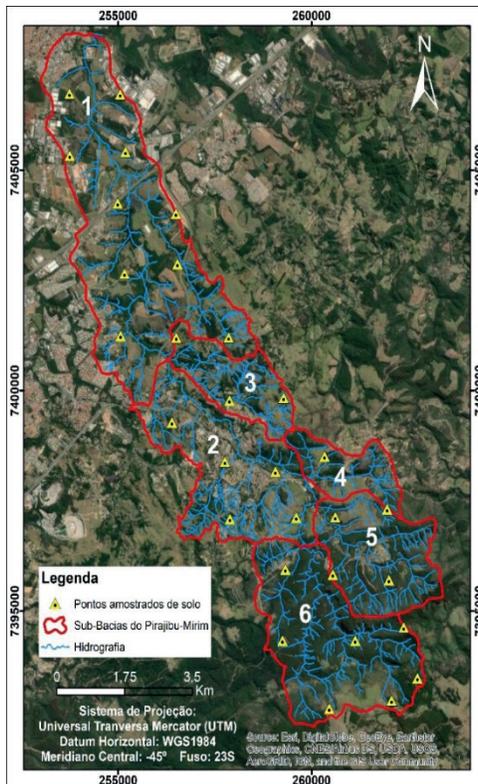


Figura 1. Distribuição dos pontos de solo amostrados na bacia hidrográfica do rio Pirajibu-Mirim.

Fonte: Autores.

Para estimar a perda anual média do solo pela erosão hídrica foi utilizada a Equação Universal da Perda de Solos (EUPS) proposta por Wischmeier e Smith (1978) (Equação 1).

$$A = R \times K \times LS \times CP \quad (1)$$

Em que:

A: perda de solo por unidade de área no tempo (t/ha);

R: fator erosividade da chuva (MJ.mm/h.ha);

K: fator de erodibilidade do solo (t.ha.h/ ha.MJ.mm);

LS: fator topográfico englobando a declividade e comprimento de rampa (adimensional);

C: fator de uso e manejo do solo (adimensional);

P: fator de prática conservacionista do solo (adimensional).

Os dados obtidos em t/ha.ano foram reclassificados em classes de perda de solos adaptados da Food and Agriculture Organization (FAO-PNUMA, 1980), que determinam os valores entre 0-10 t/ha.ano como: Leve; 10-50 t/ha.ano: Moderado; 50-200 t/ha.ano: Alta; e acima de 200 t/ha.ano: Muito Alta.

Empregou-se a geoestatística espacial buscando avaliar a variabilidade espacial dos atributos do solo, sendo eles cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K), matéria orgânica (MO), alumínio (Al³⁺), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn). Assim, as unidades utilizadas nas análises, como g/dm³ e mg/dm³, foram convertidas para quilograma por tonelada de solo (kg/tonelada de solo), e os resultados da perda de nutrientes apresentados em kg/ano, compatibilizando as unidades com o mapa de perda de solos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, a distribuição dos atributos do solo analisadas revelou uma alta heterogeneidade espacial, variando significativamente entre as bacias hidrográficas. Dessa forma, os dados quantitativos de perda de nutrientes em kg/ano são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Perda anual de atributos do solo das sub-bacias do Pirajibu-Mirim

Atributos do solo	Perda em kg/ano por sub-bacia					
	Sub-Bacia 1	Sub-Bacia 2	Sub-Bacia 3	Sub-Bacia 4	Sub-Bacia 5	Sub-Bacia 6
Ca	4.703,5	9.794,4	5.721,0	1.221,6	3.911,4	3.173,4
P	150,8	184,7	92,6	14,7	25,8	22,8
MO	186.293,8	194.904,2	67.337,2	47.202,3	82.020,6	96.330,8
K	700,3	1.144,0	522,3	168,7	272,4	249,6
Al	478,9	115,9	40,2	117,0	244,7	400,2
Cu	95,0	76,3	28,7	28,8	45,6	40,2
Fe	5.210,9	3.559,0	1.581,6	1.119,5	1.451,8	2.208,0
Mg	705,6	1.225,3	492,7	187,6	353,4	473,1
Mn	260,3	560,9	222,5	119,9	80,2	79,4
Zn	234,7	366,6	128,3	74,9	163,5	43,9

Fonte: Autores.

O atributo do solo com maior perda anual em todas as SubBacias é a MO (Matéria orgânica), com destaque para a Sub-Bacia 2 (194.904,2 kg/ano). O Ca foi o segundo elemento com maiores perdas, com valores mais expressivos na Sub-Bacia 2 (9.794,4 kg/ano). O P e o K também apresentaram maiores perdas na Sub-Bacia 2, sendo 184,7 kg/ano e 1.144,0 kg/ano respectivamente. O Al e o Cu apresentaram uma perda mais proeminente

na Sub-Bacia 1, com 478,9 kg/ano e 95,0 kg/ano, nessa ordem. Além deles, o Fe também apresentou altos valores de perdas na Sub-Bacia 1 (5210,9 kg/ano). Por fim, o Mn e o Zn apresentaram perdas mais significativas na SubBacia 2, com 560,9 kg/ano e 366,6 kg/ano, respectivamente.

Constatou-se que as sub-bacias com grandes áreas de florestas possuem terrenos acidentados, alta declividade e altitude, o que aumenta o potencial de erosão. No entanto, essas sub-bacias apresentam as menores perdas de solo classificadas como Moderadas em comparação com as de menor altitude e declividade. Além disso, têm as menores taxas de perda de solos e nutrientes, com maior acúmulo de matéria orgânica e elementos essenciais. Isso destaca a importância da vegetação na redução da erosão hídrica e ressalta a necessidade de conservação dessas áreas.

CONCLUSÕES

A perda de nutrientes pode desencadear o empobrecimento do solo, reduzindo diretamente a sua capacidade produtiva e podendo afetar a biota aquática devido os desequilíbrios que os nutrientes em excesso causam nos corpos hídricos. Portanto, a análise da distribuição espacial dos atributos do solo e a perda dos nutrientes em bacias hidrográficas são de grande importância para o monitoramento e desenvolvimento de ações que envolvam práticas conservacionistas, bem como a preservação da vegetação que auxilia na redução da erosão hídrica e conseqüentemente na perda de nutrientes. Além disso, o uso de ferramentas de geoprocessamento é essencial, intensificando a capacidade de análise e monitoramento nessas áreas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMPLASA – Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S.A. **Plano de Ação da Macrometrópole Paulista 2013/2040**. São Paulo: Emplasa, 2019.

ESRI – Environmental Systems Research Institute. **ArcGIS for Desktop: Versão 10.5**. Redlands: ESRI, 2016.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Voluntary Guidelines for sustainable soil management food and agriculture organization of the united nations**. Rome-Italy, 2017

FAO-PNUMA – Food and Agriculture Organization of the United Nations - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos**. Roma: Publicaciones de la FAO, 1980.

ROSSI, M. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. São Paulo: Instituto Florestal, 2017.

SILVA, D. C. C.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; OLIVEIRA, R. A.; LOURENÇO, R. W. Proposta metodológica para análise espacial de nutrientes do solo em bacias hidrográficas. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 3, p. 85-107, 2018.

TIAN, H. Q.; LU, C. Q.; MELILLO, J.; REN, R.; HUANG, Y.; XU, X. F.; LIU, M. L.; ZHANG, Z.; CHEN, G. S.; PAN, S.F. Food benefit and climate warming potential of nitrogen fertilizer uses in China.

Environmental Research Letters, v. 7, n. 4, p. 044020, 2012.

VATANDAŞLAR, C.; YAVUZ, M. Modeling cover management factor of RUSLE using very high-

resolution satellite imagery in a semiarid watershed. **Environmental Earth Sciences**, v. 76, n. 2, p. 65, 2017.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses from cropland**. Agricultural

Research Service: US Department of Agriculture, 1965.

WOLKA, K.; BIAZIN, B.; MARTINSEN, V.; MULDER, J. Effects of soil bunds on surface runoff, erosion

and loss of nutrients. **Science of The Total Environment**, p. 142877, 2021.