MAPEAMENTO DE ÍNDICES DE EROSÃO PELA COBERTURA DA TERRA NA MICROBACIA DO RIBEIRÃO GUAIUVIRA EM POMPEIA-SP

MAPPING EROSION'S INDEX BY LAND COVER IN BASIN OF GUAIUVIRA STREAM IN POMPEIA-SP

CARTOGRAPHIE DES INDICES D'ÉROSION PAR OCCUPATION DES SOLS DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE GUAIUVIRA À POMPEIA-SP

Alyson Bueno Francisco
Doutor em Geografia
alysonbueno@gmail.com

Destaques

- A produção de informações geográficas e documentos cartográficos podem contribuir com as políticas públicas de conservação do solo urbano e rural.
- A unidade territorial da bacia hidrográfica é fundamental para a realização dos planejamentos ambientais na ótica da gestão dos recursos hídricos.
- A cobertura da terra é um dos principais fatores determinantes para as estimativas de perdas de solo.
- A microbacia do ribeirão Guaiuvira apresenta maiores índices erosivos nas áreas de solo exposto e pastagens degradadas com declividades médias nas vertentes.

RESUMO

A erosão de solos tornou-se um problema na região de Marília, interior de São Paulo, devida alta suscetibilidade das condições geomorfológicas e formas de uso e ocupação do solo. A microbacia do Ribeirão Guaiuvira está localizada na bacia do Rio do Peixe, uma das mais afetadas com os processos erosivos no Estado de São Paulo, ocorrendo a necessidade de elaboração de bases cartográficas para diagnosticar as áreas degradadas e apontar formas de disciplinar a ocupação do solo na escala municipal. Para a geração da carta de índice erosivo da microbacia hidrográfica, foram analisados os dados de

cobertura da terra a partir da classificação supervisionada no sistema de informação geográfica QGIS, com imagens do satélite Landsat 7. O produto da análise espacial realizada em ambiente SIG foi uma carta de índice erosivo a partir dos fatores de erosão atribuídos a cada classe de cobertura da terra na microbacia do Ribeirão Guaiuvira. Foi constatado que maior índice erosivo ocorre nas áreas de solo exposto e pastagens degradadas com declividades médias nas vertentes, cujas áreas de declividades mais acentuadas estão protegidas por reflorestamentos.

Palavras-chave: Erosão. Sistema de informação geográfica. Escala municipal.

ABSTRACT

The soil erosion has become a problem in the region of Marília, in the interior of São Paulo, due to high susceptibility to geomorphological conditions and forms of land use and occupation. The watershed of the Guaiuvira River is in the Rio do Peixe basin, one of the most affected with the erosive processes in the State of São Paulo, with the need to develop cartographic bases to diagnose degraded areas and point out ways to discipline land occupation on the municipal scale. For the generation of the erosive index chart of the watershed, land cover data were analyzed from the supervised classification in the QGIS geographic information system, with images from sattelite Landsat 7. The product of spatial analysis performed in GIS environment was an erosive index chart based on erosion factors attributed to each land cover class in the watershed of the Guaiuvira Stream. It was found that higher erosive index occurs in the areas of exposed soil and degraded pastures with medium slopes in the slopes, whose areas of more accentuated slopes are protected by reforestation.

Keywords: Erosion. Geographic information system. Municipality scale.

RÉSUMÉ

L’érosion des sols est devenue un problème dans la région de Marília, à l’intérieur de São Paulo, en raison de sa grande vulnérabilité aux conditions géomorphologiques et aux formes d’utilisation et d’occupation des terres. Le bassin versant de la rivière Guaiuvira est situé dans le bassin du Rio do Peixe, l’un des plus touchés par les processus érosifs dans l’État de São Paulo, avec la nécessité de développer des bases cartographiques pour diagnostiquer les zones dégradées et indiquer les moyens de discipliner l’occupation des terres à l’échelle municipale. Pour la génération de la carte de l’indice érosif du bassin versant, les données d’occupation des sols ont été analysées à partir de la classification supervisée dans le système d’information géographique QGIS, avec des images de Landsat 7.Le produit de l’analyse spatiale effectuée dans un environnement SIG était un graphique d’indice érosif basé sur les facteurs d’érosion attribués à chaque classe de couverture terrestre dans le bassin versant du ruisseau Guaiuvira.. Il a été constaté que l’indice érosif est plus élevé dans les zones de sol exposé et de pâturages dégradés avec des pentes moyennes dans les pentes, dont les zones de pentes plus accentuées sont protégées par le reboisement.

Mots-clés: Erosion. Système d’information géographique. Échelle municipale.

INTRODUÇÃO

O solo é um dos principais recursos para a garantia da sobrevivência e da segurança alimentar. No entanto, as regiões tropicais possuem fatores climáticos e aspectos de suscetibilidade à erosão, principalmente caso as áreas não sejam utilizadas com as práticas conservacionistas. As perdas de solo no Brasil são estimadas em aproximadamente 848 milhões de toneladas ao ano (MERTEN; MINELLA, 2013).

Os impactos gerados pelas perdas de solo nas bacias hidrográficas são relevantes em relação aos assoreamentos dos fundos de vale, provocados pela produção de sedimentos. A diminuição da vazão de água doce em cursos d'água, compromete o equilíbrio ecológico, a disponibilidade de nascentes, o fornecimento de água potável para as áreas rurais e urbanas e dificulta a recuperação das áreas degradadas (PEREIRA *et al*., 2020).

A escala das microbacias hidrográficas possui repercussão nos últimos anos, devido detalhamento pelos avanços nas geotecnologias. As técnicas de Geoprocessamento utilizadas atenderam as necessidades da pesquisa, confirmando que seu uso aprimora os processos e as fases da análise espacial. Além disso, o banco de dados criado pode ser replicado, corrigido e atualizado a qualquer momento, o que o torna dinâmico e aplicável às mais diversas demandas de representação espacial das informações nele contidas. No entender de Piroli (2013, p. 05):

> [...] o Geoprocessamento tem como uma de suas principais características: integrar uma série de conhecimentos específicos, que quando unidos possibilitam ao profissional desenvolver atividades em diversas áreas do conhecimento, tornando-se um campo promissor e bastante atraente profissionalmente. Esta característica, no entanto, o torna relativamente complexo, exigindo que o profissional entenda e posteriormente domine conceitos e técnicas de várias ciências.

A bacia hidrográfica é uma unidade territorial e física presente na natureza delimitada pela drenagem. A natureza apresenta sua diversidade e os pesquisadores precisam evitar as generalizações das pequenas escalas e buscar compreender os fenômenos naturais nas pesquisas de campo.

Neste sentido, são necessários os trabalhos de campo, como metodologia principal do geógrafo, para investigar a natureza de cada bacia hidrográfica e apresentar

os diagnósticos (inventários), para a realização dos planejamentos ambientais na ótica da gestão dos recursos hídricos com prognósticos adequados à garantia da disponibilidade futura de água potável.

A respeito das escalas geográficas nos estudos sobre a bacia hidrográfica, para Guimarães (1999, p. 126):

> Essa especificidade de cada bacia hidrográfica é importante porque, ao apresentar diferentes características, as bacias hidrográficas vão exigir dos pesquisadores e educadores diferentes abordagens sobre sua complexidade, envolvendo aspectos naturais, sócio-econômicos, políticos e culturais. Ou seja, pesquisas e atividades educativas podem e devem ser amplamente realizadas em todas as bacias hidrográficas e apresentarão resultados diferenciados.

A cobertura da terra é um dos principais fatores determinantes para as estimativas de perdas de solo, no qual apresenta índices elevados para culturas agrícolas cujo desenvolvimento expõe o solo aos impactos das precipitações. De acordo com Lepsch (2002), as áreas com cultivo de algodão, presentes na região de Marília entre as décadas de 1950 e 1980, possuem uma estimativa de perdas de solo em 38 t/ha/ano.

O oeste do Estado de São Paulo possui um histórico de desmatamento entre as décadas de 1920 e 1970, com a implantação da cultura do algodão sem as práticas conservacionistas. Após os solos se tornarem exauridos e as monoculturas terem migrado para a região Centro-Oeste, as áreas de solos arenosos foram utilizadas para implantação da pecuária bovina, intensificando a compactação das camadas superficiais do solo (LEITE, 1972; MONBEIG, 1984).

Os processos de perda de solos ocorrem nas bacias hidrográficas, sendo as microbacias unidades na escala local onde as alterações na cobertura da terra influenciam nos escoamentos superficiais e na erosão hídrica. A bacia do Rio do Peixe é uma das mais afetadas pela degradação dos solos, com concentrações de processos erosivos lineares nas cabeceiras de drenagem na região de Marília (ALMEIDA FILHO *et al*., 2015).

A região de Marília é uma das mais vulneráveis, no Estado de São Paulo, ao desenvolvimento dos processos erosivos, em decorrência da existência de vertentes com declividades acentuadas no relevo do planalto residual (QUEIROZ NETO *et al*., 1977).

A partir desses fatores, torna-se importante a produção de informações geográficas e documentos cartográficos para contribuir com as políticas públicas de conservação do solo urbano e rural. Em suma, a elaboração de documentos cartográficos das microbacias hidrográficas para representar os riscos e vulnerabilidades decorrentes dos processos erosivos é importante nas políticas públicas, na escala municipal. Como proposta, esse trabalho visa apresentar uma carta de índice erosivo de uma microbacia em área periurbana para orientar a aplicação das medidas preventivas e corretivas no município de Pompeia.

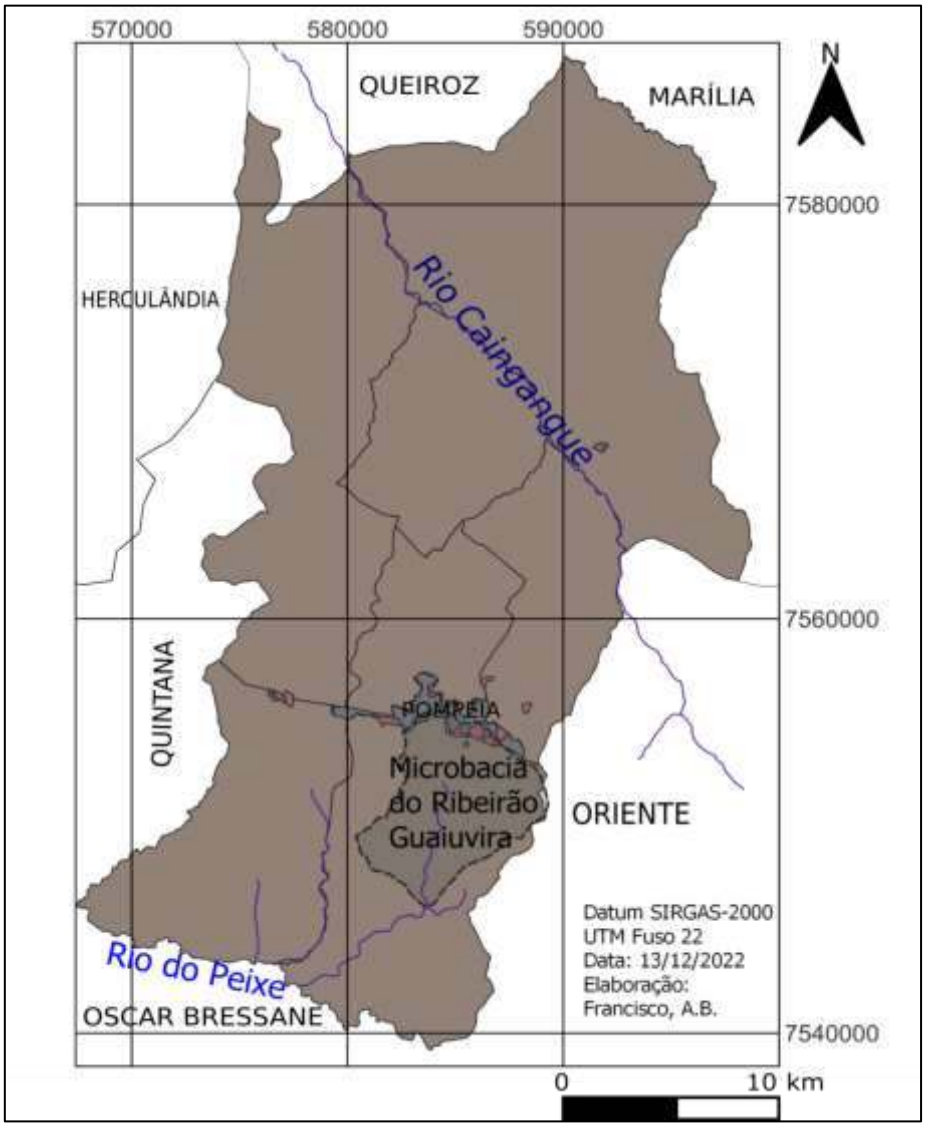
ÁREA DE ESTUDO

O município de Pompeia está localizado na região de Marília, interior de São Paulo, com população de 22.326 habitantes e área territorial de 784,7 km². A história de ocupação do município surgiu a partir de 1852 com plantações de café, pela família Miranda, a partir das posses de terras pela ferrovia Alta Mogiana. A denominação de Pompeia foi decorrente do nome da esposa de um dos proprietários das terras, Aretuza Pompeia da Rocha Miranda. O núcleo urbano de Pompeia se desenvolveu devida atividades industriais de imigrantes japoneses, para apoio de equipamentos utilizados na lavoura cafeeira (IBGE, 2023).

De acordo com Boin (2000), o município de Pompéia está localizado em uma área de altíssima vulnerabilidade aos processos erosivos, em decorrência da existência de solos rasos e arenosos, declividades acentuadas, clima tropical com chuvas concentradas no verão e condições de desmatamentos e compactações dos solos pela pecuária.

O município de Pompeia faz parte das bacias do Rio Aguapeí, pelo afluente Rio Caingangue na porção norte, e é delimitado ao sul pelo Rio do Peixe, do qual o Ribeirão Gauiuvira é afluente. A microbacia do Ribeirão Guaiuvira está localizada na parte sul da cidade de Pompéia, sendo um setor urbanizado com presença de escarpas. A Figura 1 apresenta a localização da microbacia hidrográfica.

Figura 1 – Microbacia do Ribeirão Guaiuvira no município de Pompeia-SP

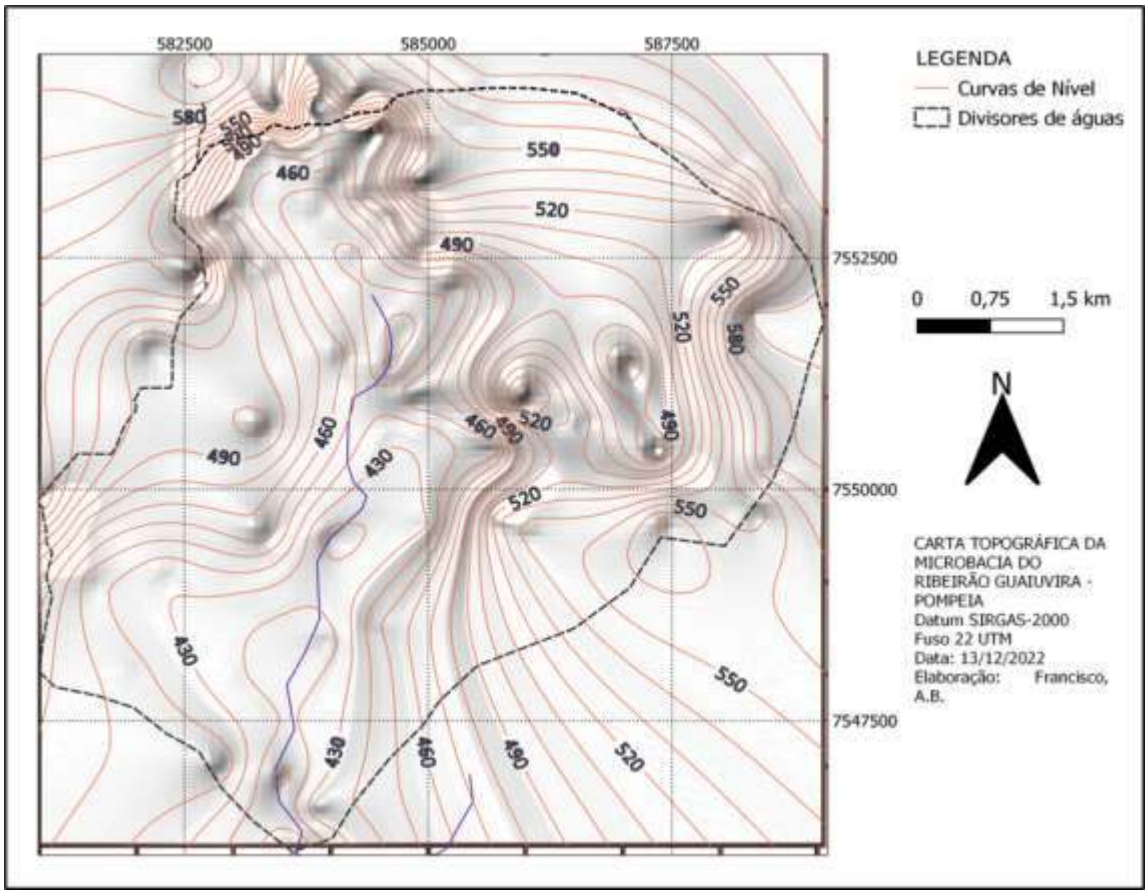


Elaboração: O autor (2023).

A microbacia do Ribeirão Guaiuvira, pertencente à bacia do Rio do Peixe, possui uma área de 4.411 hectares, sendo o talvegue do curso principal com 6,6 km de comprimento. Em relação às condições topográficas da microbacia, os topos dos morros possuem cotas altimétricas com 600 m e o fundo de vale possui altitudes com apenas 420 m.

O substrato rochoso formado por arenitos da Formação Marília, com nódulos resistentes à erosão, sustenta os morrotes com a existência de escarpas com altas declividades (PAGOTTI, 2016). A Figura 2 apresenta uma carta com a distribuição de declividades na microbacia do Ribeirão Guaiuvira, atingindo até 84º.

Figura 2 – Carta topográfica da microbacia do Ribeirão Guaiuvira



Elaboração: O autor (2023).

A parte norte da microbacia do Ribeirão Guaiuvira está localizada no Planalto Residual de Marília e a parte sul, localizada no Planalto Ocidental do Vale do Rio do Peixe, sendo ambos integrantes do Planalto Ocidental Paulista. No Planalto Residual de Marília predominam formas de relevo denudacionais, colinas com topos aplainados, convexos e tabulares, que se desfazem em escarpas abruptas e festonadas. Os topos das colinas, no Planalto de Marília, existem formas tabulares nas colinas, com a presença de escarpas com declividade acentuada em rupturas. No Planalto do Vale do Rio do Peixe, existem as colinas com topos suavizados devido substrato geológico constituído por arenitos da Formação Adamantina (PAGOTTI, 2016).

A partir da leitura do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA *et al*., 1999), existem indicações para ocorrência de Argissolos, Cambissolos e Neossolos no município de Pompeia.

De acordo com Boin (2000), o município de Pompeia, localizado na área do Planalto Residual de Marília, com a presença de escarpas de altas declividades e solos rasos e clima tropical com chuvas concentradas no verão, apresenta-se distribuído, principalmente na área urbana, sob altíssima suscetibilidade à erosão.

METODOLOGIA

As imagens foram provenientes do satélite Landsat 7, datadas de 28 de junho de 2022, adquiridas através do complemento *Semi-Automatic Classification Plugin* do QGIS versão 3.22. As bandas das imagens do satélite Landsat 7 são pertencentes ao espectro do visível (verde e vermelho) e do infravermelho próximo, na resolução espacial de 30 m. Foi aplicado mosaico de falsa-cor para facilitar a interpretação e indicação das amostras das classes de cobertura da terra. A identificação das amostras das classes de cobertura da terra foi apoiada pela visualização das imagens de alta resolução da área da microbacia do Ribeirão Guaiuvira, no aplicativo *Google Earth Pro* e realizado trabalho de campo com coleta de pontos com receptor de navegação.

A classificação supervisionada das imagens foi realizada no complemento *Dzetzaka*, através das amostras vetorizadas das classes de mata nativa, silvicultura, cultura agrícola, pastagem e solo exposto. A carta de cobertura da terra foi editada no módulo *layout* do QGIS, com a elaboração da legenda das classes, escala gráfica e coordenadas do sistema UTM.

No ambiente do sistema de informação geográfica QGIS, através da rotina Calculadora Raster, onde os dados raster (*pixels*) de cobertura da terra da microbacia do Ribeirão Gauiuvira foram multiplicados pelos fatores de erosão, resultando na carta dos índices erosivos. A Tabela 1 apresenta os índices de erosão correspondentes às classes de cobertura da terra.

Tabela 1 – Fatores de erosão a partir das classes de cobertura da terra

Classe de cobertura da terra	Fator de cobertura da terra
Mata nativa	0,01
Silvicultura	0,15
Cultura agrícola	0,35
Pastagem	0,15
Solo exposto	0,75

Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (1999).

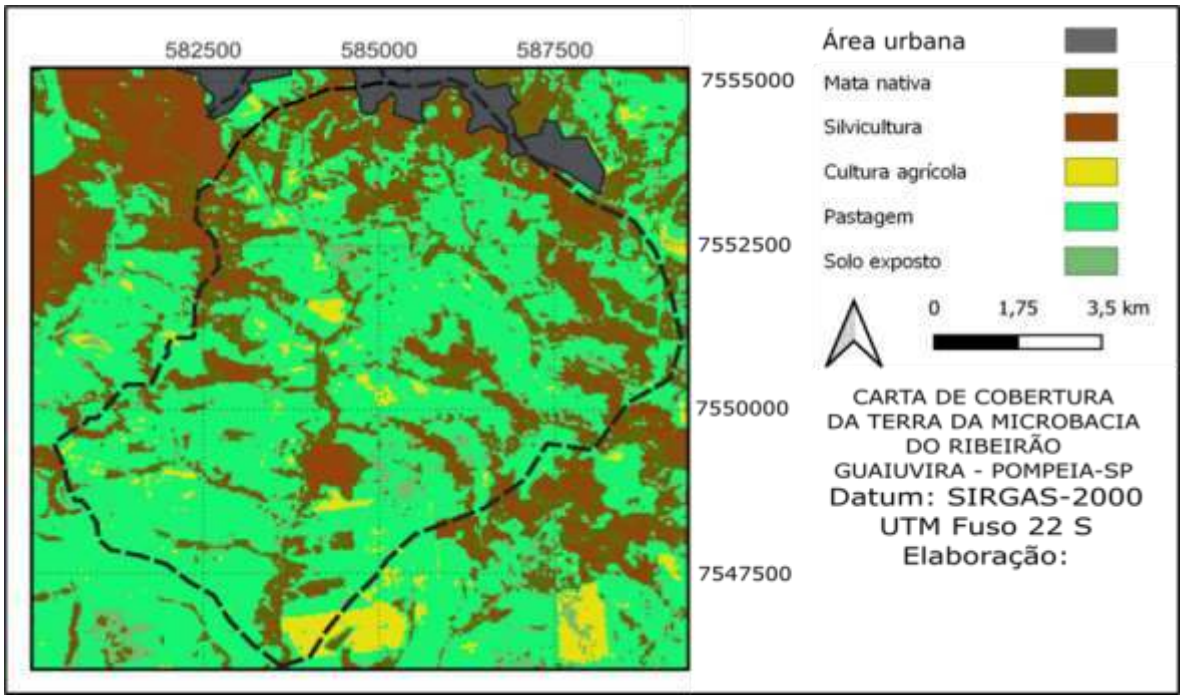
Para efeito de visualização da distribuição do índice erosivo, na Calculadora Raster do QGIS, os fatores indicados por Bertoni e Lombardi Neto (1999) foram multiplicados por 8, com resultado em 6 para solo exposto, 3 para cultura agrícola, 1,2 para pastagem e silvicultura, sendo a mata nativa com resultado de apenas 0,08.

A carta de índice erosivo foi editada no QGIS, com a formatação da legenda pela graduação das cores, escala gráfica e nomenclaturas dos dados geodésicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A microbacia do Ribeirão Guaiuvira possui aproximadamente 63% da área com pastagens, 25% com área de mata nativa e silvicultura, 7% de área de cultura agrícola e 5% de área com solo exposto. A Figura 3 apresenta a carta de cobertura da terra da microbacia do Ribeirão Guaiuvira.

Figura 3 – Carta de cobertura da terra da microbacia do Ribeirão Guaiuvira



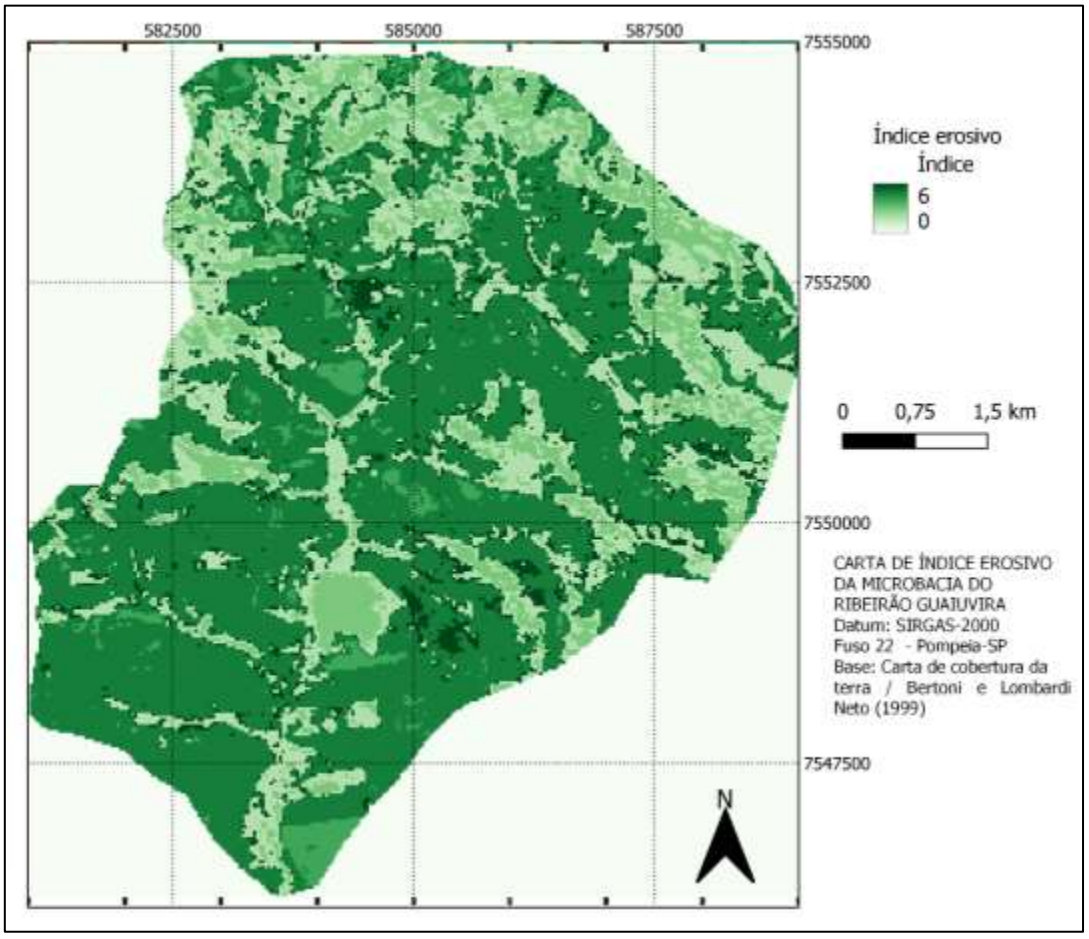
Elaboração: O Autor (2023).

A respeito da distribuição geográfica das classes de cobertura da terra na microbacia do Ribeirão Guaiuvira, a pastagem predomina com o uso do solo pela pecuária bovina, cerca de 25% da microbacia hidrográfica é composta por áreas verdes de reflorestamento cuja classificação supervisionada indicou em muitas parcelas como mata nativa, e de forma restrita (12%) a ocorrência de cultura agrícola e solo exposto.

A partir da distribuição geográfica do índice erosivo, pela relação da classe de cobertura da terra com o fator de erosão, foi constatado o maior índice nas áreas de solo exposto e culturas agrícolas. As áreas de culturas agrícolas possuem principalmente a ocorrência da cana-de-açúcar, com condições de manejo que mantém o solo exposto em ruas entre os talhões e após replantio. Algumas áreas com solo exposto estão presentes em pastagens degradadas, sem práticas conservacionistas e ação de compactação do solo pela pecuária extensiva.

Na parte norte da microbacia do Ribeirão Guaiuvira existem áreas com reflorestamento e silvicultura, através de projetos de compensação ambiental implantados por empresas da área da agroindústria e setor industrial. A Figura 4 apresenta a carta de índice erosivo na microbacia do Ribeirão Guaiuvira.

Figura 4 – Carta do índice erosivo na microbacia do Ribeirão Guaiuvira



Elaboração: O Autor (2023).

Apesar da microbacia do Ribeirão Guaiuvira apresentar áreas de declividades acentuadas nas proximidades com as escarpas dos morrotes, a recuperação das áreas com reflorestamento e silvicultura favoreceu a diminuição do índice erosivo nos topos. Entretanto, a proximidade com a área urbana e locais de lançamento de esgotos e drenagens nas escarpas podem gerar ravinas e boçorocas (BOIN, 2000).

A parte leste da microbacia do Ribeirão Guaiuvira apresenta índices erosivos baixos e médios, em decorrência da predominância das áreas de pastagens e silviculturas, em áreas onde o relevo tem declividades médias com colinas, no contexto geomorfológico da bacia do Rio do Peixe.

Na parte sul e sudoeste da microbacia do Ribeirão Guaiuvira foram apresentados índices entre 4 e 5, com exceção dos fundos de vale e planícies, em áreas de pastagem. O predomínio da classe de pastagem na cobertura da terra destaca as condições da paisagem na microbacia diante da ação dos processos erosivos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises das microbacias hidrográficas pelos produtos do sensoriamento remoto e geoprocessamento contribuem na implantação das políticas públicas de zoneamento ambiental.

A partir das análises do índice erosivo na microbacia do Ribeirão Guaiuvira foi constatado uma alta vulnerabilidade aos processos erosivos nas áreas de solo exposto, culturas agrícolas e pastagens degradadas. Apesar da tendência na literatura indicar os altos riscos para as áreas de maiores declividades, no caso da microbacia analisada, ocorre a dificuldade de ocupação em decorrência da existência de escarpas.

O índice erosivo aplicado no fator de cobertura da terra na Equação Universal de Perdas de Solo, torna-se relevante diante das mudanças ocorridas nas microbacias de uma região com dinamismo econômico de atividades da agroindústria e ocupações do solo na área periurbana. Esse índice pode ser complementado com outras análises espaciais de aplicação dos demais fatores de perdas de solo: erosividade das chuvas, erodibilidade dos solos, comprimento de rampa e declividades (topografia) e práticas conservacionistas.

Em decorrência da ausência de documentos cartográficos na escala municipal, este estudo contribui na elaboração de uma base de dados que pode ser atualizada, para a elaboração de um acervo cartográfico para uso dos profissionais dos órgãos públicos. No caso de Pompeia, cidade com mais de 20 mil habitantes, o Plano Diretor municipal pode atribuir medidas em prol da conservação do solo e manutenção da qualidade dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA FILHO, G. S.; COSTA, S. B.; HELLMEISTER JÚNIOR, Z.; GOMES, C. L. R.; FROTA, A. S. Processos erosivos lineares no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Natal, 35., **Anais**..., Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4.ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BOIN, M. N. **Chuvas e erosões no Oeste Paulista**: uma análise climatológica aplicada. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 2000, 220f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente).

GUIMARÃES, E. M. A. **Trabalhos de campo em bacias hidrográficas**: os caminhos de uma experiência em Educação Ambiental. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1999, 184f. Dissertação (Mestrado em Geografia).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/pompeia/historico>. Acesso: 9 fev. 2023.

LEITE, J. F. **A Alta Sorocabana e o espaço polarizado de Presidente Prudente**. Presidente Prudente: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Presidente Prudente, 1972.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação do solo**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. G. The expansion of Brazilian agriculture: soil erosion scenarios. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 01, n. 03, p. 37-48, 2013.

MONBEIG, P. **Pioneiros e fazendeiros de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1984.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Escala: 1:500.000, Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1999.

PAGOTTI, M. S. **Análise petrográfica da Formação Marília no município de Quintana-SP**. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 129f. 2016. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente).

PEREIRA, T. M.; FONSECA, D. B. F.; RIBEIRO, M. B.; ALMEIDA, M. N. Mata ciliar, erosão e assoreamento: construindo saberes de forma lúdica. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 11, n. 4, p. 212–231, 2020.

PIROLI, E. L. **Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso da terra das áreas de preservação permanente dos corpos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo**. Ourinhos: Universidade Estadual Paulista, 2013, 150p. Tese (Livre Docência em Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto).

QUEIROZ NETO, J. P.; JOURNAUX, A.; PELLERIN, J.; CARVALHO, A. Formações superficiais da região de Marília. **Sedimentologia e Pedologia**, São Paulo, n. 8, p. 28-39, 1977.

Recebido em agosto de 2022.

Revisão realizada em fevereiro de 2023.

Aceito para publicação em setembro de 2023.