

ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI GUAÇU - REGIÃO NORDESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

ANA CLAUDIA PEREIRA CARVALHO¹, ANA PAULA PEREIRA CARVALHO²
TAMARA MARIA GOMES³, FABRÍCIO ROSSI⁴

¹ Eng. Ambiental, Pós-doutoranda do Programa USP Sustentabilidade, Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, ana.carvalho01@alumni.usp.br.

² Eng. Ambiental, Pós-doutoranda do Programa USP Sustentabilidade, Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos.

³ Eng. Agrônoma, Professora Associada, Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos.

⁴ Eng. Agrônomo, Professor Associado, Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos.

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: Na maioria das vezes, o ambiente natural sofre com as interferências provocadas pelas atividades humanas, que podem alterar consideravelmente a dinâmica ambiental, causando impactos negativos. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, que apresenta diferentes características físicas, e se destaca no setor do agronegócio. Para isso, foi elaborada a Carta de Fragilidade Ambiental por meio do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), para a ponderação dos planos de informações (pedologia, geologia, declividade e uso e cobertura do solo) e suas classes. As classes de destaque são “Muito fraca e Fraca fragilidade” contabilizando 72,61% de área ocupada, onde apresentam solos profundos e de textura argilosa. Com relação as áreas mais frágeis (Forte e Muito forte fragilidade), totalizam 18,73%, apresentando predominantemente solos arenosos. Este documento interpretativo poderá auxiliar os gestores em suas tomadas de decisão quanto ao planejamento e a gestão territorial.

PALAVRAS-CHAVE: análise multicritério, bacia hidrográfica, técnica AHP.

ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL FRAGILITY OF THE MOGI GUAÇU RIVER BASIN - NORTHEASTERN REGION OF THE STATE OF SÃO PAULO

ABSTRACT: Most of the time, the natural environment suffers from interferences caused by human activities, which can considerably alter the environmental dynamics, causing negative impacts. In this context, the objective of this study was to analyze the environmental fragility of the Mogi Guaçu River Basin, which has different physical characteristics, and stands out in the agribusiness sector. For this, the Environmental Fragility Chart was elaborated through the Analytic Hierarchy Process (AHP) method, for the weighting of information plans (pedology, geology, slope and land use and cover) and their classes. The highlight classes are "Very weak and weak fragility" accounting for 72.61% of occupied area, where they have deep soils and clay texture. Regarding the most fragile areas (Strong and Very strong fragility), they total 18.73%, presenting predominantly sandy soils. This interpretative document can assist managers in their decision making regarding planning and territorial management.

KEYWORDS: multicriteria analysis, watersheds, AHP technique.

INTRODUÇÃO: O conceito de fragilidade está baseado na suscetibilidade do meio ambiente às mudanças em seu equilíbrio natural, retratando a degradação ambiental de alguma unidade de paisagem (MASTRONARDI; CAVALLO; ROMAGNOLI, 2022). A análise da fragilidade é muito empregada no diagnóstico e no prognóstico ambiental, principalmente em casos nos quais o solo possui um papel mais relevante na ocorrência de determinados processos (OLIVEIRA-ANDREOLI et al., 2021), como a erosão, que pode levar o assoreamento de canais de drenagem, bem como alterações relevantes nos ecossistemas, mostrando assim a importância de estudos sobre a fragilidade das bacias hidrográficas (MANFRÉ et al., 2013; MACEDO et al., 2018; CARVALHO et al., 2019). A fragilidade ambiental é denominada de duas formas, potencial ou emergente. A primeira consiste na suscetibilidade natural dos parâmetros físicos do meio, compreendido como o equilíbrio dinâmico do ambiente. Enquanto a segunda, leva em consideração o uso e cobertura do solo (ANJINHO et al., 2021). Para se ter o entendimento destas fragilidades é essencial a realização de estudos que integrem e analisem os elementos que formam o espaço geográfico, para aquisição de um produto analítico que apresente os vários níveis de fragilidade de forma hierárquica (ROSS, 1994; CELESTINO et al., 2019), facilitando identificar os pontos específicos dos impactos ambientais nas bacias hidrográficas (MANFRÉ et al., 2013). Para isso, o mapeamento consiste em uma ferramenta fundamental para auxiliar no entendimento das mudanças nas paisagens que afetam, de maneira direta, a fragilidade ambiental e os serviços ecossistêmicos (OLIVEIRA-ANDREOLI et al., 2021). Diante deste contexto, foi elaborada a Carta de Fragilidade Ambiental (CFA) para uma das Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo - UGRHI09, com a finalidade de compreender como os atributos físicos e antrópicos interferem na dinâmica do ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS: A área estudada corresponde a Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu (BHRMG) localizada na porção paulista entre as coordenadas geográficas 21°45' e 22°45' de Latitude Sul e 46°15' e 47°45' de Longitude Oeste, possui uma extensão territorial de 15.068,54km². Os solos predominantes nesta região são latossolos vermelhos, latossolos vermelho-amarelos e argissolos vermelho-amarelos. A geologia apresenta as seguintes características dominantes: na porção oeste da bacia, encontram-se arenitos das Formações Bauru, Serra Geral e Botucatu, enquanto na região central há rochas areníticas das Formações Botucatu, Pirambóia, Serra Geral e do Grupo Passa Dois. No extremo leste ocorrem as rochas cristalinas das Formações Aquidauana, Varginha Guaxupé e Itararé (ENGEORPS; MAUBERTC, 2015). Quanto a declividade, em geral, o relevo varia de plano a ondulado (até 20%), enquanto, as regiões mais íngremes (>30%) situam-se nas porções central e leste da BHRMG. Com relação ao clima, de acordo com a classificação de Köppen, a BHRMG apresenta dois tipos climáticos, sendo: Cwa e Aw (ENGEORPS; MAUBERTC, 2015). Os usos do solo mais proeminentes na área são a cana-de-açúcar (578.600,17 ha), a soja e outras lavouras temporárias (123.111,88 ha), a pastagem (101.164,63 ha) e o citrus (48.521,37 ha) (MAPBIOMAS, 2021). Além disso, a área é composta por agroindústrias, como usinas de açúcar e álcool, óleos vegetais e bebidas, bem como frigoríficos e indústria de papel e celulose (CBH MOGI, 2020). Quanto ao método empregado neste trabalho, inicialmente foi realizada a aplicação da técnica *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para a elaboração da CFA. Para isso foram utilizados os seguintes Planos de Informação (PI): declividades (Imagens Alos Palsar); geologia (IBGE, 2021); pedologia (tipo, espessura e textura) (ROSSI, 2017); e, uso e cobertura do solo (MAPBIOMAS, 2021). O uso dessa técnica consistiu na adoção do nível de importância para cada PI e para cada uma de suas classes, com base em uma escala hierárquica de valores definida por Saaty (1980). Posteriormente, foram calculados os autovetores para cada PI, bem como para suas classes, por meio da normalização das matrizes de correlação. Em sequência, foram validados os autovetores por meio dos cálculos da Razão

de Consistência (RC) e do Índice de Consistência (IC), conforme estabelecidos por Saaty (1980). Em seguida, foram reclassificados os arquivos matriciais atribuindo o peso a cada classe. Para a sobreposição dos PI foi utilizada a ferramenta *Weighted Sum* (Soma Ponderada) do *software* ArcGIS®, atribuindo como dados de entrada os *rasters* reclassificados. Essa ferramenta proporciona a realização da multiplicação do peso do plano de informação pelo peso de suas respectivas classes, e, por fim, realiza a soma total de todas multiplicações realizadas em decorrência do número de PI, gerando a CFA, que foi classificada (Método Natural Breaks) em 5 níveis de fragilidade ambiental sendo: muito fraca, fraca, média, forte e muito forte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Após a elaboração da CFA, pôde-se constatar que as classes predominantes na BHRMG são “Muito fraca e Fraca”, totalizando 72,61% da área de estudo, onde se encontram solos basicamente de textura argilosa, muito profundos, situados em declividades suaves (<2% a 10%), onde há predomínio de lavoura de cana-de açúcar (Figura 1). Com relação a classe “Média”, ocupa uma extensão territorial de 8,66% da bacia, encontra-se em maior evidência na porção leste, onde há predomínio de solos com granulometria média, localizados em declividades acentuadas (20 a > 30%). Essa região é ocupada predominantemente por pastagens.

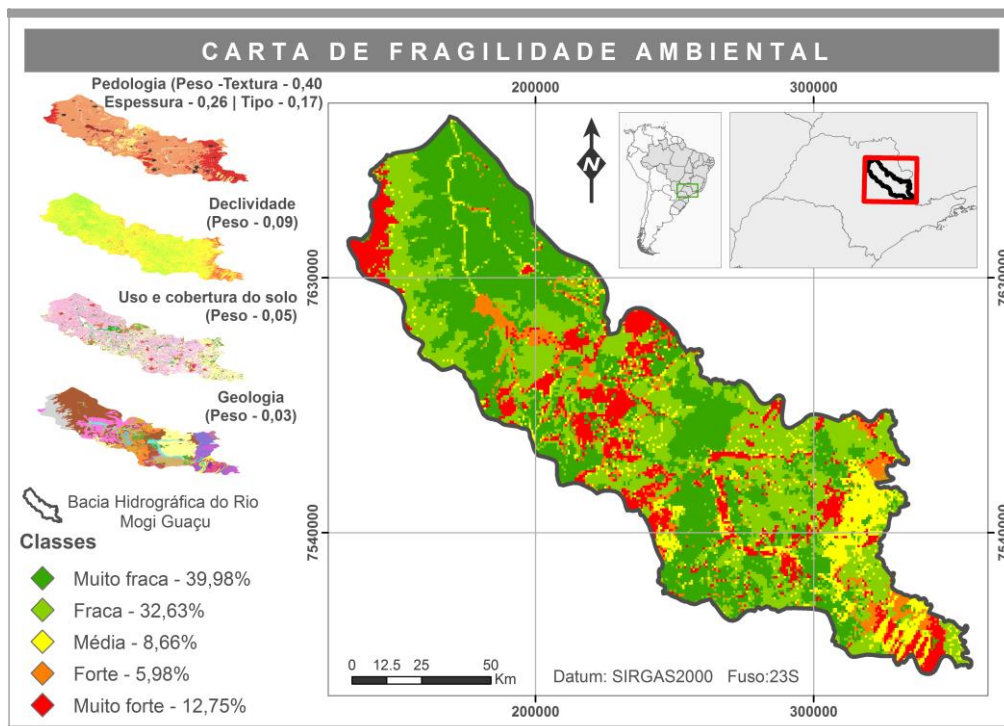


FIGURA 1. Carta de Fragilidade Ambiental da BHRMG.

As regiões que carecem de maior atenção estão distribuídas ao longo da BHRMG, com maior intensidade na porção central. As classes “Forte e Muito forte” ocupam 18,73% da área total da bacia. Essa classificação pode ser justificada pela ocorrência de solos com textura arenosa, e muito profundos.

CONCLUSÕES: O método empregado nesse trabalho contribuiu para a análise da fragilidade ambiental da região hidrográfica. O produto cartográfico elaborado poderá auxiliar no planejamento e na gestão do uso e cobertura do solo, dando aporte aos gestores nas tomadas de decisão. Os procedimentos metodológicos adotados podem ser aplicados para outras bacias hidrográficas, levando em consideração as suas especificidades.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a concessão das bolsas de pós-doutorado providas dos recursos da Superintendência de Gestão Ambiental da Universidade de São Paulo.

REFERÊNCIAS:

ANJINHO, P. DA S. et al. Environmental fragility analysis in reservoir drainage basin land use planning: A Brazilian basin case study. **Land Use Policy**, v. 100, n. November 2018, p. 104946, 2021.

ASF DATA SEARCH VERTEX. **Imagens Alos Palsar**. 2023. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/#/?dataset=ALOS>. Acesso em: 27 maio 2023.

CARVALHO, A. P. P. et al. Environmental fragility to erosion in an anthropogenic watershed in the northeast of the state of São Paulo, Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 3, p. 7–18, 2019.

CBH MOGI. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2020 (Ano Base 2019)**. Ribeirão Preto: CBH Mogi, 2020.

CELESTINO, E. F. et al. Environmental Assessment in Neotropical Watersheds: A Multi-Factorial Approach. **Sustainability**, v. 11, n. 2, p. 1–17, 2019.

CONSÓRCIO ENGECORPS/ MAUBERTEC. **Planos Integrados Regionais e Municipais de Saneamento Básico para UGRHI 9: Produto 5 (P5) - Plano regional integrado de saneamento básico**. Engecorps Maubertec, 2015.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2021. Geologia. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geologia/levantamento_geologico/vetores/escala_250_mil/versao_2021/ Acesso em: 23 de março de 2023.

MACEDO, D. R. et al. Development and validation of an environmental fragility index (EFI) for the neotropical savannah biome. **Science of the Total Environment**, v. 635, p. 1267–1279, 2018.

MANFRÉ, L. A. et al. Environmental fragility evaluation and guidelines for environmental zoning: a study case on Ibiuna (the Southeastern Brazilian region). **Environmental Earth Sciences**, p. 947–957, 2013.

MAPBIOMAS. **Coleções MAPBIOMAS**. 2021. Disponível em: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR. Acesso em: 27 maio 2023.

MASTRONARDI, L.; CAVALLO, A.; ROMAGNOLI, L. A novel composite environmental fragility index to analyse Italian ecoregions' vulnerability. **Land Use Policy**, v. 122, n. September, p. 106352, 2022.

OLIVEIRA-ANDREOLI, E. Z. et al. Multi-temporal analysis of land use land cover interference in environmental fragility in a Mesozoic basin, southeastern Brazil. **Groundwater for Sustainable Development**, v. 12, n. December 2020, 2021.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 8, p. 63-74, 1994.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. 118p. 2017.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. New York: Mcgraw-hil, 1980.