

### APRIMORAMENTO DO MAPA DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIO PIRACICABA/MG PARA O ANO DE 2021 EMPREGANDO O MODELO HAND

Isaac Lima Costa <sup>1</sup> (IC), Eliane Maria Vieira (PQ)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Itajubá, <sup>2</sup> Universidade Federal de Itajubá

**Palavras-chave:** Vulnerabilidade Ambiental. Modelo Hand. Rio Piracicaba. Mapas.

#### Introdução

O crescimento e desenvolvimento das áreas urbanas de forma desordenada, bem como a prática das atividades agrícolas, pecuárias, industriais e mineradoras, entre outras atividades humanas, no território brasileiro, aumenta a pressão sobre os recursos naturais, em especial os recursos hídricos fundamentais para o desenvolvimento e qualidade de vida das populações humanas (SOKOLOSKI, et al., 2019).

A vulnerabilidade ambiental é um preditor sobre a fragilidade do ambiente, frente a um fenômeno natural ou ação antrópica (NASCIMENTO, et al., 2016), sendo um importante recurso para a implementação de planejamento ambiental, por possibilitar a gestão eficiente dos recursos hídricos, bem como a sua conservação, além de embasar as normas estabelecidas para utilização de cada território (SOKOLOSKI, et al., 2019).

O estudo tem por objetivo elaborar o mapa de vulnerabilidade natural referente ao ano de 2022 para a sub-bacia do rio Piracicaba/MG, por meio da integração entre os diagnósticos sobre suas fragilidades para os elementos geologia, pedologia, inundação e uso e cobertura do solo e por meio do resultado gerado comparar com o mapa de vulnerabilidade ambiental elaborado por Sokoloski et. al (2019).

#### Metodologia

Para a elaboração dos mapas da área de estudo foi utilizado o *software Qgis 3.16.6*. Foi seguida a mesma metodologia da adaptação dos valores de pesos de vulnerabilidade para os mapas de geologia, pedologia e de cobertura de solo do trabalho do SOKOLOSKI et. al (2019). A metodologia utilizada neste estudo, foi a análise multicritério, por meio da álgebra de mapas e para a ponderação dos atributos foi feita uma adaptação dos pressupostos de Santos (2014).

Os pesos estabelecidos para o grau de vulnerabilidade variam de (1 a 5), sendo que quanto maior a classe, mais vulnerável. As cores alternam entre verde (menor índice de vulnerabilidade) ao vermelho

(maior índice).

O mapa de geologia foi realizado a partir do mapa geológico disponibilizado pela Companhia de Desenvolvimento Econômico do Estado de Minas Gerais (CODEMIG) no ano de 2013 em formato de *Shapefile*.

O mapa de pedologia foi extraído do mapa de solos do Estado de Minas Gerais, realizado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) no ano de 2010 e que já se encontra disponível no laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal de Itajubá – Campus de Itabira. As classes definidas e seus respectivos pesos estão apresentados na figura 1.

Figura 1- Grau de vulnerabilidade para pedologia

Classes de Solo	Pesos
Latossolos-Latossolos Vermelhos, Amarelos e Vermelho- Amarelos.	1
Argissolos e Cambissolos - Cambissolo Háplico e Argissolos Vermelho-Amarelo	4
Neossolos Litólicos	5

Para o mapa de cobertura de solo, primeiramente foram baixadas imagens do satélite *Landsat 8* do ano de 2021, disponibilizadas gratuitamente na internet pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). A impossibilidade do uso de uma imagem mais recente deveu-se à indisponibilidade de cenas sem cobertura de nuvens para a área analisada no período proposto para a realização dessa atividade. A identificação das classes foi atualizada manualmente no *software Qgis* com o apoio de imagens disponibilizadas no plugin do *Google Earth* e depois reclassificada, conforme a figura 2.

Figura 2- Grau de vulnerabilidade para uso e cobertura

do solo.

Classes de Cobertura Vegetal	Pesos
Mata	1
Afloramento Rochoso	2
Agrosilvopastoril	3
Área Urbana	4
Solo exposto/ Mineração	5

O mapa do índice de vulnerabilidade para a variável inundação foi elaborado utilizando como base o mapa de distância vertical à drenagem mais próxima feito e disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais ( INPE) obtido da manipulação dos dados do *SRTM*. Foi realizado um recorte para área de estudo e posteriormente reclassificado de acordo com seus valores de distância vertical, apresentados na figura 3.

Figura 3- Grau de vulnerabilidade para inundação

Cotas de Inundação	Vulnerabilidade
0 - 256,2 m	5
256,2 - 512,2 m	4
512,4 - 768,4 m	3
768,4 - 1024,8 m	2
> 1024,8 m	1

Após a efetivação dos processos acima os mapas gerados foram submetidos a operação de álgebra.

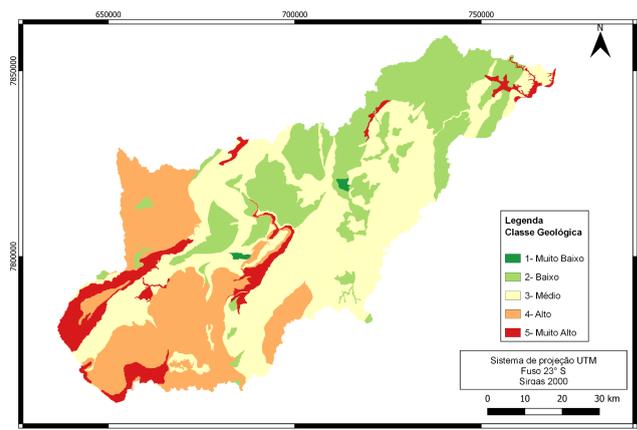
### Resultados e discussão

A bacia do rio Piracicaba está parcialmente inserida na região conhecida como Quadrilátero Ferrífero e embasamento cristalino (CBH, 2013). De maneira geral, a geologia desta sub-bacia é composta pelo Quadrilátero Ferrífero e pelo Embasamento Cristalino, sendo que as rochas são agrupadas em quatro formações: Complexo Granito-gnáissico (embasamento) Supergrupo Rio das Velhas, Supergrupo Minas e Grupo

Itacolomi; o Embasamento Cristalino é constituído por rochas cristalinas, com formação intrusiva, composto por rochas granito-gnaisses (CBH-DOCE, 2010).

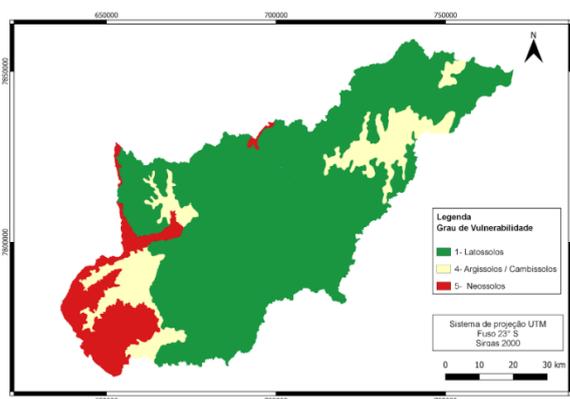
As classes mais vulneráveis da bacia estão fortemente presentes no alto curso e próximo a foz do rio. As demais formações com seus respectivos graus de vulnerabilidade estão distribuídas naturalmente pela bacia, como pode ser observado na figura 4.

Figura 4 – Mapa do índice de vulnerabilidade para a variável geologia



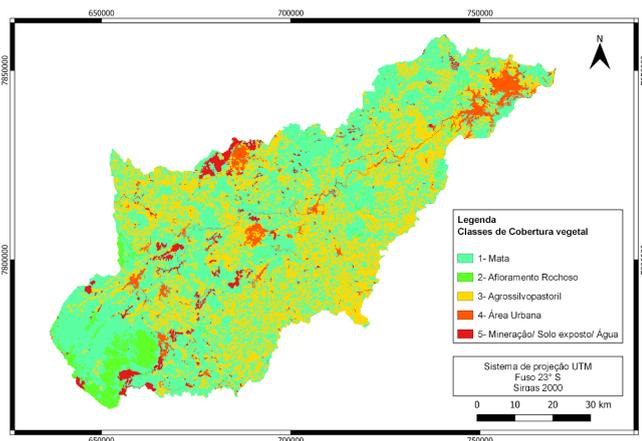
No que se refere a variável pedologia há uma predominância da classe de solo Latossolos e suas variações (Latossolos Vermelhos, Amarelos e Vermelho-Amarelos) seguido dos Argissolos e Cambissolos (Cambissolo Háplico, Argissolos Vermelho-Amarelo) e por fim os Neossolos Litólicos. A bacia se encontra em geral em um grau de vulnerabilidade baixo. As áreas mais vulneráveis, assim como na variável geologia, estão localizadas no alto curso do rio Piracicaba, conforme é visto na figura 5.

Figura 5 – Mapa do índice de vulnerabilidade para a variável pedologia.



No que tange a variável uso e cobertura do solo, a classe mais presente no mapa é a mata, que possui um valor de grau de vulnerabilidade baixa, pois auxilia no controle de erosões. A área agrossilvopastoril também está expressivamente presente na sub-bacia do rio Piracicaba. As atividades ligadas a essa classe representam um grau relativamente alto (peso 3), pois proporcionam a perda de biodiversidade e solo com uso de técnicas agrícolas intensas. As áreas de mineração e solo exposto não apresentam uma representatividade alta, porém possuem um grau de vulnerabilidade intenso, com peso 5. Segundo SHRESTHA (2011) a degradação ambiental causada pelas atividades mineradoras é agravada pela remoção do solo e da cobertura vegetal, mudanças na topografia e interrupção do escoamento superficial e subsuperficial.

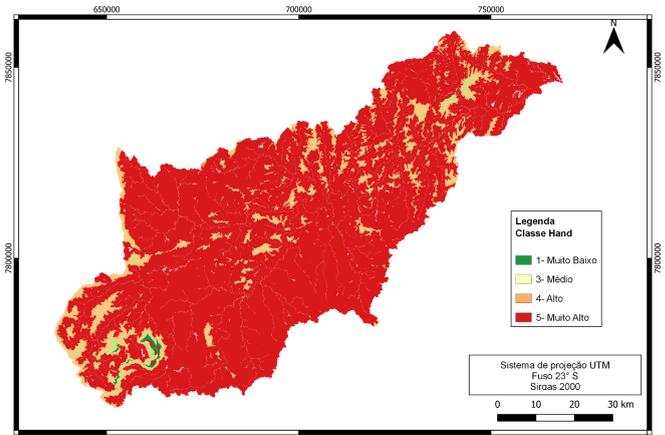
Figura 6 – Mapa do índice de vulnerabilidade para a variável uso e cobertura do solo.



Em relação a variável inundação, obtido por meio da classificação do modelo *HAND*, baixado do site do INPE e obtido a partir do MDE (Modelo Digital de Elevação do SRTM), é possível observar na figura 7, que a sub-bacia do Rio Piracicaba se encontra com um alto grau de vulnerabilidade (Peso “As poucas áreas com o grau de baixo e médio se encontram nas regiões próximas das nascentes do rio Piracicaba e demais partes altas da bacia.

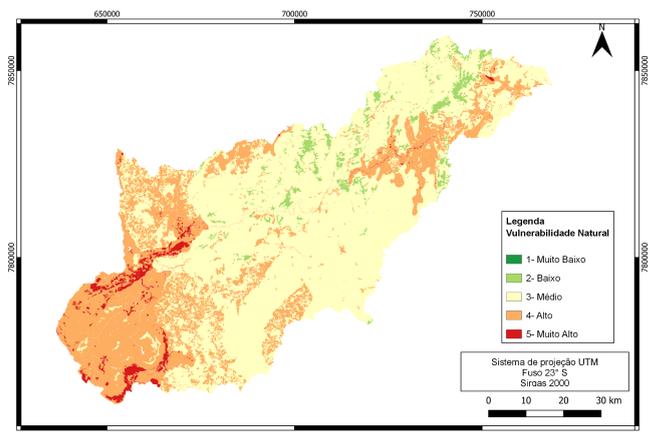
Isso ocorreu, pois para a realização do mapa da variável inundação, a vulnerabilidade foi classificada de acordo com as distâncias verticais encontradas na bacia que iam de 1 até 1.281 metros, como pode ser observado na tabela 5. A maior distância vertical foi dividida igualmente pela quantidade total de pesos (5) e classificada, sendo que o grau de vulnerabilidade foi diminuindo na medida que o valor da distância vertical foi aumentando, até chegar na sua totalidade.

Figura 7 – Mapa do índice de vulnerabilidade para a variável inundação.



A sub-bacia do rio Piracicaba/MG, foi enquadrada em sua maior parte às classes de vulnerabilidade natural 3 e 4 (média e alto), como pode ser observado no figura 8, resultado diferente do mapa elaborado por SOKOLOSKI et. al (2019), no qual a sub-bacia apresentou uma maior quantidade de áreas com pesos de vulnerabilidade menores entre 1, 2, 3 (muito fraca, fraca e média). Acredita-se que a utilização da variável inundação colaborou nessa discrepância de resultados, pois tal mapa exibiu um forte grau de vulnerabilidade em toda bacia, o que afetou diretamente na geração final do mapa no momento da execução da operação de álgebra de mapas.

Figura 8 – Mapa de vulnerabilidade natural.



Assim como observado por SOKOLOSKI et. al (2019), as classes de vulnerabilidade mais altas encontradas estão localizadas principalmente no alto curso do rio Piracicaba. De acordo com CBH-Doce (2010), essa região é onde se encontram as cabeceiras do afluente do rio que possuem uma forte susceptibilidade a

erosão, pois estão associadas ou não à estiagens prolongadas, às chuvas torrenciais, aos solos susceptíveis e aos extensos depósitos superficiais friáveis que ocorrem em terraços fluviais e nas baixas vertentes, além da intensa atividade mineradora presente.

### Conclusões

A elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental da sub-bacia do Rio Piracicaba, que integra informações de geologia, pedologia, uso e cobertura do solo e altitude (HAND), mostrou-se eficiente na identificação de zonas mais vulneráveis.

Foi possível constatar que as classes de vulnerabilidade média e alta predominaram na bacia. Vale destacar que mesmo com diferentes variáveis aplicadas, comparadas ao trabalho realizado por Sokoloski et.al (2019), o alto curso da bacia continua sendo a área mais vulnerável. Aconselha-se a uma atenção maior para a preservação ambiental do alto curso, logo que, sua conservação possui extrema importância para a preservação dos recursos hídricos e mitigação dos processos erosivos do solo.

Como a vulnerabilidade em relação à Altitude depende também do modelo empregado, sugere-se a realização da metodologia empregando-se outros MDE, a fim de se confirmar os resultados encontrados, parte deste teste contrata-se em andamento em outro projeto de Iniciação Científica, desenvolvido pelo discente Gustavo de Oliveira Dias, onde está sendo testado com o MDE do Alos-Palsar.

Outro ponto que pode ser melhor trabalhado é a estratificação das cotas de vulnerabilidade de inundação, neste trabalho foi dividida a rampa de cotas encontradas na bacia de forma igualitária, pode-se pesquisar e estabelecer outras faixas que podem ser mais adequadas à esta bacia.

### Agradecimento

Agradeço a docente Eliane Maria, por ter sido minha orientadora e ter desempenhado tal função com dedicação e paciência. Além disso, agradeço ao Programa Institucional Voluntário de Iniciação Científica da Unifei (PIVIC-UNIFEI), pela concessão da bolsa de iniciação e auxílio na elaboração desta pesquisa.

### Referências

CBH DOCE. Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica

do Rio Doce. Belo Horizonte: Consórcio Ecoplan Lume, 2010. Disponível em:  
[:https://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2016/12/PI\\_RH\\_Doce\\_Volume\\_I.pdf](https://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2016/12/PI_RH_Doce_Volume_I.pdf)

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F.. Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico. São José dos Campos: INPE, 2001.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, (Brasil). Divisão de Processamento de Imagens. 2015b. Grupo de Modelagem para Estudos da Biodiversidade. HAND Distância vertical à drenagem mais próxima.

SANTOS, R. F.; THOMAZIELLO, S.; WEILL, M. A. M. Planejamento da paisagem. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília. 2007. Disponível em:  
<https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/vulnerabilidade-ambiental-desastres-naturais-ou-phenomenos-induzidos.pdf>

SHRESTHA, R.; LAL, R. Changes in physical and chemical properties of soil after surface mining and reclamation. *Geoderma*, v. 161, p. 168-176, 2011. SILVEIRA, H. L. F.; VETTORAZZI, C. A. and VALENTE, R. A. avaliação multicriterial no mapeamento da suscetibilidade de deslizamentos de terra. *rev. árvore*. 2014.

SOKOLOSKI, L. J. F.; FERREIRA, M. R. A.; VITERBO, G. A.; BELOTTI, F. M.; VIEIRA, E. M. Estudo da vulnerabilidade natural da sub-bacia do Rio Piracicaba/MG utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIG). *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.10, n.2, p.211-222, 2019. Disponível em:  
<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.002.0018>.

NASCIMENTO, N. S.; VIEIRA, E. M.; GONÇALVES, J. A. C.; CUNHA, P. Q.; Estudo da vulnerabilidade ambiental em uma micro bacia empregando hierarquia nominal e operador local. *Revista Brasileira de Geografia Física*. v.09. nº 03. 2016. Disponível em:  
<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233735/7293>