

## **MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL POTENCIAL PARA UM MUNICÍPIO DO VALE DO JEQUITINHONHA (MG)**

LUCIANO CAVALCANTE DE JESUS FRANÇA<sup>1\*</sup>; DANIELLE PIUZANA MUCIDA<sup>2</sup>;  
EDUARDA SOARES MENEZES<sup>3</sup>; JAMILA JARDIM<sup>4</sup>; MARCOS VINÍCIUS FERREIRA MARTINS<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Me. Doutorando em Engenharia Florestal, UFLA, Lavras-MG, lucianodejesus@florestal.eng.br;

<sup>2</sup> Dra. Prof. Titular, UFVJM, Diamantina-MG, dpiuzana@yahoo.com;

<sup>3</sup> Mestranda em Ciência Florestal, UFVJM, Diamantina-MG, eduarda\_menezs@hotmail.com;

<sup>4</sup> Licenciada em Geografia, UFVJM, Diamantina-MG, jamilajardim@yahoo.com.br;

<sup>5</sup> Graduando em Engenharia Florestal, UFPI, Bom Jesus-PI, marcos\_vfm@hotmail.com

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018  
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

**RESUMO:** Este trabalho objetivou identificar e mapear a Fragilidade Ambiental Potencial (FAP) do município de Couto de Magalhães de Minas, mesorregião do Vale do Jequitinhonha (MG), visando o reconhecimento das potencialidades do meio físico a sofrer problemas naturais de instabilidade ambiental, utilizando-se de técnicas do geoprocessamento e avaliação por múltiplos critérios através do *software* ArcGIS™ 10.3.1. Foram considerados 5 critérios para a avaliação, sendo eles: declividade do terreno, classes de solos, hierarquia fluvial, domínios geológicos e pluviosidade, onde a eles foram atribuídos pesos de fragilidade, técnico-cientificamente, de acordo com metodologia clássica, sendo: (I) *Baixa*, (II) *Levemente Baixa*, (III) *Média*, (IV) *Alta* e (V) *Extremamente Alta*. Por meio de combinação linear ponderada e álgebra de mapas, foi gerado o mapa final de FAP. Os resultados demonstraram que 13,94% da área de estudo apresenta fragilidade do Tipo I, 40,51% do Tipo II, 22,11% do Tipo III, 13,85% corresponderam ao Tipo IV e 9,59% à classe do Tipo V. O mapa de FAP aqui gerado poderá apoiar estratégias de uso da terra para a restauração ambiental, bem como, fornecer introspecções à mecanismos de gestão pública sobre ordenamento territorial de serviços ambientais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conservação, Manejo de ecossistemas, Ordenamento territorial, Planejamento ambiental.

### **MAPPING OF POTENTIAL ENVIRONMENTAL FRAGILITY TO A MUNICIPALITY OF THE JEQUITINHONHA VALLEY, MINAS GERAIS**

**ABSTRACT:** The objective of this work was to identify and map the Potential Environmental Fragility (FAP) of the municipalities of Couto de Magalhães de Minas, a mesoregion of the Jequitinhonha Valley (MG), aiming to recognize the potential of the physical environment to suffer natural problems of environmental degradation, using geoprocessing techniques and multiple criteria evaluation through ArcGIS™ 10.3.1 software. We considered 5 (five) criteria for the evaluation, being slope classes, soils, fluvial hierarchy, geological domains and rainfall, where they were attributed technically and scientifically, weights of fragility, according to classical methodology, being: (I) Low, (II) slightly low, (II) Medium, (IV) High and (V) Extremely High. Through Weighted Linear Combination and map algebra, the final map of FAP was generated. The results showed that 13.94% of the study area presented Type I fragility, 40.51% Type II, 22.11% Type III, 13.85% Type IV and 9.59% Type V. The FAP map generated here may support land use strategies for environmental restoration, as well as provide insights into public management mechanisms on the territorial organization of environmental services.

**KEY WORDS:** Conservation, Ecosystem management, Territorial planning, Environmental planning,

## INTRODUÇÃO

Ao longo dos séculos, a atividade antrópica vem causando a degradação dos ecossistemas. Por causa dessa degradação, há o aumento de várias problemáticas do ponto de vista ambiental (Kageyama et al., 2003). Quando um ambiente é explorado além da sua capacidade, um desequilíbrio estrutural é iniciado e vários tipos de danos começam a aparecer, como deslizamentos de terra, inundações, erosões, entre outros (Corte et al., 2015). Neste sentido, é importante conhecer a susceptibilidade natural de ecossistemas às instabilidades ambientais diversas, tais como da erosão de solos e perda de sua qualidade física, química e biológica, nomeadamente, sua fragilidade ambiental.

A identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo auxílio à gestão de territórios. Para tanto, os modelos de análise da fragilidade servem como subsídio ao planejamento estratégico ambiental. Mapeamentos de fragilidades ambientais identificam e analisam as áreas em função de seus diferentes níveis de sensibilidade (Sporn & Ross, 2004).

A hipótese deste estudo parte do pressuposto de que a análise geoespacial multicriterial, ao integrar os elementos naturais do ambiente, define relações de fragilidade ambiental potencial, aplicado, neste estudo, para um município da mesorregião do Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais. A execução do trabalho partiu da adaptação metodológica de Ross (1994), a fim de determinar com eficiência os diferentes níveis de fragilidade ambiental potencial/natural de terrenos à processos degradativos, do município de Couto de Magalhães de Minas (MG), Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Área de estudo*

A área de estudo refere-se aos limites do município de Couto de Magalhães de Minas, localizado na região do Vale do Jequitinhonha (MG), com sede nas coordenadas geográficas 18,07 °S de latitude e 43,47 °W de longitude (PNUD, 2000). Sua área corresponde a 483 km<sup>2</sup> e está contida nas folhas topográficas Diamantina (SE-23-Z-A-III), Rio Vermelho (SE-23-Z-B-I), Curimataí (SE-23-X-CVI) e Carbonita (SE-23-D-IV). A sede municipal encontra-se a 726,0 m de altitude (CPRM, 2004).

A rede de drenagem do município é constituída pelo rio Jequitinhonha e ribeirão Manso. Destaca-se ainda que boa parte do município, principalmente a porção sul, na Serra do Espinhaço possui boa disponibilidade de água superficial (CPRM, 2004). Quanto ao clima, a mesorregião do Vale do Jequitinhonha possui características climáticas que variam do semiárido a úmido, com totais pluviométricos anuais compreendidos entre 600 e mais de 1.600 mm, que se concentram basicamente em seis meses do ano (outubro a março). A temperatura média anual acusa pouca variação, situando-se na faixa de 21 a 24°C e a evapotranspiração potencial situa-se na faixa entre 800 e 1.200 mm (Ferreira & Silva, 2012).

### *Processamento*

Foram utilizados cinco (5) Planos de Informações (PI) geográficas para a determinação da Fragilidade Ambiental Potencial (FAP). Os PI's foram sobrepostos para a geração do mapa final das áreas com as distintas classes de FAP. Todas as etapas da presente metodologia foram realizadas com auxílio do *software* ArcGIS 10.3.1™ (ESRI, 2013).

Os parâmetros utilizados foram: Declividade do Terreno, Classes de Solos, Pluviosidade, Domínios Geológicos e Hierarquia Fluvial. A partir de informações do Modelo Digital de Elevação (MDE), obtidas a partir do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) junto ao sítio da EMBRAPA (Miranda, 2005). Utilizou-se informações vetoriais referentes às classes de solos, adquiridas junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016) e informações geológicas do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM, 2016). Para o plano de informação de pluviosidade, foi utilizada base de dados extraída do Atlas Pluviométrico do Brasil, gerado a partir dos dados de Estações Pluviométricas existentes na Bacia do rio Jequitinhonha, produzido no Programa de Levantamentos da Geodiversidade (CPRM, 2016), em Isoietas de Precipitações Médias Anuais entre 1977 e 2006.

A partir da análise dos parâmetros, a determinação da FAP foi realizada para cada um dos parâmetros, estabelecidas classes de fragilidade, conforme o estudo individual de suas características, isto é, foram atribuídos pesos de 1 a 5 por variável, representando nomeadamente as categorias: 1

(Baixa), 2 (Levemente Baixa), 3 (Média), 4 (Alta) e 5 (Extremamente Alta). Aplicou-se a seguinte equação para cálculo de soma algébrica ( $\sum F_n$ ) dos cinco (5) PI, para geração da carta de FAP:

$$FAP = \sum (F_n) \quad (\text{Expressão 1})$$

Onde:  $FAP$  = Fragilidade Ambiental Potencial;  $F_n$  = Fragilidade dos  $n$  parâmetros;

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram geradas as cartas referentes a declividade do terreno, classes de solo, domínios geológicos, pluviosidade e hierarquia fluvial, onde realizou-se a reclassificação de cada variável em uma mesma escala de valor, que variou de *baixa* a *extremamente alta*. Os pesos atribuídos aos cinco fatores considerados no estudo são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Pesos de fragilidade atribuídos aos múltiplos critérios considerados para área de estudo.

| Classes de fragilidade   | Pesos | Declividade do terreno       | Classes de Solo          | Domínios Geológicos* | Precipitação Pluviométrica (mm)      | Hierarquia Fluvial   |
|--------------------------|-------|------------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|
| <i>Baixa</i>             | 1     | Plano<br>(0 – 6%)            | Latosolo Vermelho Escuro | ---                  | 1.191,2 – 1.207,6                    | 5ª Ordem             |
|                          |       |                              |                          |                      | 1.207,6 – 1.222,1                    | 6ª Ordem             |
| <i>Levemente Baixa</i>   | 2     | Suave Ondulado<br>(6 – 12%)  | ---                      | DSCICD*              | ---                                  | ---                  |
| <i>Média</i>             | 3     | Ondulado<br>(12 – 20%)       | ---                      | DSPDM*               | 1.222,1 – 1.236,2<br>1.236,2-1.250,7 | 4ª Ordem<br>3ª Ordem |
| <i>Alta</i>              | 4     | Forte Ondulado<br>(20 – 30%) | Cambissolo               | ---                  | ---                                  | 2ª Ordem             |
| <i>Extremamente Alta</i> | 5     | Montanhoso<br>(30 – 86,8%)   | Neossolo Litólico        | DCDL*                | 1.250,7 – 1.266,7<br>1.266,7-1.238,8 | 1ª Ordem             |

\*Nomenclatura dos Domínios Geológicos: DSPDM: Domínio das Sequências Sedimentares Proterozóicas Dobradas, Metamorfizadas em baixo grau a médio grau; DCDL: Domínio das Coberturas Cenozóicas Detrito-Lateríticas; DSCICD: Domínio dos Sedimentos Cenozóicos Inconsolidados ou Pouco consolidados, depositados em meio aquoso.

Para as *classes de solo*, atribuiu-se o peso 1 (um) para áreas com solos menos susceptíveis a processos erosivos, 4 (quatro) e 5 (cinco) para aqueles com maior susceptibilidade, assim como características que enquadram cada tipo de solo em uma hierarquia de menor a maior fragilidade. Para *Declividade do Terreno*, atribuíram-se os pesos em ordem crescente de acordo com a sua variação, de plano a montanhoso. No que concerne aos *Dados Pluviométricos*, o município de Couto de Magalhães apresenta isoietas de precipitação média anual que variam entre 1.191,2 mm a 1.238,8 mm, apresentando pouca variação, uma vez que trata-se de um município de pequena extensão territorial. Em termos de *Hierarquia Fluvial*, verificou-se, para o município, cursos d'água de até 6ª ordem, de acordo com a classificação de Strahler (1952). O município apresentou maior distribuição espacial para leitos fluviais de 1ª ordem, aqueles que se estendem desde a nascente até a confluência, sendo considerados sítios de fragilidade ambiental extremamente alta. E para a classe dos *Domínios Geológicos*, também foram atribuídos os pesos de acordo com suas fragilidades constatadas na literatura pertinente.

A partir dos Planos de Informações (PI) avaliados para o município de Couto de Magalhães de Minas, realizou-se a álgebra de mapas dessas informações para a obtenção da FAP. As quantificações das áreas por classes são apresentadas na Tabela 3 e a Figura 3 apresenta o mapa final de FAP.

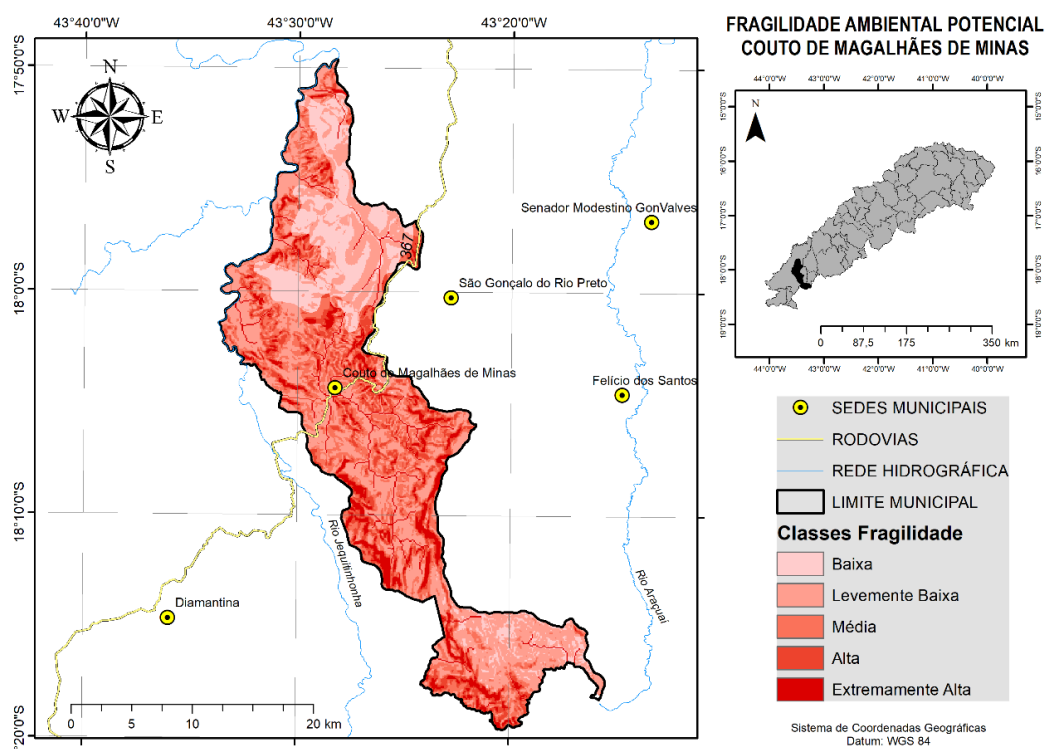
**Tabela 3.** Área em km<sup>2</sup> e percentagem para as classes de FAP verificadas na área de estudo.

| CLASSES FAP              | ÁREA (km <sup>2</sup> )      | ÁREA (%)    |
|--------------------------|------------------------------|-------------|
| <i>Baixa</i>             | 67,62                        | 13,94       |
| <i>Levemente Baixa</i>   | 196,59                       | 40,51       |
| <i>Média</i>             | 107,27                       | 22,11       |
| <i>Alta</i>              | 67,21                        | 13,85       |
| <i>Extremamente Alta</i> | 46,55                        | 9,59        |
| <b>Total (Σ)</b>         | <b>485,26 km<sup>2</sup></b> | <b>100%</b> |

Observa-se que a maior parte da área em estudo classifica-se como de fragilidade *Levemente Baixa* (196,59 km<sup>2</sup>). As menores áreas compõem classes *Extremamente Alta* (46,55 km<sup>2</sup>). A fragilidade *média* apresenta-se em 107,27 km<sup>2</sup>. Entretanto, as classes *Alta e Extremamente Alta*, correspondem juntas à 23,44 % da área total do município, o que requer atenção no que concerne a conservação e proteção ambiental, uma vez que é possível observar no mapa final de FAP, que as classes de *Média, Alta e Extremamente Alta* não encontram-se localizadas em apenas um sítio, mas sim dispostas heterogeneamente pela extensão do município, o que demanda maior atenção. Em contraponto, as classes *Baixa e Levemente Baixa* apresentam-se preponderantemente concentradas na porção nordeste do município e em parte à sudoeste do território analisado.

Durães & Mello (2016) ao avaliarem a distribuição espacial do potencial natural à erosão hídrica na bacia hidrográfica do Rio Sapucaí, Minas Gerais, observaram que as áreas de potencial  *muito forte* ocorrem, principalmente no contexto dos solos mais sensíveis, tais como Cambilossolos, que está associada a textura franca, com alta concentração de silte dentre outras características físico-estruturais, que provoca o selamento da superfície do solo, reduz a capacidade de infiltração de água e aumenta o escoamento superficial, além disso, associam esse potencial ao fator topográfico, a intensidades das chuvas.

**Figura 3.** Fragilidade Ambiental Potencial (FAP) do município de Couto de Magalhães de Minas.



## CONCLUSÃO

Considerando-se o modelo produzido, a área de estudo, em geral, foi diagnosticada com predominância da FAP do tipo *levemente baixa e média*, entretanto com significativa percentagem das classes *Extremamente Alta e Alta*, quando consideradas juntas, o que indica potencial susceptibilidade de ocorrência natural de processos erosivos e outras formas de instabilidade ambiental, considerando-se as características topográficas e demais fatores biofísicos avaliados.

Destaca-se a importância de estudos futuros que considere o plano de informação de uso e ocupação da terra, para geração, também, da carta de Fragilidade Ambiental Emergente (FAE), contudo, o modelo de FAP gerado pode fornecer informações importantes para o ordenamento territorial do município, possibilitando zoneamento acessível e de fácil atualização para gestores públicos em estratégias de monitoramento e estabelecimento de ações para conservação e proteção ambiental.

## AGRADECIMENTOS

À UFVJM, CAPES e Universidade do Porto. Agradecimentos especiais ao Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Jurandy Ross (USP), Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Allaoua Saadi (UFMG) e Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> João Honrado Pradinho (Universidade do Porto).

## REFERÊNCIAS

- Corte, A. P.; Hentz, A. M. K.; Doubrawa, B.; Sanquetta, C. R. Environmental fragility of Iguazu river watershed, Paraná, Brazil. *Bosque*, v. 32, n.2, p. 287-297, 2015.
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Projeto Cadastro de Abastecimento por Águas Subterrâneas, Estados de Minas Gerais e Bahia: diagnóstico do município de Couto Magalhães de Minas, MG. Belo Horizonte: CPRM, 27p., 2004.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Atlas pluviométrico do Brasil. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inford=1351&sid=9>>. Acesso em: 30/05/2018.
- Crepani, E.; Medeiros, J. S. de; Filho, P. H.; Florenzano, T. G.; Duarte, V.; Barbosa, C. C. F. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 124 p., 2001.
- Durães, M.F.; Mello, C.R. Distribuição espacial da erosão potencial e atual do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, MG. *Eng. Sanit. Ambiental*.v.21. n.4., 2016.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada. Rio de Janeiro: IBGE / Embrapa Solos, 67p., 2011.
- ESRI - Environmental Systems Research Institute. ArcGIS 10.0: GIS by ESRI. ESRI, 2013.
- FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. Mapa de solos do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte. (UFV - CETEC – UFLA),2010. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>> Acesso em: 10 jun. 2018.
- Ferreira, V. O.; Silva, M. M. O Clima da Bacia do Rio Jequitinhonha, em Minas Gerais: Subsídios para a Gestão de Recursos Hídricos. *Revista Brasileira de Geografia Física*. V.2, p. 303-319, 2012.
- Kageyama, P. Gandara, F. Oliveira, R. Biodiversidade e restauração da floresta tropical. In: KAGEYAMA, P. et al. (orgs). Restauração ecológica de ecossistemas naturais. FEPAF. Botucatu, SP. p. 27-48., 2003.
- Miranda, E. E.; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 30/05/2018.
- PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Atlas de Desenvolvimento Humano para o Brasil. 2000. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/download/>>. Acesso em: 30/05/2018.
- Quartaroli, C. F.; Araújo, L. S.; Garçon, E. A. M. Carta de vulnerabilidade natural à perda de solo do Estado do Maranhão. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, ed. 21, 44p. 2013.
- Ross, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizado. *Revista do Departamento de Geografia, São Paulo - SP*, n. 8, p.24-30, 1994.
- Sporl, C. Ross, J. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. *GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo*, 2004, n° 15, p.39-49.
- Strahler, A. N. Hypsometric analysis of erosional topography. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 63:111-1141, 1952.