

USO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA IDENTIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE SUSCEPTIBILIDADE À MOVIMENTOS DE MASSA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CARATINGA, MINAS GERAIS¹

Lucas Mageste Butters²
Alex Cardoso Pereira
Leopoldo Concepción Loreto Charmelo
Alessandro Saraiva Loreto

RESUMO

Este estudo teve como objetivo mapear a susceptibilidade a movimentos de massa na bacia hidrográfica do rio Caratinga. A metodologia adotada para a realização do estudo se baseou em uma análise multicritério, em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), de cinco fatores condicionantes para a ocorrência de movimentos de massa, sendo eles: declividade do terreno, uso e ocupação do solo, tipo de solo, intensidade de precipitação e escoamento superficial. Todos os procedimentos de geoprocessamento foram realizados no QGIS 2.14.9. A declividade foi obtida por meio dos modelos de declividade do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As imagens utilizadas para a classificação da cobertura do solo foram do satélite Landsat-8 OLI e classificadas no QGIS. A precipitação foi determinada por meio de interpolação pelo método *Inverse Distance Weighted* (IDW). A metodologia para modelagem do escoamento superficial foi a do *Curve Number*. Foram gerados mapas de susceptibilidade para cada critério separadamente e, posteriormente, aplicado o processo analítico hierárquico para determinar o resultado final. Do total analisado cerca de 33,1% apresentaram susceptibilidade Alta ou Muito Alta, com mais de 50% possuindo risco Moderado. O estudo demonstrou a funcionalidade da metodologia utilizada para o mapeamento de áreas de risco. Destaca-se a possibilidade da utilização deste procedimento em órgãos públicos, visando mitigar os impactos negativos causados pelos movimentos de massa, no ambiente rural e urbano.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Mapeamento. Movimentos de Massa. Multicritério.

THE USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM TO IDENTIFY THE SUSCEPTIBILITY CAPACITY TO MASS MOVEMENTS IN THE CARATINGA RIVER BASIN, MINAS GERAIS

ABSTRACT

This study aimed to map the susceptibility to mass movements in the Caratinga river basin. The adopted methodology was based on a multicriteria analysis, in GIS environment, of five

¹ **Como citar este artigo:** BUTTERS, L. M. *et al.* Uso de sistema de informações geográficas para identificação da capacidade de susceptibilidade à movimentos de massa na bacia hidrográfica do Rio Caratinga, Minas Gerais. *ForScience*, Formiga, v. 8, n. 2, e00541, jul./dez. 2020. DOI: 10.29069/forscience.2020v8n2.e541.

² **Autor para correspondência:** Lucas Mageste Butters, e-mail: lucasmbutters@hotmail.com.

conditioning factors for the occurrence of mass movements, being them: land slope, use and occupation of the land, soil type, precipitation intensity and surface runoff. All geoprocessing procedures were performed in QGIS 2.41.9. The slope was obtained through INPE slope models. The images used to classify the land covering were from the Landsat-8 OLI satellite and classified in the QGIS. Precipitation was determined through interpolation, using the IDW method. The methodology for surface flow modeling was that of the Curve Number. Susceptibility maps were generated separately for each criteria and, subsequently, the hierarchical analytical process was applied to determine the final result. From the analyzed total, about 33.1% showed high or very high susceptibility, with more than 50% having moderate risk. The study demonstrated the functionality of the used methodology for the risk areas mapping. We highlight the possibility of using this procedure in public agencies, in order to mitigate the negative impacts caused by mass movements, in the rural and urban environments.

Keywords: Geoprocessing. Mapping. Mass Movements. Multicriteria.

1 INTRODUÇÃO

Os movimentos de massa têm relação direta com o uso e ocupação do solo, assim como outros fatores, dentre eles a intensidade de precipitação, tipo de solo, declividade do terreno, geologia e geomorfologia. Entretanto, a ocupação do solo é de responsabilidade direta do homem, destacando a influência antrópica nesses eventos. Por consequência das ações antrópicas, o aumento da impermeabilização do solo combinado ao desmatamento de áreas de encostas e topos de morro são características que potencializam a incidência desses desastres.

Os movimentos de massa no meio urbano são intensificados pela ocupação antrópica desordenada em decorrência do crescimento urbano não planejado. Esses eventos provocam inúmeros impactos socioeconômicos e ambientais, podendo, inclusive, causar a morte de pessoas. Contudo, são eventos considerados naturais que ocorrem em várias partes do planeta, sendo mais comuns em regiões montanhosas. Esses processos são parte da dinâmica natural de modelagem da paisagem, sendo um dos principais processos geomorfológicos responsáveis pela evolução do relevo (VANACÔR, 2006).

Popp (2016) descreve os movimentos de massa como qualquer deslocamento de materiais terrosos e/ou rochosos que possua como agente transportador a gravidade. O mesmo autor ainda acrescenta que os processos de transporte de sedimentos causados pela água ou vento não se enquadram nesta categoria. Para Grotzinger e Jordan (2013) a ocorrência dos movimentos de massa se dá quando a força da gravidade supera a força coesiva entre os materiais da encosta, desde o transporte de quantidades quase imperceptíveis de materiais até o descarregamento de milhares de toneladas de solo e rochas. A combinação correta entre umidade, declividade e material torna um movimento de massa inevitável (GROTZINGER;

JORDAN, 2013). Vanacôr e Rolim (2012) citam como condicionantes os fatores geológicos, geomorfológicos, climáticos e antrópicos.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas que possibilitam espacializar e analisar diversos dados geográficos, sendo uma ótima alternativa para o mapeamento de áreas susceptíveis à impactos ambientais, podendo ser utilizada para mapear áreas de risco de deslizamento. No ambiente SIG é possível combinar e gerenciar diversas camadas de informações, o que permite uma enorme gama de funções e processos. Bispo *et al.* (2011) citam a importância da utilização do SIG para a identificação de áreas susceptíveis a movimentos de massa, destacando a capacidade de se integrar diferentes dados, como tipo de solo, cobertura do solo, entre outros. Silveira, Vettorazzi e Valente (2014) indicaram o mapeamento das zonas de risco como uma das soluções para o entendimento e previsão desses eventos, podendo minimizar suas consequências.

Os estudos utilizando geoprocessamento para mapeamento e identificação de risco tiveram um crescimento recente. Diversos autores utilizaram técnicas de geoprocessamento e análise multicritério para o mapeamento de áreas susceptíveis a movimentos de massa (VANACÔR, 2006; BISPO *et al.*, 2011; VANACÔR; ROLIM, 2012; SILVA JUNIOR; SILVA; PEREIRA, 2013; SALVADOR, 2014; SILVEIRA; VETTORAZZI; VALENTE, 2014).

Os fatores que desencadeiam os deslizamentos são variados e interagem entre si, dessa forma é preciso utilizar uma análise multicritério para ponderar diferentes parâmetros de maneira integrada, comparando diferentes cenários e alternativas. A análise multicritério tem sido amplamente empregada em estudos ambientais, além da avaliação de risco de ocorrência de movimentos de massa. Um dos métodos mais utilizados para análises multicritério é o método Processo Analítico Hierárquico (AHP) (*Analytic Hierarchy Process*) desenvolvido por Saaty (1986), que estrutura o processo de decisão identificando um objetivo geral, critérios e alternativas.

Esse método de análise consiste na avaliação de critérios quanto sua influência em determinado assunto e, de acordo com o peso de cada um, obtém-se um resultado ponderado por vários parâmetros. São diversos os estudos que empregam essa técnica como os que visam identificar a fragilidade ambiental, o risco de incêndio florestal, a conservação de estradas, o risco de inundação e a seleção de locais para reuso de água (DONHA; SOUZA; SUGAMOSTO, 2006; MARTINS *et al.*, 2014; SIDDAYAO; VALEZ; FERNANDES, 2014; TORRES *et al.*, 2014; ALBUQUERQUE *et al.*, 2015; BACANI, 2016; VALLE; FRANCELINO; PINHEIRO, 2016).

Diante da importância desses fatos é essencial que sejam planejadas estratégias para prevenir ou mitigar os impactos decorrentes destes eventos, pois a identificação das áreas de risco, por meio do mapeamento, pode ser utilizada como ferramenta para a gestão do zoneamento territorial urbano.

Desse modo, estabeleceu-se como objetivo geral a utilização de técnicas de geoprocessamento, como SIG e sensoriamento remoto, para o mapeamento das áreas susceptíveis à deslizamentos de encostas na bacia hidrográfica do rio Caratinga (BHRC) com base em cinco critérios: declividade do terreno, uso e ocupação do solo, tipo de solo, intensidade de precipitação e escoamento superficial.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Caratinga, região de estudo, está localizada na porção leste do Estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil, fazendo parte da bacia hidrográfica do rio Doce, sendo inserida na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do rio Caratinga (UPGRH DO5). Abrange uma área de aproximadamente 3.260 km² e 541 km de perímetro e suas coordenadas geográficas estão localizadas entre os pontos 7894067.00 m Se 234367.00 m E, zona 24K e 7784178.91 m S e 788182.50 m E, zona 23K, possuindo relevo fortemente ondulado e altitude entre 123 m e 1538 m.

A BHRC é constituída por 15 municípios, seja integral ou parcialmente e deste total, 12 municípios possuem sede dentro do limite da BHRC, destacando-se, em termos populacionais, o município de Caratinga.

As principais nascentes do rio Caratinga estão localizadas no município de Santa Bárbara do Leste que apresenta extensão total de 222 km, desaguando no Rio Doce, junto à divisa dos municípios de Conselheiro Pena e Tumiritinga.

2.2 Critérios

A metodologia deste estudo foi desenvolvida por Salvador (2014). Neste trabalho o autor utilizou ambiente SIG e experimentos de campo para identificar zonas de susceptibilidade a deslizamentos de terra na Bacia Hidrográfica do Rio Piranga, sub-bacia integrante da Bacia Hidrográfica do Rio Doce, por meio de análise multicritério.

Adotaram-se cinco fatores como critérios para a ocorrência de movimentos de massa, sendo eles: declividade do terreno, uso e ocupação do solo, tipo de solo, intensidade de precipitação e escoamento superficial. Além desses fatores, também foi utilizada uma metodologia para determinar uma zona de restrição à ocorrência de movimentos de massa e, conseqüentemente, uma zona de análise (SALVADOR, 2014).

Os modelos de declividade foram obtidos do programa Topodata, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com resolução espacial de 30 m. Foram necessárias três cenas para cobrir toda a BHRC e as três imagens foram fusionadas no QGIS, por meio da função “Mosaico” e posteriormente, utilizando a função “Recorte”, extraiu-se o modelo de declividade apenas para a BHRC.

Para a determinação da cobertura do solo na BHRC utilizaram-se duas cenas do satélite Landsat-8 sensor OLI (*Operational Land Imager*), na órbita 217 e pontos 73 e 74. As imagens foram adquiridas de forma gratuita no site *Earth Explorer*, mantido pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos *United States Geological Survey* (USGS). A realização da classificação supervisionada procedeu-se com a utilização do complemento *Dzetsaka* disponível na biblioteca de complementos do QGIS e através do *Dzetsaka* foi realizada a classificação da imagem mediante coleta de amostras. Ao analisar a acurácia posicional das imagens de parte da BHRC, a imagem Landsat 8/OLI, de um modo geral, apresenta excelente qualidade posicional.

Os tipos de solo da BHRC foram determinados com base nos dados vetoriais disponibilizados pelo Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em projeto financiado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM). Esses dados foram recortados para a área de interesse pela ferramenta “Recortar” do QGIS.

Os dados referentes as séries históricas de precipitação da área de estudo foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e no sistema Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA), totalizando 14 estações pluviométricas. A espacialização desses dados pontuais foi realizada por meio de interpolação, no QGIS, com o método *Inverse Distance Weighted* (IDW).

A determinação do escoamento superficial da bacia seguiu o método *Curve Number* (CN) desenvolvido pelo *Soil Conservation Service* (SCS) (Departamento de Conservação de Solos americano). Para a obtenção do parâmetro CN foi preciso relacionar o tipo de solo a um grupo hidrológico, de acordo com o comportamento hidráulico. O parâmetro CN depende também da cobertura do solo, portanto o *raster* obtido na classificação supervisionada da

imagem Landsat-8 foi combinado com o *raster* dos grupos hidrológicos, onde obteve-se o valor de CN para cada combinação entre cobertura do solo e grupo hidrológico.

Com o valor de CN foi possível obter o potencial de infiltração (S), para cada fragmento da bacia, por meio da Equação (1) abaixo.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254(1)$$

A estimativa do escoamento superficial é realizada pela equação a seguir (Eq. 2).

$$Es = \frac{(P-0,2 \times S)^2}{P+0,8 \times S}(2)$$

Onde, Es corresponde ao escoamento superficial (mm) e P corresponde a precipitação, sendo que foi utilizado o *raster* obtido por meio da interpolação IDW, citada anteriormente. Os cálculos citados acima foram realizados na “Calculadora Raster” do QGIS.

Conforme Salvador (2014), na Bacia Hidrográfica do Rio Doce, os deslizamentos ocorrem principalmente pela combinação de duas situações: i) boa infiltração da água da chuva em topos de morro e; ii) elevado escoamento superficial nas encostas imediatamente adjacentes. Assim, para a identificação de áreas suscetíveis a deslizamentos, buscou-se restringir a zona de análise a locais onde ocorresse associação das duas situações, o que reduziu o esforço computacional e otimizou o processo.

Delimitou-se uma zona de restrição para a realização da análise, tomando como critério a declividade. Estipulou-se o valor limite inferior de 35%. Assim, zonas que apresentaram declividade inferior a esse valor foram excluídas e apenas as áreas com declives mais acentuados, superiores a 35%, foram analisadas.

2.3 Análise Multicritério

Para a realização da análise multicritério utilizou-se o método AHP no QGIS, por meio do complemento *Easy AHP*. Os dados devem estar no formato *raster* para a realização do processo. Neste complemento os critérios são inseridos e uma matriz de importância é preenchida por meio da comparação pareada entre os fatores. Com base nessa matriz é atribuído um peso para cada critério por meio do qual será ponderado o resultado.

As camadas referentes aos critérios foram classificadas manualmente com relação a susceptibilidade ao deslizamento. Esta etapa promoveu a padronização dos diferentes dados em grandezas que possam ser comparadas. Os produtos gerados foram os mapas de susceptibilidade ao deslizamento de encostas referentes a cada critério separadamente, e estas camadas foram utilizadas na análise multicritério. A Tabela 1 a seguir apresenta a reclassificação de cada critério para o grau de susceptibilidade, variando de um a cinco, sendo 1 o menor risco e 5 o maior risco.

Tabela 1 - Reclassificação dos critérios utilizados em classes de susceptibilidade a movimentos de massa

Critério	Valor Atribuído	
Declividade (%)	35 – 45	3
	45 – 55	3
	55 – 65	4
	65 – 75	4
	> 75	5
Uso e Ocupação do Solo	Pastagem	5
	Cultura	3
	Floresta	1
Tipo de Solo	Argissolo Vermelho	3
	Cambissolo Háplico	5
	Latossolo Vermelho-Amarelo	4
	Neossolo Litólico	5
Precipitação (mm)	934 – 984	1
	984 – 1034	2
	1034 – 1084	3
	1084 – 1134	4
	1134 - 1184	5
Escoamento Superficial (mm)	580 – 689	1
	689 – 798	2
	798 – 907	3
	907 – 1016	4
	1016 - 1125	5

Fonte: Adaptado de Salvador (2014).

A Tabela 2 apresenta os pesos atribuídos a cada critério. O cruzamento destas informações, pelo processo AHP, produziu o mapa final de susceptibilidade ao deslizamento para a BHRC. O *raster* gerado foi reclassificado, de acordo com os valores numéricos, em cinco classes de susceptibilidade ao deslizamento, sendo: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

Tabela 2 - Pesos atribuídos para cada critério

Critério	Peso
Declividade	0,429
Uso e Ocupação do Solo	0,143
Tipo de Solo	0,143
Precipitação	0,143
Escoamento Superficial	0,143

Fonte: Adaptado de Salvador (2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1b, observa-se o mapa de suscetibilidade gerado de acordo com a influência de cada categoria de cobertura do solo na ocorrência de deslizamentos

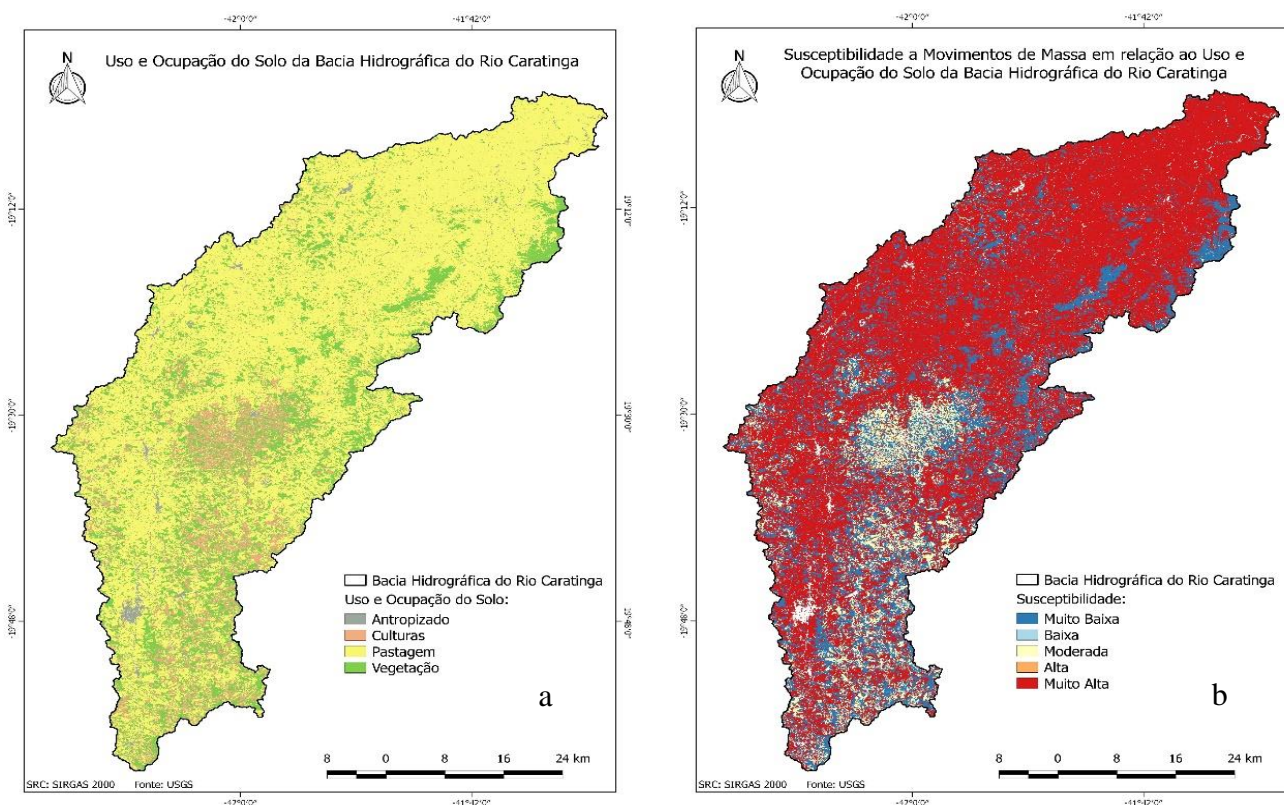


Figura 1 - Mapa de cobertura do solo (a); Mapa de suscetibilidade a deslizamentos com basenas *classes de cobertura do solo* (b)
 Fonte: Autores (2017).

Na Figura 2b apresenta-se o mapa de suscetibilidade conforme grau de influência da respectiva classe de solo.

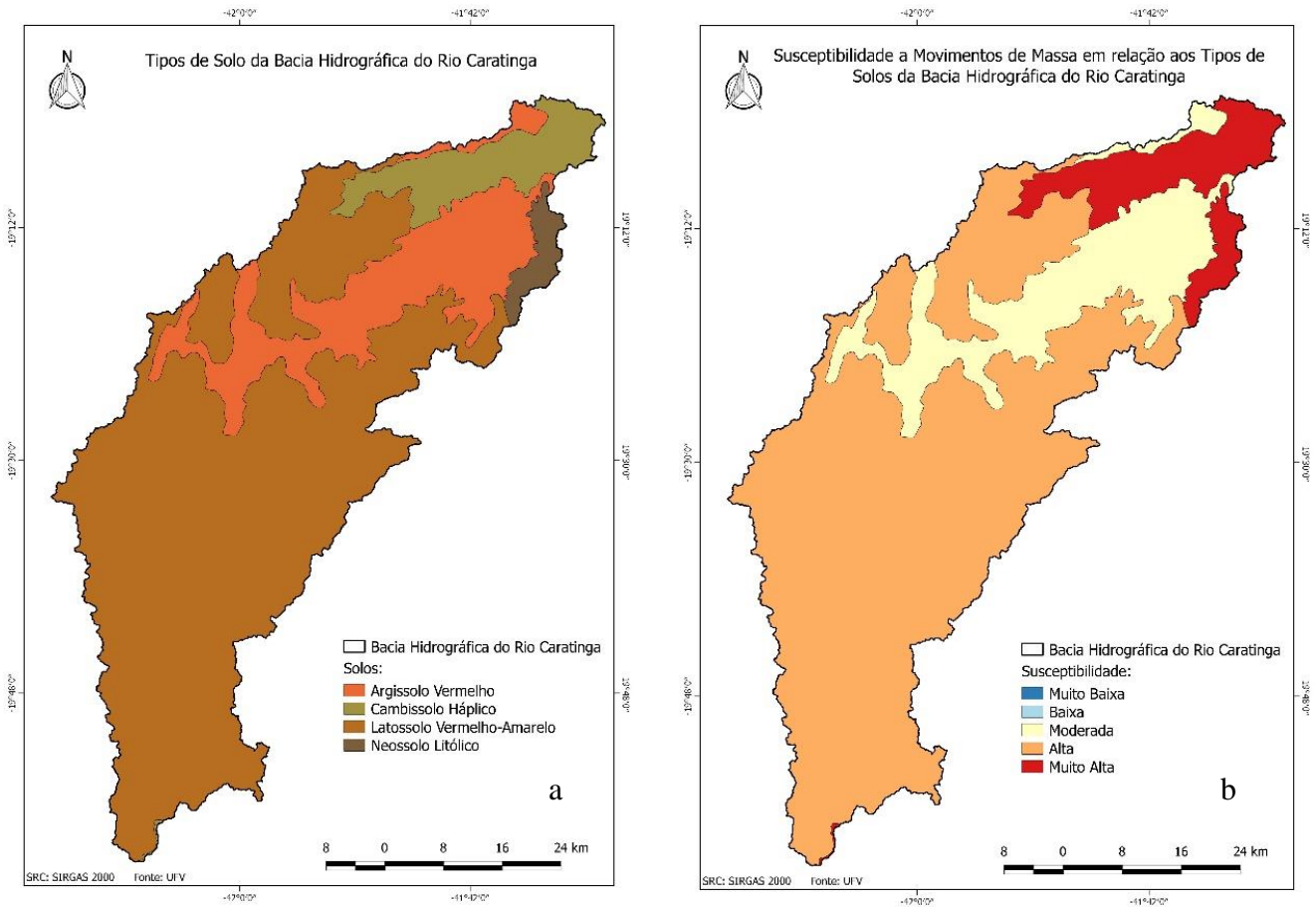


Figura 3 - Mapa de solos (a); Mapa de susceptibilidade a deslizamentos com base nas categorias de solo (b).
Fonte: Autores (2017).

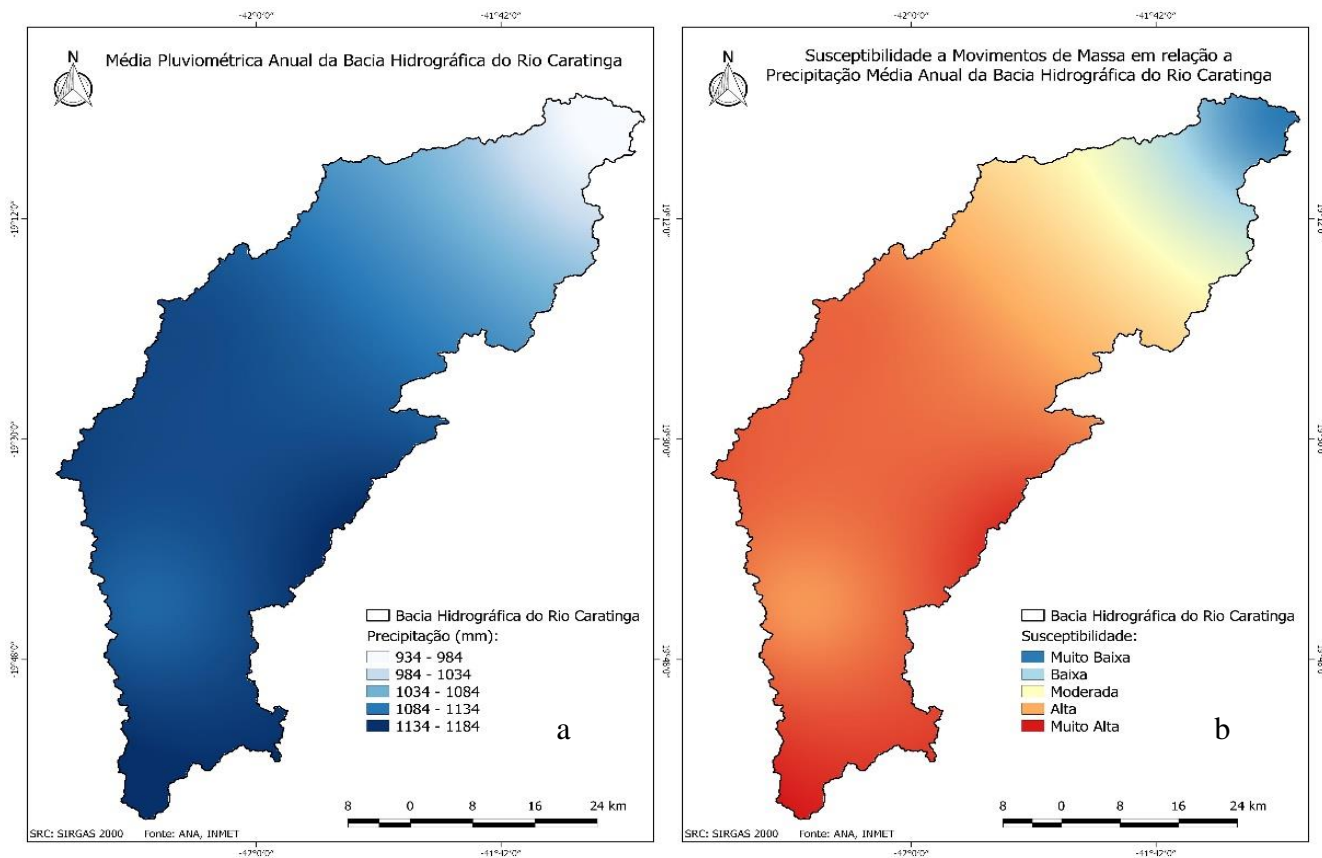


Figura 4 - Mapa pluviométrico (mm/ano) (a); Mapa de susceptibilidade a deslizamentos com base na pluviometria (b).
Fonte: Autores (2017).

Na Figura 3b observa-se o mapa de susceptibilidade onde as maiores susceptibilidades estão associadas aos maiores índices pluviométricos.

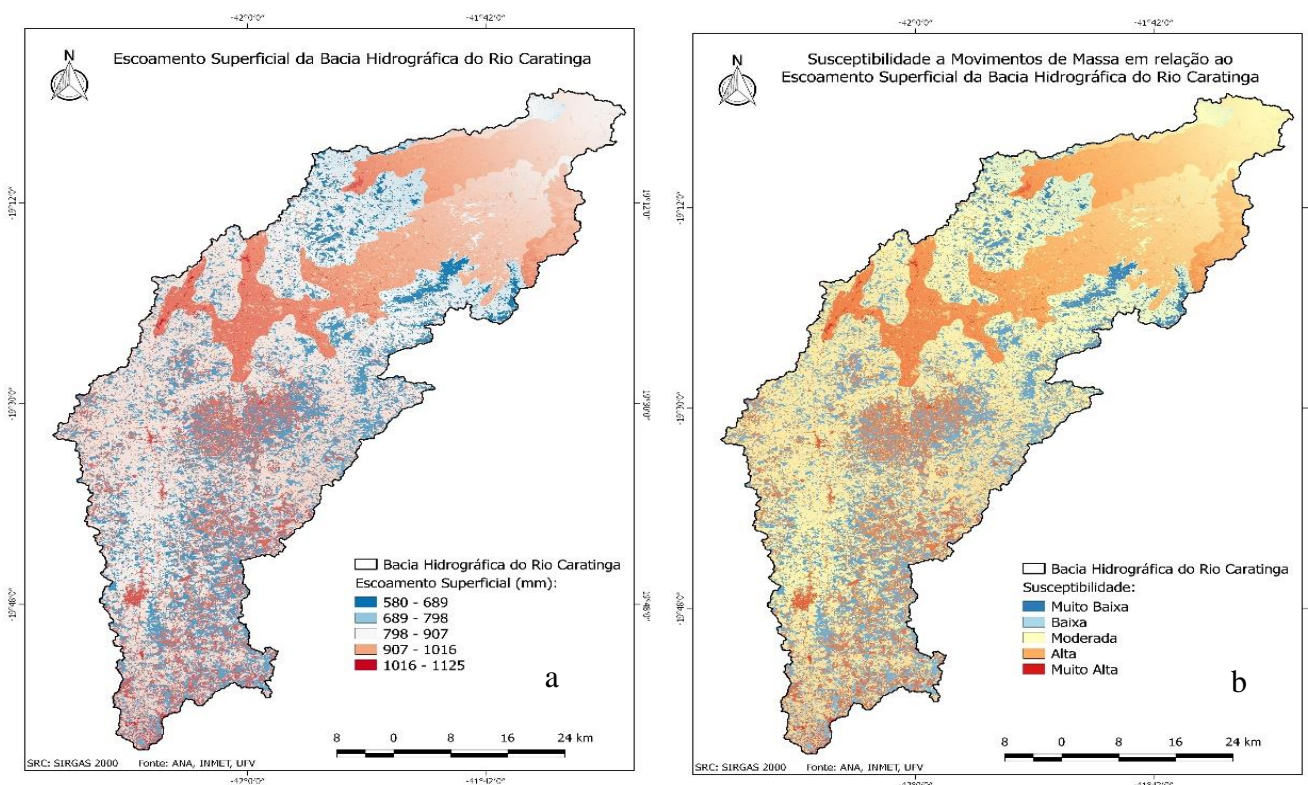


Figura 5 - Modelo digital de escoamento superficial (a); Mapa de susceptibilidade a deslizamentos com base no escoamento superficial (b).
Fonte: Autores (2017).

A Figura 4b apresenta o mapa de susceptibilidade onde os maiores valores de susceptibilidade estão associados aos maiores coeficientes de escoamento superficial.

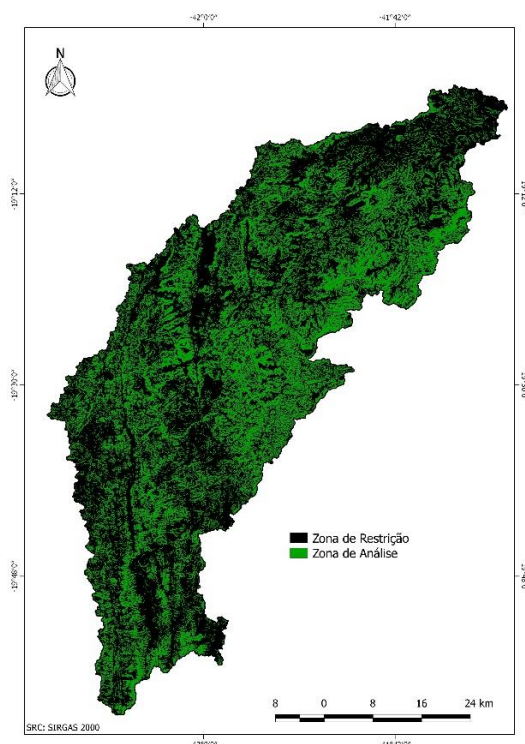


Figura 5 - Mapa booleano de restrições e zona de análise
Fonte: Autores (2017).

Para composição das restrições realizou-se operações de interseção booleana entre os layers: área urbana, fora do limite da bacia hidrográfica e fora da zona de análise. Dessa maneira exclui-se da análise áreas de menor relevância com relação ao problema dos deslizamentos. O resultado pode ser verificado na Figura 5.

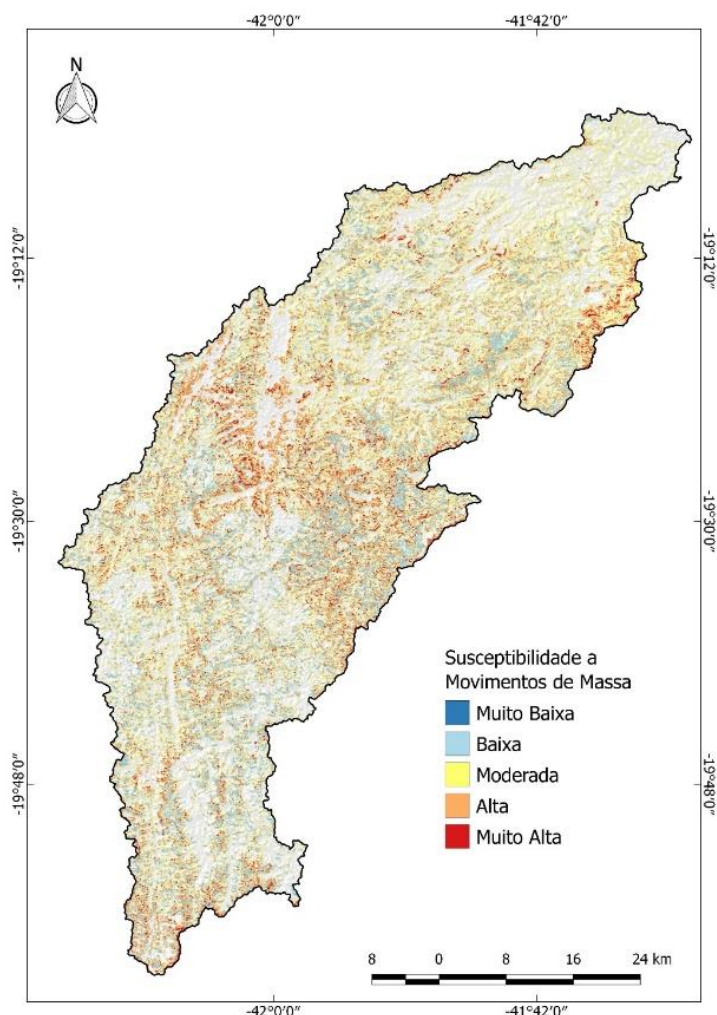


Figura 6 - Mapa de Susceptibilidade a Movimentos de Massa da BHRC
 Fonte: Autores (2017).

O mapa de susceptibilidade da BHRC obtido com a análise multicritério está apresentado na Figura 6. Para melhor visualização o mapa final foi dividido em cinco classes de susceptibilidade, assim como foi feito com o mapa de cada critério. A porção da bacia hidrográfica que foi analisada, segundo a metodologia adotada para a zona de restrição, possui área de 1267,52 km², correspondendo a cerca de 40% da área total da bacia.

Os resultados obtidos mostram que as zonas de Alta e Muito Alta susceptibilidade representam cerca de 33,1% da área analisada. A Tabela 3 a seguir detalha os percentuais de área para cada classe de susceptibilidade. As zonas mais críticas estão na parte central da bacia, em razão das altas declividades. A cabeceira da bacia também apresenta uma grande

concentração de zonas de alta susceptibilidade, embora em menor quantidade comparado ao médio curso da bacia. As baixas declividades e menores valores de precipitação da foz da bacia influenciaram para que predominasse zonas de moderada a baixa susceptibilidade de movimentos de massa.

Tabela 3 - Área equivalente para cada classe de susceptibilidade

Classe	Área (km ²)	Área (%)
Muito Baixa	-	-
Baixa	111,54	8,8
Moderada	736,43	58,1
Alta	338,43	26,7
Muito Alta	81,12	6,4
Total	1267,52	100

Fonte: Autores (2017).

A Figura 7 apresenta um detalhe do Mapa de Susceptibilidade a Movimentos de Massa da BHRC. É possível observar a grande incidência de áreas críticas (considerando as classes Alta e Muito Alta), e que, portanto, requerem uma atenção especial.

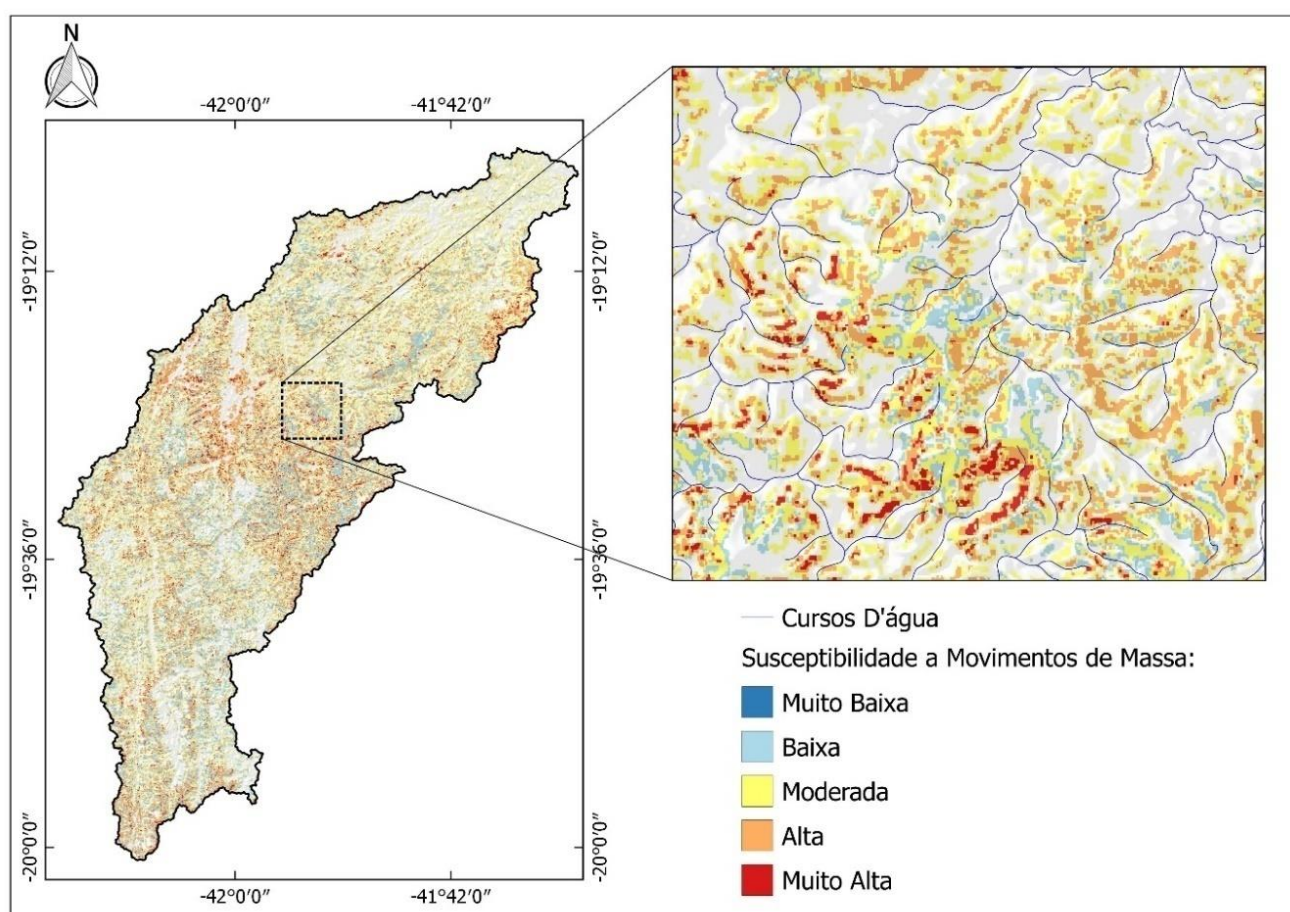


Figura 7 - Detalhe do Mapa de Susceptibilidade a Movimentos de Massa da BHRC

Fonte: Autores (2017).

4 CONCLUSÃO

A metodologia empregada neste estudo provou-se eficiente quanto ao mapeamento de áreas susceptíveis a ocorrência de movimentos de massa. A técnica de análise multicritério permitiu a integração de diferentes fatores no procedimento de forma simples e eficaz. O uso do ambiente SIG para a realização da análise foi positivo. A rapidez e facilidade dos processos permitem que os mesmos sejam replicados por outros pesquisadores e servidores públicos.

Destaca-se a possibilidade da replicação desta metodologia em diferentes locais e sob diferentes condições, inclusive com a incorporação de fatores adicionais. A possibilidade da utilização desse mapeamento na gestão pública é amplamente indicada, de modo que este estudo pode servir como subsídio para a gestão de áreas de risco na região estudada, sejam o monitoramento, intervenção ou estudos mais aprofundados.

Contudo, salienta-se, que a precisão deste estudo está atrelada a precisão dos dados utilizados. Deste modo, a utilização de uma base de dados mais refinada proporcionaria resultados igualmente mais detalhados. Órgãos públicos têm a possibilidade da aquisição de imagens de satélite de altíssima resolução espacial por meio do INPE, que acarretaria uma classificação do uso do solo mais fiel. O mapeamento topográfico e a determinação do tipo de solo e escoamento superficial de maneira experimental também são alternativas que proporcionariam melhores resultados.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A.; SCALIZE, P. S.; FERREIRA, N. C.; SILVA, Flora. Multi-criteria analysis for site selection for the reuse of reclaimed water and biosolids. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 10, n. 1, p. 22-34, 2015.
- BACANI, V. M.. Geoprocessing applied to risk assessment of forest fires in the municipality of Bodoquena, MatoGrosso do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 40, n. 6, p. 1003-1011, 2016.
- BISPO, P. C.; ALMEIDA, C. M. de; VALERIANO, M. de M.; MEDEIROS, J. S. de; CREPANI, E. Análise da susceptibilidade aos movimentos de massa em São Sebastião (SP) com o uso de métodos de inferência espacial. **Geociências**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 467-478, 2011.
- DONHA, A. G.; SOUZA, L. C. de P.; SUGAMOSTO, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 175-181, 2006.
- GROTZINGER, J., JORDAN, T. **Para entender a Terra**. Porto Alegre: Bookman, 2013. 738 p.

MARTINS, F. C. M.; *et al.* Multicriteria analysis and geoprocessing for conservations of unpaved roads. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 37, n. 2, p. 162-170, 2014.

POPP, Jose Henrique. **Geologia geral**. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 309 p.

SAATY, Thomas L. **The Analytic Hierarchy Process**, New York: McGraw Hill, 1986.

SALVADOR, M. da M. **Identificação e avaliação de eventos extremos na bacia hidrográfica do rio Piranga**, 2014, 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

SIDDAYAO, G. P.; VALDEZ, S. E.; FERNANDEZ, P. L. Analytic Hierarchy Process (AHP) in Spatial Modeling for Floodplain Risk Assessment. **Internacional Journal of Machine and Computing**, [s.l.], v. 4, n. 5, p. 450-457, 2014.

SILVA JUNIOR, C. H. L.; SILVA, F. B.; PEREIRA, D. C. A. Uso de lógica fuzzy e processo analítico hierárquico – AHP no zoneamento de áreas suscetíveis a deslizamento utilizando o operador fuzzy média ponderada AHP: o caso da bacia hidrográfica do rio Anil em São Luís – MA. **Revista de Geografia**, Juiz de Fora, v. 3, n. 2, p. 1-7, 2013.

SILVEIRA, H. L. F. da; VETTORAZZI, C. A.; VALENTE, R. A. Avaliação multicriterial no mapeamento da suscetibilidade de deslizamentos de terra. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 973-982, 2014.

TORRES, F. T. P. *et al.* Mapeamento da suscetibilidade a ocorrência de incêndios em vegetação na área urbana de Ubá-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 5, p. 811-817, 2014. DOI: 10.1590/S0100-67622014000500005.

VALLE, I. C.; FRANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. K. Mapeamento da fragilidade ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 23, n. 2, p. 295-308, 2016.

VANACÔR, R. N. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao mapeamento das áreas susceptíveis a movimentos de massa na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul**, 2006, 132 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

VANACÔR, R. N.; ROLIM, S. B. A. Mapeamento da suscetibilidade a deslizamento usando técnicas de estatística bivariada e sistema de informações geográficas na região nordeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 15-28, 2012.

DADOS DOS AUTORES

Lucas Mageste Butters

E-mail: lucasmibutters@hotmail.com

Currículo lattes: <http://lattes.cnpq.br/6230697040635722>

Especialista em Geoprocessamento e Georreferenciamento, em Auditoria e Perícia Ambiental pela Faculdade Única de Ipatinga (FUNIP) e Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Centro Universitário de Caratinga (UNEC)

Alex Cardoso Pereira

E-mail: alex.c.pereira@ufv.br

Currículo lattes: <http://lattes.cnpq.br/4278514918681901>

Doutorando em Engenharia Civil com ênfase em Saneamento Básico, mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Especialização em Avaliação de Risco e Perícia Ambiental e graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Centro Universitário de Caratinga (UNEC). Atuou como coordenador e professor titular dos cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária e Engenharia Civil do Centro Universitário de Caratinga e como engenheiro ambiental e sanitaria da Fundação Educacional de Caratinga. Tem experiência na área de Engenharia Ambiental e Sanitária, com ênfase em Engenharia Sanitária, atuando principalmente nos seguintes temas: saneamento básico, salubridade ambiental, saneamento ambiental, saneamento rural, gestão ambiental, avaliação de passivos ambientais, projetos hidro-sanitários, projetos hidroambientais e gestão de projetos.

Leopoldo Concepción Loreto Charmelo

E-mail: lcharmelo@gmail.com

Currículo lattes: <http://lattes.cnpq.br/9768329233321806>

Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, mestre em Engenharia Agrícola e graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professor titular do mestrado profissional em Meio Ambiente e Sustentabilidade do Centro Universitário de Caratinga. Com experiência nas áreas de gestão ambiental e manejo e conservação de solos, com ênfase nas áreas de: implantação e acompanhamento de sistemas de gestão ambiental, avaliação de passivos ambientais, avaliação de impactos ambientais, diagnóstico e auditoria ambiental e manejo e conservação de bacias hidrográficas. Coordenador Geral na Elaboração de Planos Diretor Municipais e Planos Municipais de Saneamento Básico. Coordenador do Curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária e dos cursos de Pós Graduação Lato Sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho e Avaliação de Risco e Perícia Ambiental do Centro Universitário de Caratinga.

Alessandro Saraiva Loreto

E-mail: loretoufv@gmail.com

Currículo lattes: <http://lattes.cnpq.br/2863490134748971>

Mestre em Engenharia Civil e graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Atualmente é Coordenador e Professor titular dos Cursos de Engenharia Civil e Engenharia Ambiental e Sanitária e das pós-graduação Lato Sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho e Avaliação de Risco e Perícia Ambiental do Centro Universitário de Caratinga (UNEC). Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Mecânicas dos Solos, atuando principalmente nos seguintes temas: fibras aleatórias, fibrossolo, reforço de solos, solos, passivos ambientais, edificações hospitalares/verticais/casas populares. Experiência na Elaboração de Planos Diretores Municipais, Projetos de Aterros Sanitários, Planos Municipais de Saneamento Básico e Planos Habitacionais nas áreas de resíduos sólidos, limpeza urbana, abastecimento de água, esgotamento sanitário e tratamento de esgoto doméstico.