ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe

Análise da Vulnerabilidade Erosiva Para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Conquistinha no Oeste de Minas Gerais, Brasil

[1]Janiel Lopes de Oliveira, [2]Manfred Fehr

[1]Analista Ambiental, Mestre em Geografia Pela Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila, 2121, Uberlândia / MG. CEP: 38408-100. Autor correspondente: e-mail: janiellopes.ms@gmail.com. [2]Pós-doutorado, Professor Emérito Colaborador do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila, 2121, Uberlândia / MG. CEP: 38408-100, e-mail: toribate@gmail.com.

Artigo recebido em 09/06/2019 e aceito em 16/12/2019

R E S U M O

A erosão do solo é um indicador de degradação no meio físico, situação que causa prejuízo econômico e ambiental. Diante dessa problemática, essa pesquisa teve como objetivo analisar a vulnerabilidade erosiva para a bacia hidrográfica do ribeirão Conquistinha no Oeste de Minas Gerais. Foi aplicada a metodologia de análise multicritério de acordo com propostas da literatura. Em primeiro momento, realizou-se a confecção do banco de dados com as unidades de análise (componentes litológicos, aspectos geomorfológicos, solos, influência climática (chuva), vegetação nativa com cobertura predominante), seguido da identificação dos componentes formadores de cada unidade e a atribuição dos valores de vulnerabilidade à cada componente. Posteriormente foi realizado o cruzamento entre os valores individuais dos componentes para obtenção dos pesos representativos à cada unidade de análise. Em seguida, realizou-se o cruzamento entre os pesos obtidos para as unidades de análise, tendo como resultando a vulnerabilidade erosiva para a bacia hidrográfica. Os resultados são: alta vulnerabilidade erosiva (23.43%), média vulnerabilidade erosiva (27.72%), baixa vulnerabilidade erosiva (31.50%), muito baixa vulnerabilidade erosiva (17.34%).

Palavras – chave: Erosão do solo; Unidades de análise; Análise multicritério.

Analysis of the Erosive Vulnerability of the Watershed of the Conquistinha Stream in the West of Minas Gerais, Brazil

A B S T R A C T

Soil erosion is an indicator of degradation in the physical environment, which causes economic and environmental damage. Given this problem, this research aimed to analyze the erosive vulnerability to the Conquistinha stream watershed in West of Minas Gerais. The methodology of multicriteria analysis, was applied according to literature proposals. In the first stage, the database was prepared with the units of analysis (lithologic components, geomorphological aspects, soils, climatic influence (rainfall), native vegetation with predominant cover), followed by the identification of the formation components of each unit and the attribution of vulnerability values to each component. Subsequently, the individual component values were cross-checked to obtain representative weights for each unit of analysis. Then, the weights obtained for the analysis units were crossed, resulting in erosive vulnerability to the river basin. The results are: high erosive vulnerability (23.43%), medium erosive vulnerability (27.72%), low erosive vulnerability (31.50%), very low erosive vulnerability (17.34%).

Keywords: Soil erosion; Analysis units; Multicriteria analysis.

Introdução

A erosão dos solos é um indicador de degradação do ambiente, é resultado de dinâmicas naturais de evolução do relevo, associadas a práticas antrópicas na exploração de recursos naturais. No Brasil, a erosão é um problema que se intensifica mediante as alterações de uso e exploração dos solos. Estudos indicam evolução acelerada de processos erosivos em diferentes regiões do território nacional, eventos que causam prejuízos econômicos e ambientais (Crepani et al., 2001; Lepsch, 2010; Guerra, 2014).

A análise da vulnerabilidade erosiva, é um recurso que possibilita o conhecimento de indicadores relacionados à ocorrência de eventos que causa desequilíbrios no meio ambiente. Vulnerabilidade, é um termo utilizado para descrever situações vulneráveis em diferentes áreas do conhecimento científico, tem sua origem relacionada a trabalhos que buscam entender causas potenciais de vulnerabilidades sociais e ambientais (Aquino et al, 2017; Carmo e Guizardi, 2018).

Vinculada as questões ambientais, a vulnerabilidade pode ser definida como situação provável em que o ambiente sofre interferência com possíveis alterações ou transformações do meio físico. As ações antrópicas, são vistas como potencializadoras de vulnerabilidades, considerando o uso, a apropriação e a exploração de recursos naturais de forma desordenada (Veyret e Richemond, 2007).

A vulnerabilidade erosiva, é discutida como fator potencial a perda de camadas superficiais do meio físico (solos). Tem influência de variáveis naturais (declividade e chuvas), impulsionadas por atividades humanas que alteram o ambiente. É um indicador relacionado a evolução de processos erosivos, considera cenários atuais e projeções futuras com a possível alteração da cobertura vegetal, e a exploração dos solos em projetos voltados às atividades econômicas e produtivas (Crepani et al., 2001; Botelho e Silva 2014).

Abordado questões relacionadas a erosão, Tôsto et al., (2013) observam os impactos ambientais decorrentes dela, um agravante natural que causa prejuízos econômicos. O zoneamento ambiental da erosão é citado como instrumento que possibilita conhecer a área erodida e seus aspectos. Porto (2010) enfatiza a importância de fatores endógenos e exógenos condicionados ao intemperismo, os minerais que compõem o solo e as formas de relevo, fatores que podem influenciar de forma direta ou indireta à processos erosivos.

Existe metodologias que buscam entender as dinâmicas ambientais que envolvem questões relacionadas a vulnerabilidade erosiva. Crepani et al., (2001) propõem o uso de recursos do sistema de informação geográfica (SIG) e o geoprocessamento [...] como uma das alternativas para o conhecimento de indicadores relacionados a perda de solos.

O uso de recursos e ferramentas do SIG, e o geoprocessamento, possibilitam a compreensão de situações do ambiente em áreas centrais e regiões marginalizadas, trazem repostas a questões ambientais que precisam ser compreendidas e superadas. Favorece a trabalhos de planejamento, gerenciamento e a tomada de decisões em projetos que buscam recuperar ou minimizar processos degradantes (Santos e Martins, 2018; Macedo et al., 2018).

Mediante problemas relacionados a erosão e a degradação ambiental, a bacia hidrográfica é utilizada como espaço naturalmente delimitado que possibilita a gestão e o desenvolvimento de pesquisas e projetos voltados para o entendimento, e o uso de técnicas que buscam minimizar a ocorrência de processos erosivos e a degradação (Cunha e Guerra, 2010; Macatto e Silveira, 2016; Joia et al., 2018; Masullo et al., 2019).

O uso e a ocupação do solo, associado a adoção de práticas agrícolas, florestais ou pastoris de forma não adequada contribui para a degradação do meio ambiente. É necessário o desenvolvimento de projetos, e o planejamento de atividades considerando as particularidades do meio físico. A adoção de técnicas conservacionista, é uma alternativa para minimizar possíveis desequilíbrios relacionados ao uso e exploração da terra (Salomão, 2007; Lepsch, 2010).

A partir do contexto apresentado, esse trabalho teve como objetivo analisar a vulnerabilidade erosiva para a Bacia Hidrográfica de Ribeirão Conquistinha (BHRC) no Oeste de Minas Gerais, com uso do geoprocessamento e ferramentas do sistema de informação geográfica.

A análise da vulnerabilidade erosiva para a BHRC, foi projetada considerando as práticas predominantes no território. No local, é comum a identificação de incisões erosivas e vestígios de araste superficial dos solos em áreas de exploração agropastoris. Em trabalhos específicos sobre questões ambientais no Conquistinha (Silva *et al*., 2014; Machado *et al*., 2016; Oliveira e Abdala, 2016) chamam atenção sobre a possível degradação do meio ambiente local, sendo o uso e ocupação do solo um dos principais agravantes do ambiente.

Considerando a importância ambiental, produtiva e econômica da BHRC para os municípios de Delta, e Uberaba em Minas Gerais, mesorregião geográfica do Triangulo Mineiro e Alto Paranaíba, o estudo sobre a vulnerabilidade erosiva traz contribuições para reavaliação de práticas desenvolvidas no território. É possível a adoção de medidas que podem evitar ou minimizar a erosão e a degradação do meio ambiente local.

Material e métodos

Área de estudo

A BHRC é constituída por terras dos municípios de Delta e Uberaba (figura 1), tem área aproximada em 235.2 km². Está inserida em região geográfica que apresenta cadeia produtiva vinculada ao setor do agronegócio, é recortada por

vias federais BR 050 e BR 262, via estadual MG 464 e pela Ferrovia Centro Atlântica (FCA).

O município Delta tem tradição produtiva em lavouras de cana-de-açúcar, para o ano de 2017, teve produção média de 419.040 toneladas, área plantada de 5.238ha, rendimento de 80.000 kg/ha (IBGE, 2017). Uberaba se destaca na produção de cana-de-açúcar, soja, bata, milho e demais culturas anuais. Para 2017, foi calculado produção média de 6.768.000 toneladas de cana-de-açúcar, área plantada de 75.200ha, com rendimento produtivo de 90.000 kg/ha (IBGE, 2017).

O principal curso d'água que drena a área de abrangência da BHRC, é o Ribeirão Conquistinha que dá nome a própria bacia, o mesmo recebe águas de contribuição de canais e tributários que drena a região. A bacia do Conquistinha faz parte da bacia hidrográfica do Rio Grande.

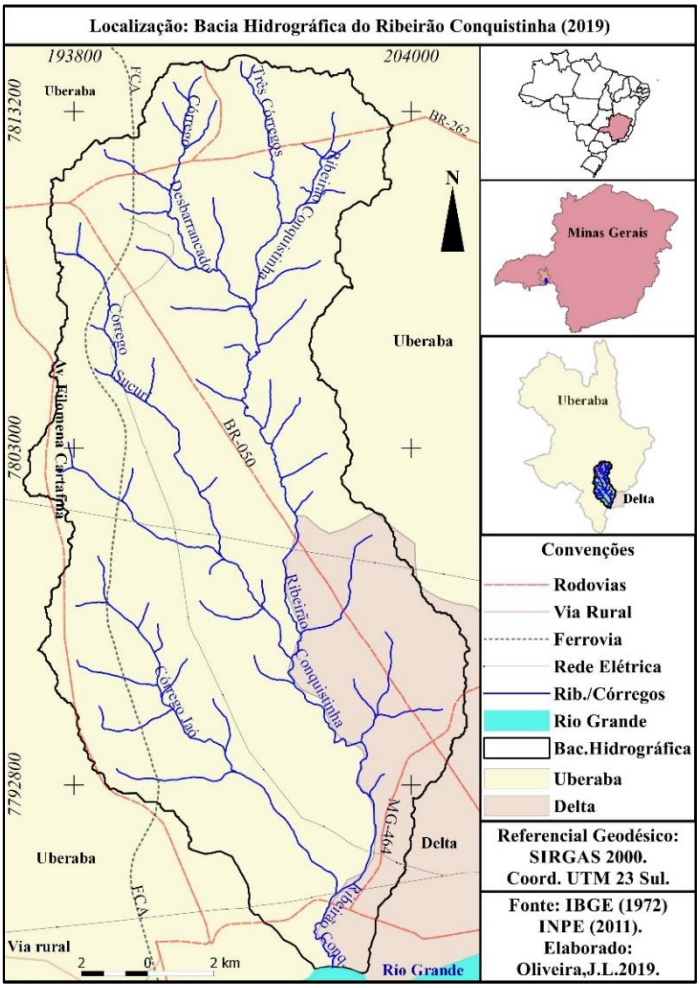

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

Procedimentos metodológicos

A análise da vulnerabilidade erosiva para a BHRC, teve como suporte metodológico técnicas contidas na proposta de Crepani et al., (2001). A metodologia parte do conceito de Ecodinâmica de Tricart, 1977, possibilita a obtenção média de 21 valores empíricos de vulnerabilidade, em escala definida com intervalos entre 1 e 3 (figura 2), representa aspectos de estabilidade ou instabilidade. Valores mais próximos de 1 representa menor vulnerabilidade, valores próximos a 3 têm maior vulnerabilidade.

Foi utilizada a metodologia de análise multicritérios para cruzamento de variáveis, e a identificação da vulnerabilidade erosiva que envolve a área de estudo. Segundo Moura (2007) a análise multicritério é um procedimento metodológico utilizado no geoprocessamento, baseia-se na lógica de composição de um SIG. Possibilita a representação ou caracterização de um fenômeno utilizando diferentes variáveis ou planos de informação.

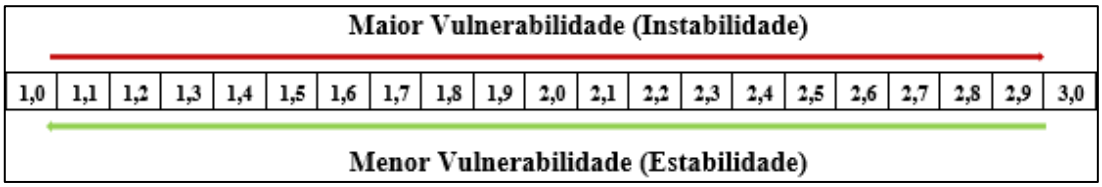

Figura 2 - Escala de vulnerabilidade e valores empíricos de acordo com a metodologia citada.
Fonte - Modificado de Crepani et al., 2001.

A partir do entendimento sobre as metodologias citadas, foi adquirido um conjunto de materiais (quadro 1) que possibilitaram o desenvolvimento da pesquisa. Foi realizado levantamento bibliográfico, visitas a campo, observação de imagens de satélites e o mapeamento com o uso do Quantum Gis 2.18 (Qgis), Software livre de código aberto.

Quadro 1 – Materiais adquiridos para o desenvolvimento da pesquisa.
Organizado – Autores, 2019.

Fonte	Material	Método de análise	Produto gerado
INPE (2011).	Modelo digital de elevação (MDE), 90m.	Topografia, reclassificação. Proposta Embrapa (2018), Crepani et al., (2001).	Mapa declividade
			Mapa hipsometria.
IBGE (2003).	Mapa regional geomorfologia (1:250.000).	Recorte classificação e reclassificação dos componentes, vetorização e rasterização.	Mapa densidade de drenagem.
IBGE (2003).	Mapa regional solos (1:250.000).	Recorte classificação e reclassificação dos componentes, vetorização e rasterização.	Mapa de solos.
CODEMIG (2017).	Mapa regional Geologia (1:100.000)	Recorte classificação e reclassificação dos componentes, vetorização e rasterização.	Mapa Geologia.
Google Earth Pro (2017).	Imagem de alta resolução, área de estudo, resolução 4.800x2.843.	Chave de interpretação Vetorização em tela, vetorização e rasterização.	Mapa de vegetação nativa e cobertura predominante.
INMET	Dados pluviométricos.	Interpolação de dados no Qgis, método IDW.	Mapa pluviométrico.

Processamento de dados

Em primeiro momento foi realizado a análise individual das unidades de análise (componentes litológicos (geologia), aspectos geomorfológicos (densidade de drenagem, hipsometria e declividade), solos, influências climáticas (chuvas) e vegetação nativa com cobertura predominante). Foi Realizado a identificação de cada componente formador das unidades e seus valores de vulnerabilidade, seguido do cruzamento das informações (vulnerabilidade), com a obtenção do peso à cada unidade de análise.

Componentes Litológicos (geologia): a vulnerabilidade para geologia é resultado da avaliação de arquivo vetorial com recorte sobre o mapa de geologia regional (CODEMIG, 2017), e os componentes individuais (tipos de rochas) que formam a base estrutural da bacia (tabela 1).

A partir da aquisição do arquivo vetorial, foi realizado a importação do mesmo para o projeto no Qgis, seguido de reprojeção do vetor para o sistema SIRGAS 2000, coordenadas UTM 23 Sul. Foi realizado o recorte da poligonal referente a BHRC, utilizando os comandos Vetor – geoprocessamento – cortar, barra de ferramentas do Qgis. Em seguida, analisou-se as informações do arquivo na tabela de atributos com o cálculo da área de cada polígono representando os componentes formadores da unidade a partir da calculadora de campo.

De acordo com Crepani et al., (2001) os valores de vulnerabilidade atribuídos aos componentes litológicos são resultados de análises sobre a constituição mineral e a reação dos mesmos a presença da água como agente do intemperismo.

Tabela 1 - Identificação das rochas predominantes e valor de vulnerabilidade.
Fonte – Modificado Crepani et al., 2001.

Unidade de análise	Rochas predominantes	Área Ocupada	Percentual	Valor vulnerabilidade
Litologia	Basalto	195.4 km²	93,04%	1,5
	Arenito	34.4 km²	14,62%	2,4
	Aluvio	5.4 km²	2,32%	3,0

Aspectos Geomorfológicos: a definição dos valores de vulnerabilidade para os aspectos geomorfológicos foi resultado de análise sobre índices morfométricos da bacia (tabela 2). O nível de densidade de drenagem tem relação com a porosidade e permeabilidade do solo e da rocha. Quanto menor a permeabilidade, maior a possibilidade de acúmulo das águas pluviais que se deslocam vertente abaixo, maior a vulnerabilidade à desgastes na superfície.

As informações da densidade de drenagem foram obtidas a partir da análise do arquivo vetorial (Geomorfologia) disponibilizado pelo IBGE (2003), no qual, consta a descrição do tipo de relevo e das formas predominantes na paisagem.

A amplitude altimétrica tem relação com a dissecação do relevo, é indicador de energia potencial no ambiente. Quanto maior o gradiente topográfico, maior a capacidade de arraste pelas águas pluviais em seu deslocamento (maior vulnerabilidade).

A declividade tem relação com a transformação da energia potencial em energia cinética, envolve a velocidade de massas de água em movimento na superfície, contribui para o transporte de materiais. Quanto maior a inclinação do relevo, maior a vulnerabilidade a perda de solo (Crepani et al., 2001).

As informações sobre a hipsometria e a declividade, foram obtidas a partir da importação do arquivo matricial (INPE, 2011) para o projeto no Qgis, seguido da reprojeção do raster para o sistema SIRGAS 2000, coordenadas UTM 23 Sul. O arquivo foi recortado a partir da poligonal bacia (vetor), comando raster – extração – cortar. As cotas topográficas foram obtidas a partir do comando r.recode, complemento Grass Gis. A declividade foi processada nos comandos Gdal – analysis – slop, barras de ferramentas do Qgis.

Tabela 2 – Indicadores aspectos geomorfológicos e valores de vulnerabilidade.
Organizado – Autores, 2019. * Modificado Crepani et al., 2001.

Unidade	Classe/Intervalo	Área	Porcentagem	*Vulnerabilidade
Densidade de Drenagem	Muito baixa	69.40 km²	29,50%	1,0
	Baixa	88.55 km²	37,65%	1,4
	Média	77.25 km²	32,84%	1,7
Hipsometria	< 791 m	15.78 km²	6,71%	2,1
	741 a 791 m	33.61 km²	14,29%	1,8
	691 a 741 m	45.29 km²	19,26%	1,6
	641 a 691 m	49.27 km²	20,95%	1,4
	591 a 641 m	37.02 km²	15,74%	1,3
	541 a 591 m	32.50 km²	13,82%	1,2
	491 a 541 m	21.63 km²	9,20%	1,0
Declividade	Plano (0-3%)	36.8 km²	15,6%	1,0
	Suave ondulado (3-8%)	132.0 km²	56,1%	1,3
	Ondulado (8-20%)	64.5 km²	27,4%	2,0
	Forte ondulado (20-45%)	1.9 km²	0,8%	2,5

A vulnerabilidade dos aspectos geomorfológicos é resultado do cruzamento dos pesos representando as variáveis morfométricas. O processamento das informações foi realizado na Calculadora raster com o uso de equação empírica (Eq.1), de acordo com o exposto:

$$R = \underline{(A*p+N*p+D*p)} \qquad (1)$$

Onde:

R = Vulnerabilidade para a geomorfologia
A = Amplitude altimétrica.
N = Nível de densidade da drenagem.
D = Classes de declividade.
p= peso individual das unidades.

Solos predominantes: o processamento sobre os tipos de solos para a BHRC, é resultado de

informações contidas na base de dados nacional disponibilizada pelo IBGE (2003), junto a informações extraídas do mapa de levantamento de solos para o Triângulo Mineiro realizado pela EPAMIG e EMBRAPA no ano de 1980. Ambas as informações foram associadas aos dados geológicos e geomorfológicos a partir do entendimento de Oliveira, (2012). Foi realizado recorte sobre a área de abrangência da bacia, com a análise das classes de solos predominantes, seguido da atribuição dos valores de vulnerabilidade para cada classe a partir da tabela de atributos no Qgis (tabela 3).

Tabela 3 - classes de solos predominantes e valores de vulnerabilidade.
Fonte – IBGE, 2003. [1]EMBRAPA, 2018. [2]CREPANI et al., 2001.

Unidade	[1]Classes predominantes	Área	Percentual	[2]Vulnerabilidade
Solos	LVdf -Latossolos Vermelho Distroférrico	81.73 km²	34,75%	1,0
	LVef -Latossolos Vermelho Eutroférrico	106.20 km²	45,15%	1,0
	LVd -Latossolos Vermelho Distrófico	33.90 km²	14,14%	1,0
	GXbe -Gleissolos Háplicos tb Eutróficos	13.38 km²	5,69%	3,0

Influências climáticas (chuvas): os indicadores de vulnerabilidade para a precipitação, é resultado da interpolação de dados sobre índices de chuvas (média anual) de municípios inseridos na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Informações obtidas de planilha disponibilizada pelo INMET, composta por indicadores de chuva dos últimos 30 anos corridos (quadro 2).

Foi realizado a concatenação das coordenadas centrais dos municípios que apresentam dados consolidados na área de influência da bacia. As informações sobre os índices de chuvas foram exportadas de tabela no Excel para o Qgis. Em primeiro momento o arquivo foi salvo em formato CSV, separado por virgula, e indicadores dos campos x como W e campo y como S, coordenadas GSM e a definição do sistema de coordenadas para área de pesquisa. Realizou-se a interpolação dos pontos com o método IDW e a reprojeção do sistema de coordenadas para o sistema plano. Comandos raster – interpolação – interpolação – camadas vetoriais – atributo interpolação – método IDW – definir plano e execução atual – salvar arquivo (Qgis).

Quadro 2 - Identificação de municípios e índice médio de precipitação.
Fonte – INMET, 2010, (MÉDIA 1981-2010). Organização - Autores, 2019.

ID	Código estação	Nome	Coordenadas -S	Coordenadas -W	Precipitação acumulada
1	83579	Araxá	- 19 33 60.00	- 46 55 60.00	1554,2 mm
3	83577	Uberaba	- 19 44 12.54	- 47 56 56.66	1636,7 mm
4	83527	Uberlândia	-18 55 1.66	- 48 15 19.25	1606,1 mm
5	83574	Frutal	- 20 2 9.19	- 48 55 9.29	1473,5 mm
6	83521	Ituiutaba	- 18 58 31.42	- 49 27 38.10	1422,2 mm

Vegetação nativa com cobertura predominante: as informações sobre a unidade vegetação nativa e cobertura predominante, foram obtidas a partir do uso das imagens espaciais disponibilizadas pelo Google Earth-Pro (*CNES/Astrium*) com resolução de 4.800 x 2.843, salvas em formato JPEG.

Foram obtidas quatro cenas com a mesma escala, recobrindo a área de estudo. Por não possuírem um sistema de referência as imagens foram processadas e unificadas através da composição de um mosaico no Qgis, em segundo memento foi realizado o georreferenciamento. A imagem georreferenciada foi salva em formato GeoTiff e reprojetada para o Datum SIRGAS 2000, sistema de coordenadas UTM – Zona 23 Sul.

Após o georreferenciamento, foi realizado a vetorização manual utilizando a ferramenta alternar edição – adicionar feição do Qgis com o método de interpretação visual em tela. Como suporte técnico de identificação utilizou-se a chave de interpretação de imagens (Novo e Ponzoni, 2001). As referências para a vetorização e classificação das classes vegetação nativa e cobertura predominante, foram extraídas do Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE, 3ª edição ano 2013.

Após a confecção do arquivo em formato vetorial, foi realizado a análise referente a área de abrangência e o percentual de ocupação de cada classe na calculadora de campo. O arquivo vetorial foi convertido para o formato raster, seguido de reclassificação com a fixação dos valores de vulnerabilidade à cada classe, (tabela 4).

Tabela 4 - Classes vegetação nativa e cobertura predominante e valores de vulnerabilidade BHRC. Organização – Autores, 2019. *Crepani et al., 2001.

Unidade de análise	Classes de uso	Área	Percentual	*Vulnerabilidade
Vegetação Nativa e Cobertura predominante	V. ciliar/Área úmida	24,79 km²	10,53%	1.0
	Cerrado/Cerradão	14,43 km²	5,28%	1.1
	Cultura anual	25,03 km²	10,64%	2.9
	Cana-de-açúcar	92,18 km²	39,19%	2.9
	Pastagem	63,81 km²	27,13%	2.9
	Área urbana	16,9 km²	7,18%	2.9

Processamento final da vulnerabilidade erosiva: após a análise individual das unidades de análise (componentes litológicos (geologia), aspectos geomorfológicos (densidade de drenagem, hipsometria e declividade), solos, influências climáticas (chuvas) e vegetação nativa com cobertura predominante), foi realizado o cruzamento dos pesos por meio da metodologia de análise multicritério (Moura, 2007).

A média ponderada entre os valores de vulnerabilidade dos componentes contidos nas unidades de análise, formaram o valor do peso de cada unidade analisada. O processamento final das informações foi realizado na Calculadora raster com o uso de equação empírica (Eq. 2), processo de acordo com o exposto:

$$V = \underline{(L*p+G*p+S*p+N*p+C*p)} \qquad (2)$$

Onde:

V = Vulnerabilidade.
L = Vulnerabilidade componentes litológicos.
G = Vulnerabilidade os aspectos geomorfológicos.
S = Vulnerabilidade solos.
N = Vulnerabilidade vegetação nativa e cobertura predominante.
C = Vulnerabilidade para influências climáticas.
p= peso médio de cada unidade de análise.

Considerando que os produtos cartográficos adquiridos apresentam diferentes escalas, foi realizado adequações de dados na base raster com valor de pixel para 30m. Segundo Moura (2007) para ser possível o cruzamento de dados os planos de informação deverão apresentar a mesma resolução, ainda que suas elaborações tenham sido realizadas em outras resoluções.

Resultados

Componentes litológicos (geologia)

A região do Triângulo Mineiro em que está inserida a BHRC, apresenta embasamento estrutural formado por rochas Pré-cambrianas. Faz parte da Bacia Sedimentar do Paraná, porção Nordeste com unidades estratigráficas dos grupos São Bento e Bauru. O primeiro é composto por arenitos da Formação Botucatu e Basaltos da Formação Serra Geral, o segundo tem componentes da Formação Adamantina, Formação Uberaba e Formação Marilia (CODEMIG, 2017).

Existe três tipos predominantes de componentes litológicos para a BHRC (figura 3). As rochas basálticas (Formação Serra Geral), ocorrem em 83,04% do território. Os arenitos (Formação Uberaba), predominam em 14,62%, seguido de formação aluvionar (materiais inconsolidados) que ocupam 2,32% da bacia.

Diante do exposto, a unidade de análise componentes litológicos apresenta grau de vulnerabilidade entre mediamente estável e moderadamente vulnerável com valor 2,3 na escala de vulnerabilidade, de acordo com a metodologia adota para a pesquisa. O gráfico 1 apresenta o percentual das rochas predominantes na BHRC.

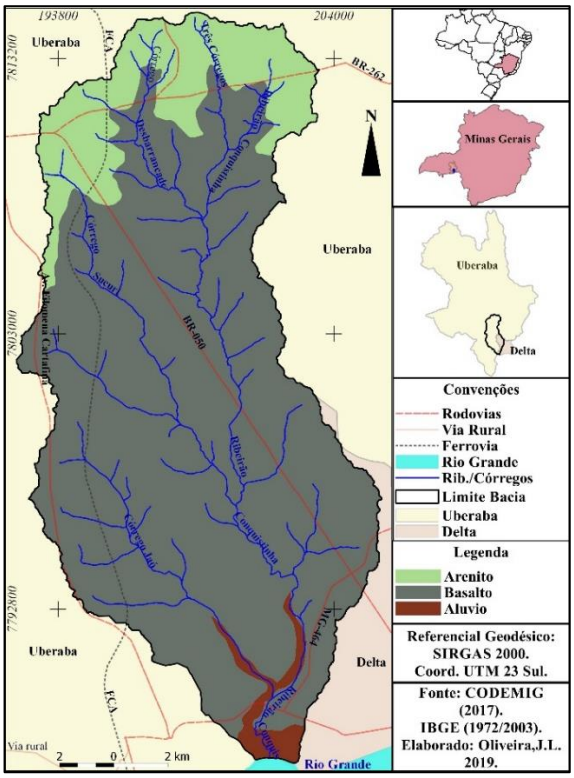

Figura 3 – Mapa de componentes litológicos.

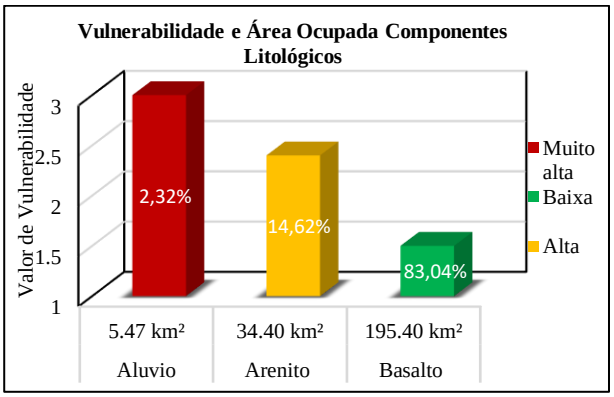

Gráfico 1 – Indicadores de vulnerabilidade componentes litológicos.

Aspectos geomorfológicos

A geomorfologia traz informações sobre as formas do relevo, apresenta indicadores da dinâmica do ambiente e a disponibilidade de energias que contribui para a transformação da paisagem. A dissecação do relevo pela drenagem, a amplitude altimétrica e a declividade compõem parte dos índices morfométricos que contribui para o entendimento sobre as vulnerabilidades naturais relacionadas a geomorfologia (Crepani et al., 2001).

Considerando a análise sobre os índices morfométricos, a BHRC apresenta três situações que retrata o comportamento das drenagens no território: média densidade de drenagem, baixa densidade de drenagem e a muito baixa densidade de drenagem. Tem gradiente topográfico de aproximadamente 360m, distribuídos entre cotas altimétricas de 491 a 851m. Apresenta percentual de declividade entre 0% e 45%, de acordo com a classificação da Embrapa (2018). Prevalece relevo plano, suave ondulado e o ondulado em menor proporção.

A análise entre os componentes que formam as unidades morfométricas contribuiu para o entendimento sobre índices de vulnerabilidade dos aspectos geomorfológicos local (figura 4). A alta vulnerabilidade ocorre em ambientes com dinâmica de relevo e declividade entre 0% e 45%, predominam nas bordas da extensão Norte da bacia.

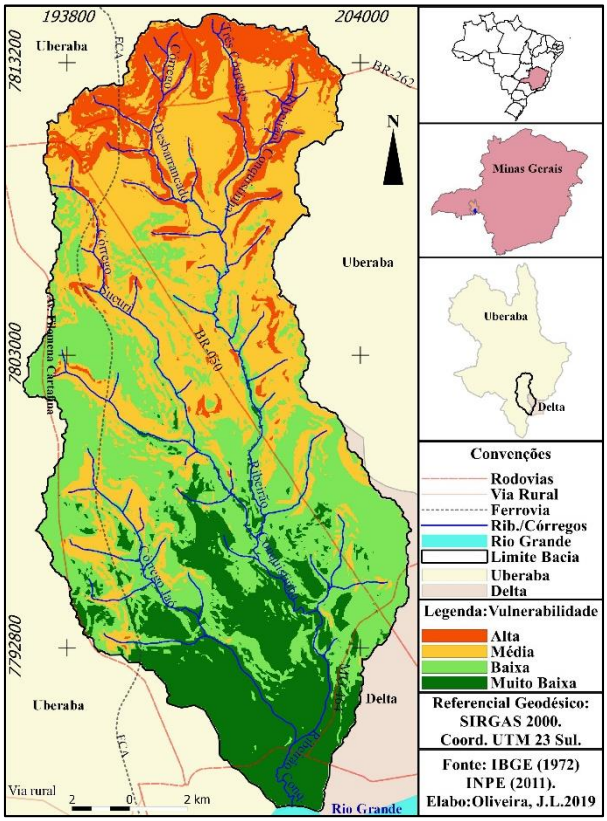

Figura 4 – Mapa de aspectos geomorfologicos

A média vulnerabilidade prevalece do Centro ao Leste sentido Nordeste, há influência do relevo ondulado com declividade média de 8% a 20%. A baixa e a muito baixa vulnerabilidade ocorrem em locais com predomínio de relevos plano e suave ondulado, tem declividade de 0% a 8%, é comum do médio ao baixo curso do Ribeirão Conquistinha e tributários sentido o Rio Grande.

Os locais que prevalecem indicadores de alta vulnerabilidade na extensão Norte da BHRC, têm maior suscetibilidade a ocorrência de processos erosivos, é a faixa territorial que representa maior instabilidade de acordo com a dinâmica do relevo (geomorfologia). Para Ross (2009) o conhecimento

das formas do relevo e sua classificação possibilita o desenvolvimento de atividades econômicas e produtivas, promovem a ocupação de terras e possíveis alterações no ambiente.

Solos predominantes

A BHRC apresenta domínio de duas classes de solos, o Latossolos e o Gleissolos. Latossolos, é constituído por material mineral que apresenta horizonte B litossólico, são bem drenados, considerados como velhos ou maduros. Solos bem desenvolvidos que possibilitam a permeabilidade da água e do ar, contém alto percentual de argila, sendo porosos, friáveis e de baixa plasticidade, tem sua ocorrência associada a regiões com topografias suave (Crepani et al., 2001; EMBRAPA, 2018).

Para a BHRC, o Latossolos ocorre em 94,30% da área (figura 5), sendo: o Latossolos Vermelho Distróficos em 14,41% do território, áreas de influência do alto curso do Ribeirão Conquistinha, Três Córregos, Córrego Sucuri e Córrego Desbarrancado. O Latossolos Vermelho Distroférricos, é comum em 34,75%, prevalece nas intermediações do médio ao baixo curso do Ribeirão Conquistinha e tributários. O Latossolos Vermelho Eutroférricos, está presente em 45,15%, compreende as áreas marginais e proximidades dos cursos hídricos nas extensões do alto ao médio curso do ribeirão Conquistinha e afluentes do alto a médio curso do Córrego Jaó.

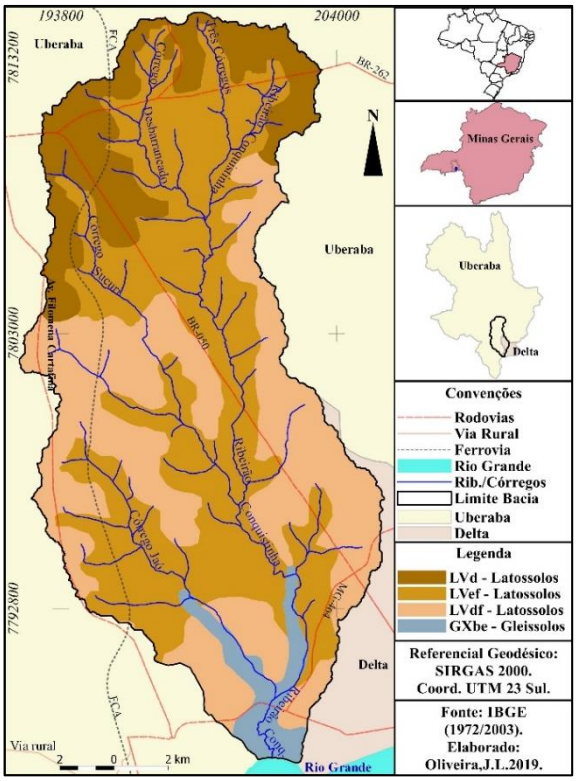

Figura 5 – Classes de solos predominantes.

Segundo a EMBRAPA (2018) o Gleissolos apresenta hidromorfia expressa por forte gleização, resultante de processos de intensa redução de compostos de ferro em presença de matéria orgânica com ou sem alternância de oxidação por efeito de flutuação de nível do lençol freático.

Na BHRC, o Gleissolos ocorre em locais de confluência entre o Córrego Jaó e o ribeirão Conquistinha sentido o Rio Grande, áreas com características de várzea, têm domínio de relevo plano, corresponde a 5,69% da área analisada.

A unidade de análise solos é classificada como unidade estável e moderadamente estável, decorrente da predominância dos Latossolos que apresenta baixo valor de vulnerabilidade erosiva, sendo 1,5 de acordo com a metodológica adotada para o desenvolvimento da pesquisa (gráfico 2).

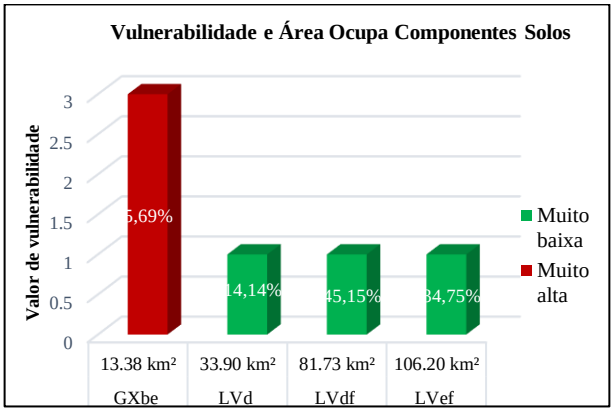

Gráfico 2 – indicadores de vulnerabilidade para solos.

Influências climáticas (chuvas)

O tipo climático que envolve a área da BHRC pode ser classificado como Clima Tropical do Brasil Central, tem estações definidas entre verão quente e úmido e inverno frio e seco. É comum períodos de estiagem durante os meses de abril a setembro e chuvas distribuídas de outubro a março. Estudos locais e regional relacionam o clima da região ao tipo Aw segundo a classificação internacional de Koppen, tem médias pluviométricas anuais entre 1.000 mm e 1.700 mm (Novais, 2011).

A chuva, fator climático integrado ao desenvolvimento da pesquisa. Analisamos os índices pluviométricos de áreas que influenciam a bacia. A partir de dados do INMET referentes a normal climática do Brasil, anos 1980 a 2010, foi realizado recorte com obtenção dos índices de precipitação (chuva) para a região (figura 6). A BHRC está envolvida em área que apresenta pluviometria aproximada (média chuva) de 1.600 mm a 1.636 mm anual.

Os números de chuvas foram extraídos da planilha com informações sobre as estações pluviométricas dos municípios de Araxá, Uberlândia, Uberaba, Ituiutaba e Frutal, considerando que não foram identificadas estações dentro da área da bacia com dados consolidados em período equivalente a 30 anos.

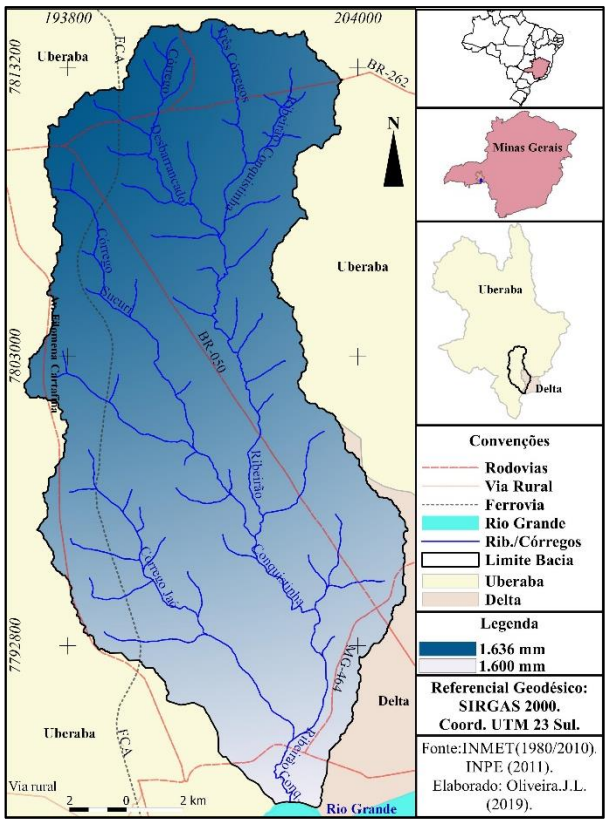

Figura 6 – Mapa índices pluviométricos (chuva).

A unidade influências climáticas (chuvas) apresenta valor médio de vulnerabilidade. Se classifica como unidade mediamente estável vulnerável com grau de vulnerabilidade 1,9 (quadro 3). Situação intermediaria frente aos processos de desgaste superficial (erosão).

Quadro 3 – Índice de chuvas e vulnerabilidade.
Fonte – Autores, 2019.

Pluviosidade (mm)	Duração (meses)	Intensidade Mínima Máxima	Peso
1.600 a 1.635	6 a 9	177 mm 272 mm	1,9

A influência dessa unidade para o desencadeamento de processos erosivos pode ser associada a cobertura vegetal, dinâmica do relevo e as formas de uso e ocupação do solo para a BHRC.

De acordo com Crepani et al., (2001) a chuva tem relação direta com os processos de intemperismo químico e físico das rochas, sendo a água um agente transformador do ambiente no decorrer do tempo, contribui para a morfogênese ou pedogênese de acordo com as características de formação das vertentes.

Vegetação nativa e cobertura predominante

A BHRC apresenta testemunhos de vegetação natural com características do bioma Cerrado. A vegetal nativa foi alterada em sucessivos processos de exploração do solo e da própria cobertura vegetal como recurso econômico. Neves (1977) destaca que o desbravamento das Florestas e Cerrados no Estado de Minas Gerais ocorreram em décadas, impulsionado pelo consumo do carvão vegetal na indústria siderúrgica, sucedido em parte pela expansão da fronteira agrícola em 1975.

A BHRC tem 15,81% de área recoberta por algum tipo de vegetação natural ou exótica em diferentes estágios de desenvolvimento. As áreas identificadas como Cerrado e Cerradão correspondem a 5,28% do território (figura 7). A área úmida e a vegetação ciliar ocorrem em 10,53%, é composta por áreas de preservação permanente em diferentes níveis de conservação.

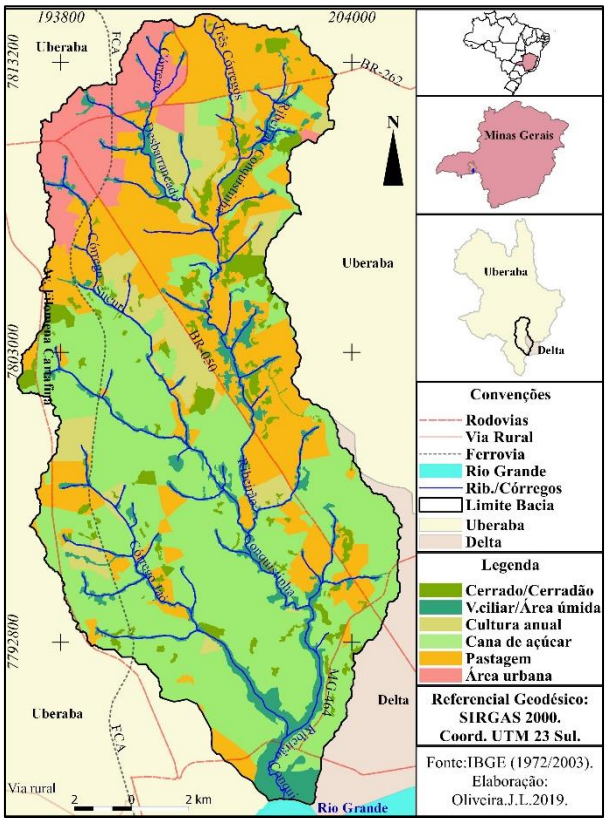

Figura 7 – Mapa de vegetação nativa com cobertura predominante.

Nas áreas de Cerrado e Cerradão foram identificadas espécies com: Aroeira (*Myracrodruon*

urundeuva), Pau terra (*Qualea grandiflora*), Pau de óleo (*Copaifera langsdorffii*), Lixeira (*Curatella americana L.*), Jacarandá do cerrado (*Dalbergia miscolobium*), Angico (*Anadenanthera falcata*), chapadinha (*Acosmium subelegans*), Mãmica de porca (*Zanthoxylum riedelianum*), Pombeiro (*Tapirira obtusa*) e Pimenta de macaco (*Xylopia aromatica*), Taxonomia de acordo com Lorenzi (2008).

A classe área urbana, ocorre em 7,18% da bacia, está localizada nas cabeceiras dos Córregos Desbarrancado, Sucuri, alto curso do ribeirão Três Córregos e ribeirão Conquistinha. Corresponde em parte a zona de transição Urbana/Rural da cidade de Uberaba. As atividades agropastoris recobrem 76,96% da bacia. A monocultura de cana-de-açúcar se destaca ocupando 39,19% do território, seguida por áreas de pastagens 27,13%.

Segundo análise individual, a unidade vegetação nativa com cobertura predominante apresenta nível de vulnerável a mediamente vulnerável, têm os indicadores de vulnerabilidade mais elevados para a bacia (gráfico 3).

Os índices identificados têm influência dos componentes pastagem, ocupação urbana, culturas anuais e cana de açúcar, atividades antrópicas desenvolvidas no território que ocupam mais de 84% da bacia, se classificam com valores de muito alta vulnerabilidade erosivas de acordo com a metodologia adotada.

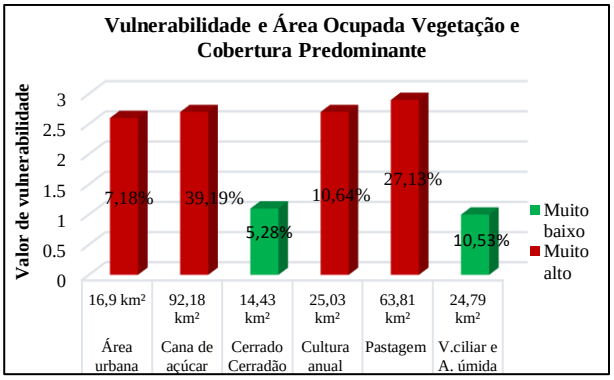

Gráfico 3 – indicadores de vulnerabilidade vegetação nativa e cobertura predominante.

Vulnerabilidade Erosiva

A vulnerabilidade erosiva, é o resultado do cruzamento de dados sobre a vulnerabilidade individual das unidades de análise apresentadas anteriormente. Foi aplicada a metodologia de análise multicritério. O cruzamento final foi realizado de acordo com o exposto:

$$V = (L*2,3+G*1,5+S*1,5+N*2,3+C*1,9)$$

Onde:

V = Vulnerabilidade erosiva.

L = Vulnerabilidade (peso) individual componentes litológicos (geologia).

G = Vulnerabilidade (peso) individual aspectos geomorfológicos.

S = Vulnerabilidade (peso) individual solos predominantes.

N = Vulnerabilidade (peso) individual vegetação nativa e cobertura predominante.

C = Vulnerabilidade (peso) individual influências climáticas (chuvas).

Considerado a média ponderada entre os valores representados na equação, o valor de vulnerabilidade final para a área analisada é aproximadamente 1,9, sendo *V = 1,9*. Porém, deve-se considerar que não se trata de equação direta com um resultado em tela, mas sim um cruzamento entre arquivos matriciais (unidades de análise) com seus respectivos pesos (vulnerabilidades). Sendo assim o resultado é apresentado de forma heterogênea de acordo com a resposta obtida no software QGIS.

A BHRC apresenta situações distintas de vulnerabilidades em escala que varia de alta a muito baixa vulnerabilidade erosiva de acordo com a metodologia aplicada (figura 8).

A Alta vulnerabilidade erosiva ocupa área correspondente a 55.13km², representam 23,43% do território. Prevalecem em áreas de cabeceiras que correspondem a região Norte da bacia, sentido Norte – Noroeste com manchas distribuídas na porção Centro Leste – Leste – Nordeste, local que abriga nascentes e olhos d'água.

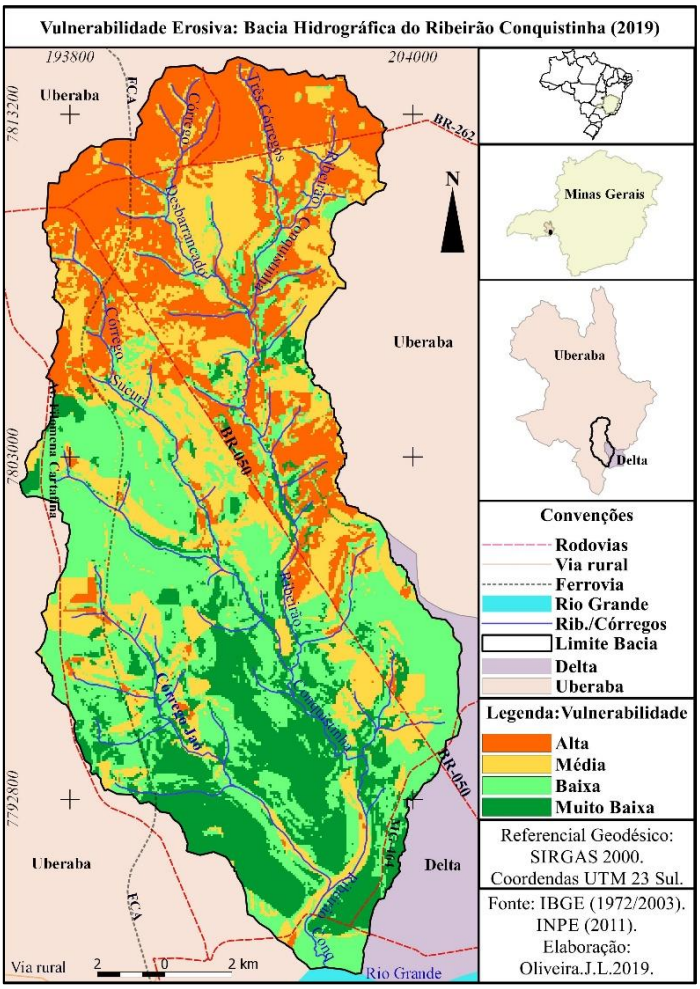

Figura 8 : Mapa de vulnerabilidade erosiva bacia hidrográfica do ribeirão Conquistinha.

A média vulnerabilidade, ocupa área correspondente a 65.21km², representa 27,71%, predomina em zonas do alto ao médio curso do Ribeirão Conquistinha e tributários com manchas distribuídas em toda extensão territorial da bacia.

A baixa vulnerabilidade erosiva representa 74.12km², comum em 31,50% do território, predominam do médio ao baixo curso do Conquistinha e tributários. A muito baixa vulnerabilidade erosiva ocupa 40.81km², ocorre em 17,34% da bacia, prevalece do médio ao baixo curso do Ribeirão Conquistinha e afluentes, compreende áreas da bacia que apresentam maior concentração de cobertura vegetal nativa.

O gráfico 4 apresenta as classes de vulnerabilidade identificados na BHRC, área e percentual de ocupação segundo a metodologia aplicada no desenvolvimento da pesquisa.

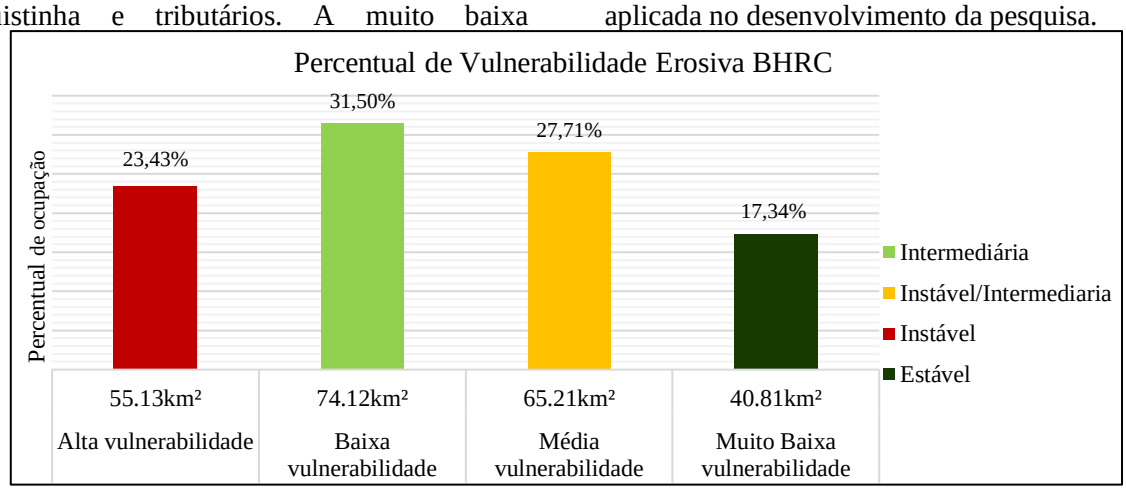

Gráfico 4 – Indicadores e área ocupada por cada classe de vulnerabilidade erosiva para a BHRC.

De acordo com os níveis de vulnerabilidade erosiva identificados para a BHRC, entende-se que a bacia apresenta situação de equilíbrio entre média vulnerabilidade e muito baixa vulnerabilidade, prevalecem em aproximadamente 76% da área total da bacia. Os resultados alcançados dizem respeito ao cruzamento de variáveis especificas de acordo com a situação analisada, os valores de vulnerabilidade podem ser alterados no decorrer do tempo ou com a possível integração de variáveis diferentes das apresentadas.

Discussão

Situações de vulnerabilidades identificadas

Considerando que a análise da vulnerabilidade erosiva em bacias hidrográficas é um recurso que possibilita conhecimento de possíveis eventos causadores de desequilíbrio no meio físico, tendo por base as unidades de análise ou indicadores utilizados para a pesquisa. Os índices de alta vulnerabilidade erosiva para a BHRC, contidos em 23,43% do território, tem contribuição de componentes naturais do ambiente e práticas desenvolvidas no território.

Em análise de campo nas áreas identificadas com alta vulnerabilidade erosiva, foi constatado a ação das águas pluviais em faixas de transição urbana/rural nas cabeiras dos córregos Sucuri, Desbarrancado e proximidades do alto Conquistinha (ver figura 8). Bancos de sedimentos e areia se acumulam em áreas baixas das vertentes.

Na zona rural, foram observadas incisões erosivas em áreas de pastagens (figura 9). Margens ciliares apresentam quebra de ribanceiras, há vestígios de erosão remontante com acúmulo de areia e sedimento em leitos regulares de mananciais. As situações identificadas têm relação com a dinâmica do relevo e as formas de uso e ocupação do solo.

Para Oliveira (2007) as cabeceiras de vale ou cabeceiras de drenagens, se classificam como áreas potenciais a eventos erosivos. Em trabalho sobre vulnerabilidade do ambiente Frota Filho (2016) observa que as cabeceiras de drenagens em vertentes, a declividade, a ausência de cobertura vegetal nativa e a dinâmica de uso da terra, são fatores que influenciam e possibilitam a evolução de processos erosivos.

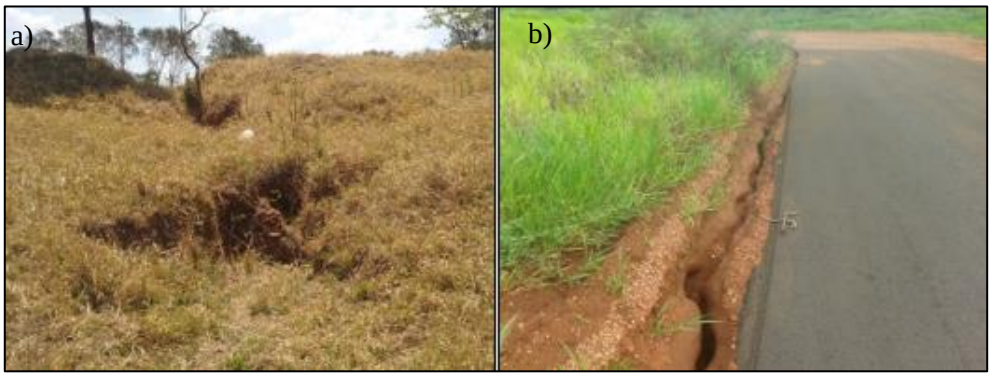

Figura 9 – Vestígios de alta vulnerabilidade, cena a) zona rural, cena b) zona urbana.

Em discussão sobre vulnerabilidade natural em bacia hidrográfica, Lima e Silva (2018) citam o uso do solo e a falta de gestão ambiental como fatores de degradação. Para Magalhães et al., (2014) as atividades que resultam na alteração da cobertura vegetal, impermeabilização do solo e concentração de fluxos das águas pluviais, contribuem para a evolução de processos erosivos. Rodrigues et al., (2018) destaca os aspectos do meio físico (geologia, geomorfologia e solos), associados ao uso e ocupação, como fatores que favorecem a vulnerabilidade a erosão. Em pesquisa sobre a vulnerabilidade natural a perda de solo no município de Silveira Martins – RS, Rovani e Viera (2016) relacionam situações de vulnerabilidade a geologia e a geomorfologia em áreas com inclinação superior a 25°.

Segundo Kohori e Piroli (2018) o uso e a ocupação do solo de forma desordenada contribui para problemas ambientais relacionados a erosão do solo, assoreamento e contaminação de recursos hídricos. Abordando mudanças do uso da terra Trevisan et al, (2018) relatam que mudanças nas formas de uso da terra mesmo em pequenos períodos, podem contribuir para alterações nas paisagens. Os autores destacam a expansão de atividades agrícolas como responsáveis pela transformação das paisagens. Para Fiorese e Leite (2018) o desenvolvimento de práticas voltadas para o manejo do solo podem contribuir para a

conservação do ambiente mesmo em locais que ocorre aumento das áreas de cultivo agrícola.

Diante das situações identificadas no mapa de vulnerabilidade erosiva, nas visitas a campo, e a partir das discussões apresentadas, entende-se que, é necessário a adoção de medidas que possam prevenir ou minimizar os indicadores de alta vulnerabilidades na BHRC. Na zona rural em que predomina atividades agropastoris, é indicado o uso de práticas conservacionistas considerando as características físicas naturais e os tipos de solo.

Alves et al, (2019) enfatizam que, mesmo em áreas com formações naturais propicias ao desenvolvimento de atividades agropecuárias, é necessário o uso de técnicas de conservação do solo. As práticas conservacionistas do solo se classificam em: edáficas, mecânicas e vegetativas (Salomão, 2007; Lepsch, 2010). As indicações direcionadas para BHRC se enquadram nas classes mecânicas e vegetativas.

Nas áreas de expansão urbana, é necessário levantamento sobre as vulnerabilidades ambientais a nível local. Não é indicado o uso de parâmetros técnicos para contenção das águas pluviais, desgaste do solo (erosão) e margens de vias públicas de forma generalizada, tendo em vista a dinâmica ambiental que envolve o território e peculiaridades de cada situação. Tanto na área rural, quanto na área urbana, as áreas de preservação permanente apresentam locais que precisam ser demarcados e revitalizados de acordo com a legislação ambiental, lei federal 12.651 e lei estadual 20.922 (Brasil, 2012; Minas Gerais, 2013).

A média vulnerabilidade erosiva comum em 27,71% da BHRC é um indicador de transição entre ambientes que apresentam baixa vulnerabilidade erosiva e ambientes que integram áreas de alta vulnerabilidade, sinaliza a possível evolução de eventos que podem desestabilizar o meio físico (solos). A constatação desse nível de vulnerabilidade contribui para o planejamento e tomadas de decisões em projetos como os de uso e ocupação do solo, busca por minimizar os efeitos negativos potencializados pela exploração (Fushimi, 2012).

O planejamento de uso e ocupação do solo possibilita a tomada de decisões tanto na zona rural quanto em área urbanizada. Traz informações úteis à projetos de estruturação urbana e na adoção de técnicas conservacionistas em áreas de exploração agropastoril no meio rural (Salomão, 2007; Lepsch, 2010). A ação pode contribuir para minimizar níveis de vulnerabilidades e evitar o desencadeamento de processos erosivos em bacias hidrográficas.

Os indicadores de baixa e muito baixa vulnerabilidade para a BHRC, ocorrem em locais com maior concentração de cobertura vegetal nativa e áreas ciliares em regeneração, tem influência do relevo plano e suave ondulado, ambos contribuem à o equilíbrio do ambiente. Situações observadas nas áreas de confluência do córrego Jaó com o ribeirão Conquistinha e do Conquistinha com o Rio Grande (ver figura 8). Para Cunha e Guerra (2010, p. 359) a cobertura vegetal minimiza a taxa de erosão do solo, possibilita a redução da energia cinética das chuvas através da interceptação e contribui para a estabilidade do teor de agregados dos solos.

Conclusão

De acordo com as unidades de análise envolvidas no desenvolvimento da pesquisa, os indicadores de vulnerabilidades a erosão para a BHRC, apresentam relação entre elementos físicos do meio natural e ações antrópicas.

As unidades de análise componentes litológicos (geologia), aspectos geomorfológicos, vegetação nativa e cobertura predominante apresentam variáveis individuais que contribuem para elevar a vulnerabilidade erosiva da bacia.

A alta vulnerabilidade prevalece na extensão Norte sentido Noroeste da área analisada, localizada entre as coordenadas UTM, *200876 E 7814190 S - 194546 E 7809626 S*.

A média vulnerabilidade ocorre em pontos distribuídos da bacia com maior concentração do Centro Leste ao Nordeste entre as coordenadas UTM, *198442 E 7810989 S - 197398 E 7803624 S.*

A baixa vulnerabilidade é comum do centro ao oeste e sudeste com manchas distribuídas sentido Sul, comum entre as coordenadas UTM, *194235 E 7802828 S - 204858 E 7795424 S.*

A muito baixa vulnerabilidade erosiva predomina na porção Sudoeste e Sul sentido a parte central da bacia entre as coordenadas UTM, *198587 E 7797469 S - 199534 E 7789510 S.*

A aplicação de técnicas contidas na proposta metodológica de Crepani et al., (2001), o uso de ferramentas do sistema de informação geográfica, o geoprocessamento e a metodologia de análise multicritério se mostraram como recurso importantes para análise de vulnerabilidade erosiva.

Os resultados da pesquisa representam um recorte da realidade local, retrata situações do meio ambiente e as vulnerabilidades que são potencializadas no decorrer do tempo.

O estudo traz contribuições para o entendimento sobre a dinâmica ambiental que envolve a BHRC. É ferramenta útil para projetos de zoneamento ambiental e pode contribuir para possível revisão de políticas no planejamento de uso e exploração de recursos ambientais da área analisada.

Agradecimentos

O desenvolvimento da pesquisa contou com o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ. Agradecemos o financiamento.

Referências

Alves, W. S., et al., 2019. Análise do uso da terra, da cobertura vegetal e da moformetria da bacia do Ribeirão Douradinho, no sudoeste de Goiás, Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física [online] 12. Disponível: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/236063 . Acesso: 30 set. 2019.

Aquino, A. R., et al., 2017. Vulnerabilidade ambiental. In: Aquino, A. P., Paletta, F. C., Almeida, J. R. (Org.), Vulnerabilidade Ambiental. Blucher, São Paulo, pp. 15 – 28. Disponível: http://doi.org/10.5151/9788580392425-02

Botelho, R. G. M.; Silva, A. S., 2014. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: Vitte, A. C., Guerra, A. J. T. (Org). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, pp. 153 - 192.

BRASIL, 2012. Lei 12.651, de 25 de maio.

CODEMIG – Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais, 2017. Programa de mapeamento geológico do Estado de Minas Gerais, projeto Triângulo Mineiro. Folhas Uberaba – Igarapava, escala 1:100.000. Belo Horizonte.

Carmo, M. E., Guizardi, F. L., 2018. O conceito de vulnerabilidade e seus sentidos para as políticas públicas de saúde e assistência social. Cadernos de Saúde Pública, v. 34, n. 3, p. 1-14. Disponível: https://doi.org/10.1590/0102-311x00101417

Crepani, E., et al., 2001. Sensoriamento remoto a geoprocessamento aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial, São José dos Campos, 124 p. (INPE-8454-PRQ/722).

Cunha, S. B. da., Guerra, A. J. T., 2010. Degradação Ambiental. In: Guerra, A. J. T., Cunha, S. B. (Org.). Geomorfologia e Meio ambiente, 8ª ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, pp. 337 – 381.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª ed., rev. e ampl. – Brasília, DF.

Fiorese, C. H. U., Leite, V. R., 2018. Dinâmica do uso e cobertura do solo na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Estrela do Norte no Município de Castelo, Estado do Espírito Santo. AGRARIAN ACADEMY, Centro Científico Conhecer – Goiânia [online] 5. Disponível: https://doi.org/10.18677/Agrarian_Academy_2018B6

Frota Filho, A. B., 2016. Análise da vulnerabilidade erosiva da Bacia Hidrográfica Colônia Antônio Aleixo. Dissertação (Mestrado em Geografia). Manaus – AM, Universidade Federal do Amazonas.

Fushimi, M, 2012. Vulnerabilidade Ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente -SP. Dissertação (Mestrado). Presidente Prudente, FCT - UNESP.

Guerra, A. J. T, 2014. Degradação dos solos – Conceitos e temas. In: Guerra, A. J. T., Jorge, M. C. O., (Org.). Degradação dos solos no Brasil. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, pp. 15 – 46.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. Manual técnico de uso da terra. 3ª edição, IBGE, Rio de Janeiro.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. Produção Agrícola – Lavoura Temporária. IBGE, estimativa, 2017. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, 2010. Normais Climáticas do Brasil. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/clima/normaisclimatologicas

Joia, P. R., Anunciação, V. S., Paixão, A. A., 2017. Implicações do uso e ocupação do solo para o planejamento e gestão ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Aquidauana, Mato Grosso do Sul. INTERAÇÕES, Campo Grande, MS [online] 19. Disponível: http://doi.org/10.20435/inter.v19i2.1404

Kohori, C. B., Piroli, E. L., 2018. Dinâmica do uso da terra nas áreas de preservação permanente do alto curso da bacia do ribeirão dos ranchos – Adamantina/SP. Revista Formação [online] 25. Disponível: http://doi.org/10.33081/formacao.v25i46.5532

Lepsch, I. F., 2010. Formação e conservação dos solos, 2ª ed. Oficina de Textos, São Paulo – SP.

Lima, M. M. P., Silva, L., 2018. Análise da Vulnerabilidade Natural da Bacia Hidrográfica do Rio Banabuiú, com Apoio de Geotecnologia. Revista Brasileira de Geografia Física [online] 11. Disponível: http://doi.org/10.26848/rbgf.v11.4.p1442-1457

Lorenzi, H, 2008. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 5.ed. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, v. 1, 384 p.

Macedo, R. R., Mendes, R. L. R., Costa, T., 2018. Sistema de Informação Geográfica (SIG) aplicado a gestão de recursos naturais. Atlas do

aproveitamento de água da chuva nas ilhas de Belém – iniciativas, demandas e potencialidades. Geo UERJ [online] 32. Disponível: https://doi.org/10.12957/geouerj.2018.29876

Machado, F. B. M., et al., 2016. Relação da qualidade da água e cobertura da terra em microbacia antropizada do Cerrado Mineiro. Revista de Ciências Agroambientais, Alta Floresta, MT, UNEMAT, 14, 28 - 36.

Magalhães, V. L., Cunha, J. E., Nóbrega, M. T., 2014. Indicadores de vulnerabilidade ambiental. Revista Brasileira de Geografia Física [online] 7. Disponível: http://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233166

Marcatto, F. S., Silveira, H., 2016. Relação entre as propriedades físico-hídrica dos solos e os tipos de uso da terra como subsídios ao manejo e conservação do solo e da água na bacia hidrográfica do rio Pirapó, PR. Revista Brasileira de Geografia Física [online] 9. Disponível: http://periodicos.ufpe.br/revista/rbgfe/article/view/233923

Masullo, Y. A. G., et al., 2019. Dinâmica da paisagem da bacia hidrográfica do rio Itapecuru – MA. Revista Brasileira de Geografia Física [online] 12. Disponível: http://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/239807

MINAS GERAIS, 2013. Lei 20.922, de 16 de outubro.

Moura, A. C. M., 2007. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em análise de multicritérios. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE. p. 2899-2906.

Neves, J. C., 1977. Áreas e recursos florestais do Estado de Minas Gerais. Recursos naturais, meio ambiente e poluição - 2. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN.

Novais, G.T., 2011. Caracterização climática da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e do entorno da Serra da Canastra (MG). Dissertação (Mestrado). Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia.

Novo, E. M. L. de M., Ponzoni, F. J., 2001. Introdução ao Sensoriamento Remoto. São José dos Campos – SP. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AlunosPG/Jarvis/SR_DPI7.pdf

Oliveira, J. L. de., Abdala, V. L., 2016. Análise sobre o uso e ocupação do solo no alto curso do Ribeirão Conquistinha em Uberaba – Minas Gerais. 3ª Simpósio de Pós-graduação do IFTM. Uberaba. Anais v. 3, Uberaba/MG/ ISSN 2359-0130. Disponível em: http://www.iftm.edu.br/simpos/2016/Trabalhos/20160109

Oliveira, L. A., 2012. Análise da qualidade de obtenção de classes de solos, no município de Uberlândia/MG, utilizando-se sistema de informação geográfica – SIG. Caminhos de Geografia - revista. Uberlândia v. 13, n. 44 Dez/2012 p. 113–127.

Oliveira, M. A. T., 2007. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: Guerra, A. J. T, Silva, A. S., Botelho, R. G. M. (org.). Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos, Temas e Aplicações. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 3ª ed., p. 60 – 94.

Tôsto, S. G., Pereira, L. C.; Tôsto, K. L., 2013. Zoneamento da erosão do solo como instrumento de planejamento ambiental. In: SEABRA, G. (Org.). Terra: qualidade de vida, mobilidade e segurança nas cidades. Editora da UFPB, João Pessoa, PB. pp. 902-910.

Porto, C. G., 2010. Intemperismo em regiões tropicais. In: Guerra, A. J. T., Cunha, S. B. (Org.). Geomorfologia e Meio ambiente, 8ª ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, pp. 25 – 54.

Rodrigues, T., Tommaselli, J. T. G., Arroio Junior, P. P., 2018. Mapeamento da vulnerabilidade aos processos erosivos a partir de métodos multicriteriais: um estudo sobre as condições ambientais da bacia hidrográfica da represa Laranja Doce, Martinópolis (SP). Revista Formação [online] 25. Disponível: https://doi.org/10.33081/formacao.v25i45.5310. Acesso: 20 set. 2019.

Ross, J., 2009. Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental. Oficina de Textos, São Paulo, pp. 62 – 147.

Rovani, F. F. M., Viera, M., 2016. Vulnerabilidade Natural do Solo de Silveira Martins-RS. Floresta e Ambiente [online] 23. Disponível: https://doi.org/10.1590/2179-8087.125614

Salomão, F. X. T., 2007. Controle e Prevenção Dos Processos Erosivos. In: Guerra, A. J. T, Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. (Org.). Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos, Temas e aplicações, 3ª ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p. 229 – 265.

Silva, M. F., Martins, P. D., Santos, A. P. M., 2014. Análise da qualidade ambiental da área de expansão de Uberaba-MG na microbacia do Ribeirão Conquistinha. Fórum Ambiental da Alta Paulista [online] 10. Disponível: https://doi.org/10.17271/198008271012201490 5

Trevisan, D. P., Mello, B. M., Melo, R. M., Moschini, L. E., 2018. Análise das mudanças do uso e cobertura da terra entre 1988 e 2017 no

município de Ibaté- SP. Revista Brasileira de Geografia Física [online] 11. Disponível: http://doi.org/10.26848/rbgf.v11.7.p2216-2228

Veyret, Y., Richemond, N. M., 2007. Definições e vulnerabilidades do risco. In: Veyret, Y. (Org.). Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. Tradução Dílson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, pp. 25-46.