



35^o
Bonito - MS

ANAIS do 35^o Congresso Brasileiro de Espeleologia
19 - 22 de julho de 2019 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 35^o Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br.

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

PINTO, A.P.; ALVES, L.C.; MOMOLI, R.S. Utilização do mapeamento de suscetibilidade à erosão laminar como ferramenta para identificar propensão a processos erosivos no entorno de cavernas. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, 2019. Bonito. *Anais...* Campinas: SBE, 2019. p.149-154. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais35cbe/35cbe_149-154.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.
Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br

A UTILIZAÇÃO DO MAPEAMENTO DE SUSCETIBILIDADE À EROÇÃO LAMINAR COMO FERRAMENTA PARA IDENTIFICAR PROPENSÃO A PROCESSOS EROSIVOS NO ENTORNO DE CAVERNAS

THE USE OF MAPPING OF SUSCEPTIBILITY TO LAMINATE EROSION AS A TOOL TO IDENTIFY PROPOSITION TO EROSION PROCESSES IN THE CAVES SURROUNDINGS

Aline Bentes PINTO (1); Leonardo Costa ALVES (2); Renata Santos MOMOLI (3)

- (1) Bolsista PET – Universidade Federal de Goiás/Instituto de Estudos Socioambientais, Goiânia – GO.
- (2) Universidade Federal de Goiás/Instituto de Estudos Socioambientais, Goiânia – GO.
- (3) Universidade Federal de Goiás/Instituto de Estudos Socioambientais/Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física, Goiânia – GO.

Contatos: alinegeo.bach@gmail.com; leonardo3609@gmail.com; rsmomoli@gmail.com.

Resumo

Os processos erosivos provocam prejuízos ambientais e econômicos, pois juntamente com a perda de solo e da sua camada mais fértil são perdidos também sementes e adubos aplicados. Em terrenos cársticos, a formação da enxurrada durante processos erosivos pode acelerar o rebaixamento das superfícies, além de introduzir sedimentos e poluentes os condutos subterrâneos e assorear corpos d'água. A estimativa da suscetibilidade do solo à erosão laminar é um importante instrumento de auxílio no planejamento conservacionista do uso e manejo das áreas cultivadas. O presente trabalho buscou espacializar a suscetibilidade à erosão laminar dos solos e identificar possíveis conflitos entre o potencial uso agrícola e a presença de cavernas no município de Vila Propício – GO. A erodibilidade natural é o resultado da combinação de fatores como o tipo de solo e declividade do terreno e a suscetibilidade à erosão laminar pode se distinguir em cinco classes: Muito alta, alta, média, baixa e não erodível (Salomão et al., 2012). Os planos básicos de informação foram elaborados em ambiente SIG, a partir do mapeamento pretérito de solos da EMATER (2017) na escala 1: 250.000, disponível na base de dados do SIEG (2019). Os dados de declividade foram obtidos a partir do processamento da imagem SRTM (2015) gerada e disponibilizada pela United States Geological Survey – USGS. O cruzamento dos planos de informação Tipos de Solos X Declividade permitiu a divisão do recorte espacial municipal em polígonos com as distintas classes de suscetibilidade à erosão e a identificação das cavidades com maior fragilidade ambiental em relação à erosão do solo. O mapeamento da suscetibilidade à erosão laminar identificou que o maior número de cavidades do município está localizado nas áreas de maior suscetibilidade à erosão laminar.

Palavras-Chave: erosão laminar; suscetibilidade; mapeamento.

Abstract

The erosive processes cause environmental and economic damages, because along with the loss of soil and its most fertile layer are also lost seeds and fertilizers applied. In karstic terrain, the formation of the flood during erosive processes can accelerate the lowering of surfaces, as well as introducing sediments and pollutants into the underground conduits and silting up bodies of water. The estimation of soil susceptibility to laminar erosion is an important tool in the conservationist planning of the use and management of cultivated areas. The present work sought to spatialize the susceptibility to laminar erosion of the soils and to identify possible conflicts between the potential agricultural use and the presence of caves in the municipality of Vila Propício - GO. The natural erodibility is the result of the combination of factors such as soil type and slope of the terrain and susceptibility to laminar erosion can be distinguished in five classes: Very high, high, medium, low and non-erodible (Salomão et al., 2012). The basic information plans were elaborated in a GIS environment, based on the pre-ground mapping of EMATER (2017) on the 1: 250,000 scale, available in the SGEI database (2019). Slope data were obtained from the SRTM (2015) image processing generated and made available by the United States Geological Survey - USGS. The crossing of the information plans Types of Soils X Declivity allowed the division of the municipal spatial cut in polygons with the different classes of susceptibility to erosion and the identification of the cavities with greater environmental fragility in relation to soil erosion. The mapping of susceptibility to laminar erosion identified that the largest number of cavities in the municipality is located in the areas of greatest susceptibility to laminar erosion.

Keywords: *interrill soil erosion; susceptibility; mapping.*

1. INTRODUÇÃO

Segundo Lino e Allievi (1980) cavernas são feições naturais resultantes da ação de águas circulantes em rochas que apresentam algum grau de solubilidade, sobretudo rochas carbonáticas. Uma vez que essas cavidades são feições conectadas à superfície tornam-se diretamente ou indiretamente afetadas pelos processos que ocorrem nos solos.

Sabendo dessa relação, entre cavernas e solos, se faz extremamente relevante o estudo de dinâmicas do meio externo que possam afetar as dinâmicas internas do ambiente cavernícola. Respectivamente, a perda de solo, decorrente do processo de erosão hídrica durante eventos chuvosos e a perda de biodiversidade cavernícola.

Alterações como acúmulo de sedimentos e poluentes provenientes da erosão hídrica do solo urbano ou agrícola podem interferir diretamente na micro, meso e macrofauna. O ambiente cavernícola como um todo pode ser afetado visto que muitas espécies são endêmicas e possivelmente suscetíveis à entrada de poluentes nas águas e nos substratos.

A erosão hídrica tem como principal agente a chuva que é motor de início dos processos erosivos. A erosividade da chuva é o potencial que ela tem de iniciar um processo erosivo (AMORIM 2000). As características da chuva como volume, frequência, intensidade, tamanho e energia cinética das gotas são determinantes para o início dos processos erosivos.

O solo, ao mesmo tempo que influencia os processos erosivos, também sofre a ação dos mesmos (SALOMÃO, 2005). Cada tipo de solo possui um conjunto de atributos: profundidade, textura, estrutura e permeabilidade que irão influenciar o grau de suscetibilidade do solo aos processos erosivos, laminares ou lineares.

A erosão é um dos maiores condicionantes de degradação do solo no mundo, elimina de 25 a 40 bilhões de toneladas de solo por ano, de acordo com o relatório *Status dos Recursos dos Solos no Mundo* (FAO/ONU; 2015). Cerca de 33% dos solos do mundo estão degradados, por impactos relativos à erosão, acidificação, salinização ou poluição/contaminação (FAO; ITPS, 2015). Na América Latina, cerca de 50% dos solos passam por algum tipo de degradação, sendo que a erosão é um dos principais impactos observados.

A degradação é resultado, na maioria das vezes, da má gestão do uso e ocupação do solo.

Impulsionada pelo uso intensivo de técnicas agrícolas predatórias, com uso exagerado de componentes químicos e mecânicos para preparo e manejo das culturas, irrigação irracional, desmatamento e compactação do solo.

A erosão do solo reduz sua capacidade agrícola, de armazenar carbono, nutrientes e água e de servir como habitat para diversos organismos (FAO/ONU; 2015). Em áreas de alta declividade, a erosão constitui um dos principais problemas de degradação do solo, em função da componente gravitacional que acelera a enxurrada em direção às zonas rebaixadas da paisagem. Além disso, o aporte de sedimentos provoca o assoreamento dos corpos hídricos a jusante, onde se encontram muitas vezes, as cavernas.

Sabendo da importância ecológica dos ambientes cavernícolas e da sua interação com o meio externo, foi elaborado o Mapa de Suscetibilidade à erosão laminar dos solos do município de Vila Propício com o objetivo de identificar qual a classe de suscetibilidade dos solos localizados nas proximidades das cavernas.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo do presente trabalho é o município de Vila Propício (Figura 1), localizado no estado de Goiás na microrregião do entorno de Brasília, está a aproximadamente 242 km de Goiânia, capital. De acordo com dados do IBGE (2018) sua população está estimada em aproximadamente 5.758 habitantes. A área do município é de aproximadamente 2.187 km².

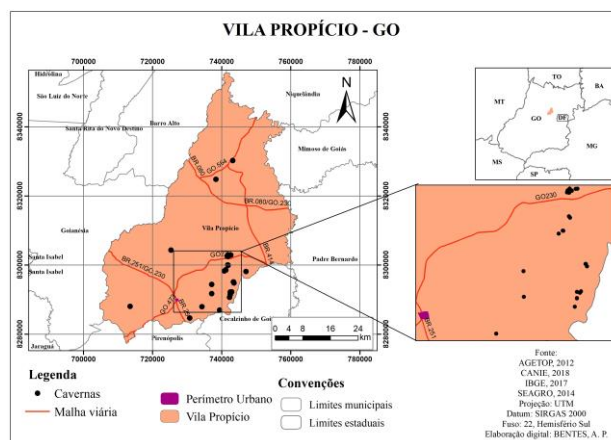


Figura 1: Mapa de localização do município de Vila Propício. Elaborado por BENTES, 2018.

As principais atividades econômicas do município são Agricultura e Mineração, respectivamente. De acordo com dados preliminares

do censo agropecuário de 2017, disponibilizados pelo IBGE (2018), aproximadamente 32,2% da área total do município é ocupada por atividade de agricultura, enquanto a área ocupada por pastagem corresponde a aproximadamente 38,7%.

O município de Vila Propício apresenta 35 (trinta e cinco) cavernas cadastradas segundo dados do Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE, 2018). A abundância de cavernas é relevante e indica que o município possui forte vocação e potencial para o turismo ecológico voltado para cavernas. Além das cavernas, podem ser observadas, em diferentes regiões do município, a presença de feições cársticas, como afloramentos rochosos e dolinas (Figura 2).



Figura 2: Feição cárstica do tipo dolina em área de pastagem no município de Vila Propício, GO.

O uso agrícola do solo favorece a ocorrência de processos erosivos, que podem causar, além da perda de solos, sementes e adubos, a poluição e o assoreamento dos corpos hídricos. A enxurrada formada nos campos cultivados pode ser carregada por gravidade para os canais subterrâneos no carste, introduzindo sedimentos e poluentes neste frágil ambiente.

3. METODOLOGIA

Para fazer o mapa preliminar de suscetibilidade a erosão laminar do município foi utilizada a metodologia de Salomão, Canil e Rodrigues (2012), onde os fatores determinantes para definir as classes de suscetibilidade são erodibilidade dos solos e declividade das encostas. Essa metodologia cruza as classes de declividade com as classes de erodibilidade dos solos (Tabela 1) para gerar posteriormente o Mapa de suscetibilidade natural à erosão laminar.

Tabela 1: Correlação entre declividade e classes de erodibilidade. Fonte: SALOMÃO, CANIL e RODRIGUES, 2012.

Erodibilidade	Declividade (%)			
	I (> 20)	II (12 a 20)	III (6 a 12)	IV (< 6)
1 - Muito Alta	I	I	II	II
2 - Alta	I	II	II	III
3 - Média	II	III	III	IV
4 - Baixa	III	IV	IV	V
5 - Não Erodível	Não existe	Não existe	Não existe	V

Os autores definiram cinco classes de erodibilidade, que foram definidas com base no índice de erodibilidade dos solos, são elas: muito alta, alta, média, baixa e não erodível. A correlação de cada tipo de solo com sua respectiva classe de erodibilidade está exemplificada na tabela a seguir (Tabela 2).

Tabela 2: Classes de erodibilidade. Fonte: SALOMÃO, CANIL e RODRIGUES, 2012.

Classes de Erodibilidade	Unidades Pedológicas
1 - Muito Alta	Cambissolo, Neossolo Litólico, Neossolo Quartzarênico.
2 - Alta	Argissolo.
3 - Média	Nitossolo.
4 - Baixa	Latossolo Vermelho.
5 - Não Erodível	Gleissolo, Neossolo Quartzarênico Hidromórfico, Organossolo, Neossolo Flúvico em relevo Plano.

Os dados de declividade também foram agrupados em classes, os autores preestabeleceram quatro classes, I (> 20), II (20 – 12), III (12 – 6) e IV (6 – 0).

O arquivo vetorial de solos utilizado na elaboração dos mapas foi o da EMATER (2017), escala 1: 250.000, disponível na base de dados do SIEG, já os dados de declividade foram obtidos a partir do processamento da imagem SRTM (2015) gerada e disponibilizada pela United States Geological Survey – USGS, que também está disponível na base de dados do Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG). A imagem SRTM também foi utilizada para gerar o relevo sombreado (modelo digital de elevação do terreno).

Após elaborar o mapa de solos (com as classes de erodibilidade) e o de classes de declividade, foi feita uma intersecção entre esses dois dados e gerado um novo arquivo vetorial contendo essas informações, a partir daí, elaboramos o mapa de suscetibilidade de acordo com as classes definidas pelos autores, sendo elas: Extremamente suscetível, Muito suscetível, Moderadamente suscetível, Pouco suscetível, Pouco a não suscetível e Não existe.

Para a elaboração dos mapas e processamento da imagem foi utilizado o software ArcGis 10.3 e todos os arquivos vetoriais foram projetados para SIRGAS 2000 UTM 22S.

4. RESULTADOS

A influência da topografia nos processos de erosão laminar está diretamente relacionada à declividade do terreno que interfere na velocidade do escoamento superficial. Com base no mapa de declividade (Figura 3), podemos observar que a declividade predominante no município é a que varia de 0 a 6%, entretanto, as áreas com declividades superiores a 20% também ocupam uma porção expressiva do terreno.

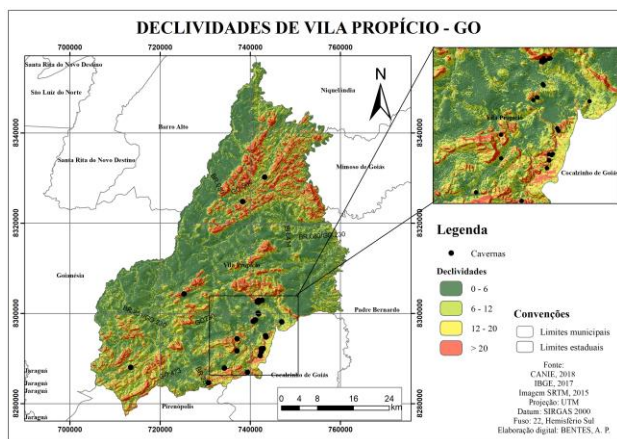


Figura 3: Mapa de declividade de Vila Propício. Elaborado por BENTES, 2018.

Observando que no município temos duas situações extremas de declividade, uma menos e a outra mais declivosa e levando em consideração a importância da declividade para o processo de escoamento superficial, podemos inferir que com base nos dados de declividade, o escoamento superficial nas áreas com declividade entre 0 e 6 tende a ser desacelerado e o fluxo laminar menos turbulento.

Por outro lado, é possível visualizar que há predominância de áreas mais declivosas em determinadas áreas do terreno, o que significa que nessas áreas o escoamento das águas pluviais tende a ser mais acelerado e os fluxos mais turbulentos. As cavernas se concentram nessas áreas de maior declividade.

O solo se constitui no principal fator relacionado aos processos erosivos e a depender de suas características químicas, físicas e da condição ambiental a que está exposto, cada tipo de solo e local estará mais ou menos vulnerável ao processo de erosão laminar.

Com base nos dados levantados pela EMATER (2017), podemos encontrar cinco tipos de solos em Vila Propício, Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háplico, Argissolo Vermelho - Amarelo e Neossolo Litólico

(Figura 4). Em todas as classes lá encontradas há predominância de solos distróficos, que são solos de baixa fertilidade com valores de saturação por base inferiores a 50%. Foi a partir desses dados que construímos o mapa de suscetibilidade.

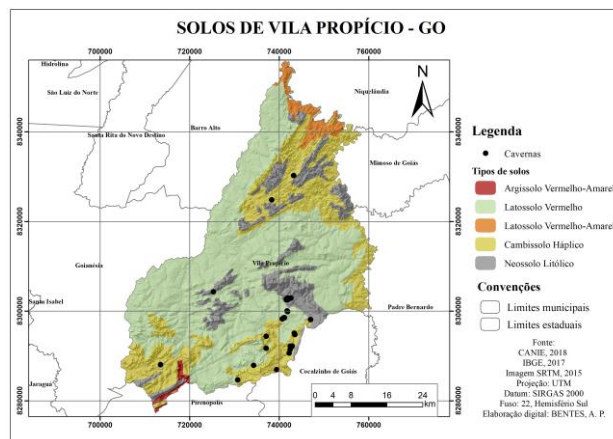


Figura 4: Mapa de solos de Vila Propício-GO. Elaborado por BENTES, 2018.

Em maior expressão temos o Latossolo Vermelho, que dada suas características, se concentra nas áreas mais planas ou pouco movimentadas do município, por outro lado, o Cambissolo Háplico e Neossolo Litólico estão distribuídos nas áreas de maiores declividades. Estes dois últimos tendem a serem solos menos espessos justamente por estarem mais associados a relevos declivosos, onde, pela ação da gravidade, o processo de remoção das partículas do solo é potencializado e por apresentarem estruturas mais frágeis são naturalmente mais sensíveis aos processos de remoção, arraste e transporte do solo.

Ao se fazer a mesclagem dos mapas das figuras 3 e 4 temos como resultado o mapa preliminar de suscetibilidade à erosão laminar de Vila Propício (Figura 5).

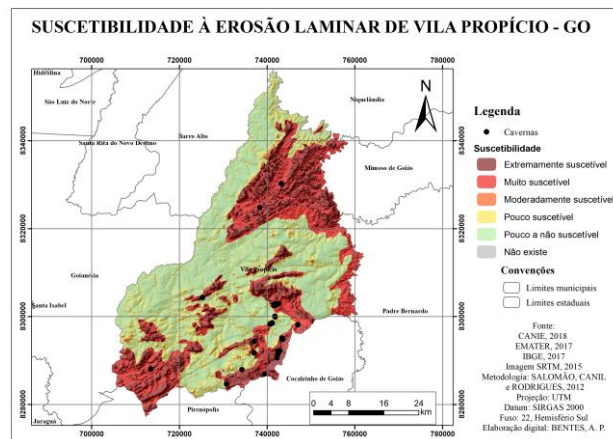


Figura 5: Mapa de Suscetibilidade a Erosão Laminar de Vila Propício-GO. Elaborado por BENTES, 2018.

Ao observar a figura 5, podemos perceber que as áreas mais suscetíveis à erosão laminar são as que possuem maior declividade e presença dos Neossolo Litólico e Cambissolo Háptico, que são solos mais rasos e pouco evoluídos. Como já citado anteriormente, quanto maior a declividade do relevo mais acelerado será o escoamento superficial, logo essa declividade acentuada somada à presença de solos menos espessos e menos evoluídos torna essas áreas mais suscetíveis a esses processos de erosão.

Para além dos fatores naturais que influenciam no processo de erosão laminar, outros dois fatores de extrema relevância para esse processo é o uso e cobertura do solo. No caso de Vila Propício, uma das principais atividades econômicas é a agricultura, atividade que impacta diretamente o solo.

Essa é um tipo de atividade que potencializa o processo de perda do solo, uma vez que o cultivo de monoculturas, como a soja, por exemplo, não oferece cobertura eficiente para o solo durante o pico das chuvas e somando-se a isso, o uso de maquinários pesados utilizados frequentemente no cultivo também contribuem para a compactação do solo que potencializa o processo erosivo.

Na porção sul do município, existe uma formação de relevo composta de serras com grande declividade que está associada ao Cambissolo Háptico e Neossolo Litólico, solos pouco evoluídos, de estrutura mais frágil, baixa agregação e pouca porosidade e por consequência baixa permeabilidade, sendo extremamente suscetíveis à erosão, principalmente se estiverem expostos, sem cobertura vegetal eficiente.

No extremo sul há uma porção de Argissolo, que está sobre os Relevos Serranos das Borda Nordeste dos Planaltos dos Divisores do Tocantins-Paraná, devido a suas características físicas o Argissolo também é muito suscetível à erosão, pois possui horizonte subsuperficial com alta concentração de argila o que impede a infiltração de água em horizontes mais profundos, tornando as camadas superficiais mais suscetíveis à saturação hídrica e erosão.

O solo de maior expressão, em área, do município é o Latossolo Vermelho, que está associado às áreas com menores declividades, essa associação entre solo e topografia é evidente (Figura 5), onde o Latossolo Vermelho ocupa a classe de suscetibilidade que varia entre Pouco a Não Suscetível e Não Suscetível.

No caso das cavernas, esse estudo é importante porque nos permite ter uma dimensão do quanto as dinâmicas na superfície afetam esses ambientes. Em Vila Propício das 35 cavernas cadastradas, 19 estão em áreas que o mapa aponta como extremamente suscetíveis à erosão laminar, onde naturalmente a quantidade de sedimentos que chegaria até essas cavernas, por ação da gravidade, já seria expressiva.

Se associarmos esses fatores naturais ao uso e manejo inadequados do solo (agrícola, urbano ou industrial) essa quantidade de sedimentos que é carregado e, portanto, depositado dentro das cavernas, irá aumentar cada vez mais, causando mudanças significativas nesses ambientes.

Em campo é possível verificar o cultivo de monocultura muito próximo à entrada de algumas cavernas, como é o caso da caverna Samambaia, cuja entrada está localizada dentro de uma dolina, o que potencializa a entrada de sedimentos transportados da superfície.

Nessa caverna o cultivo de cana-de-açúcar está bem próximo da borda da dolina e no período chuvoso os sedimentos carregados pelas águas pluviais são depositados na entrada e dentro da caverna, o excesso de sedimento transportado para a caverna já é por si só motivo de preocupação e torna-se mais preocupante ainda quando esses sedimentos estão contaminados por defensivos agrícolas.

A presença de sedimentos contaminados por agrotóxicos pode causar desequilíbrio no ambiente cavernícola, colocando em risco a fauna da caverna. Em cavernas ligadas ao nível freático, além de comprometer a fauna local os componentes do agrotóxico também podem contaminar as águas subterrâneas.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados do mapa de suscetibilidade à erosão do solo observamos que a maior parte das cavidades estão em áreas extremamente suscetíveis à erosão laminar.

Diferente do que ocorre na caverna Samambaia, onde o cultivo de monocultura está instalado muito próximo e à montante da entrada da caverna, as demais cavidades não apresentam situação que possa representar conflito entre usos do solo. O relevo do entorno da maioria das cavernas apresenta declividades mais acentuadas a montante, o que dificulta o seu uso para atividades agrícolas, reduzindo o impacto negativo da erosão sobre solos

agrícolas. Por outro lado, algumas cavernas têm a sua montante áreas com pastagens degradadas, com solo exposto, o que, como já pontuamos, aumenta a quantidade de material de solo retirado pelo processo erosivo.

O Mapa de suscetibilidade à erosão pode contribuir para o planejamento de atividades relacionadas ao uso e manejo conservacionista dos solos em regiões cársticas como Vila Propício. A adoção do mapa de suscetibilidade à erosão e do manejo conservacionista pode prevenir possíveis impactos que ameacem o equilíbrio do ambiente cavernícola, a qualidade das águas subterrâneas e a sobrevivência de espécies endêmicas ou não.

Para além do ambiente das cavernas, o estudo de suscetibilidade a erosão laminar também contribui para a economia local, visto que a perda de solo inclui automaticamente a perda de insumos

como adubos e sementes aplicados ao solo pelas atividades agrícolas, causando graves prejuízos econômicos no campo. Compreendemos que o solo não é um recurso renovável a curto prazo e que a agricultura é uma das principais atividades econômicas não só do município de Vila Propício, mas do Brasil como um todo e depende de um solo de boa qualidade e sem efeitos da degradação.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos guias Lia e Quaiada, à Prefeitura de Vila Propício e Secretaria de Turismo na pessoa do Sr. Jaime Augusto da Cruz, ao Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia física do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás (LABOGEF/IESA/UFG), e ao Pequi Espeleogrupo de Pesquisa e Extensão.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, Ricardo Santos Silva. **Desprendimento e arraste de partículas de solo decorrentes de chuvas simuladas**. 2000. 70 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.
- BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.
- CASSETI, Valter. **Geomorfologia**. [S.l.]: 2005. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 11 dez 2018.
- CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. Cadastro nacional de informações espeleológicas. Disponível em: < <http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>>. Acesso em: 20 mar 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **O Brasil em síntese**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/vila-propicio/panorama> . Acesso em: 12 dez 2018.
- LIMA, Eduardo Rodrigues Viana de. Erosão do solo: Fatores condicionantes e modelagem matemática. **Revista Cadernos do Logepa**, João Pessoa, vol.1, n.1, p.1-46, Jan-Jun, 2003. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufpb.br/index.php/logepa/article/viewFile/10981/6166>>. Acesso em: 11 dez 2018.
- LINO, C. F; ALLIEVI, J. **A ciência espeleológica: as cavernas – componentes subterrâneos do relevo**. In: Cavernas Brasileiras. São Paulo: Melhoramentos. 1980. Parte 2. p. 31 – 34.
- SALOMÃO, F.X.T. **Controle e prevenção dos processos erosivos**. In: GUERRA, Antônio José Teixeira. Erosão e conservação dos solos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2 ed. 2007. p. 229 – 267.
- SALOMÃO, F.X.T; CANIL, K; RODRIGUES, S.P. Exemplo de aplicação da geologia de engenharia no controle preventivo e corretivo dos processos erosivos. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, São Paulo, vol. 2, n. 2 p. 39-56, jul-dez, 2012. Disponível em: < <http://www.abge.org.br/site/volume-2-no-2/>>. Acesso em: 11 dez 2018.
- SISTEMA ESTADUAL DE GEOINFORMAÇÃO. Downloads. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/>>. Acesso em: 20 mar 2019.