

ANÁLISES DE SUSCEPTIBILIDADE EROSIVA NA MICROBACIA DO RIO DAS LONTRAS NO SUDOESTE DO PARANÁ POR MEIO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIOS

VICTOR H. R. PRUDENTE¹, LUCAS V. OLDONI², SUZANA C. WRUBLACK³,
ERIVELTO MERCANTE⁴

¹ Eng. Agrícola, Mestrando em Eng. Agrícola, Laboratório de Topografia e Geoprocessamento (GeoLab), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI), Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas (CCET), Universidade Estadual do Oeste do Paraná- UNIOESTE, Cascavel – PR, Fone: (45)3220-7366, victor.rohden@yahoo.com.

² Graduando em Eng. Agrícola, GeoLab, CCET, UNIOESTE, Cascavel – PR.

³ Mestre em Eng. Agrícola, Doutoranda em Eng. Agrícola, GeoLab, PGEAGRI, CCET, UNIOESTE, Cascavel – PR.

⁴ Doutor em Eng. Agrícola, Professor Adjunto, GeoLab, PGEAGRI, CCET, UNIOESTE, Cascavel – PR

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

RESUMO: Estudar o processo erosivo do solo requer a compreensão da combinação espacial de diversas variáveis, tais como declividade do terreno, classes de solos, presença de vegetação, uso antrópico do solo, entre outros. Neste contexto, é imprescindível a utilização de metodologias que possam contribuir para o entendimento das condições ambientais, dentre estas, destaca-se o uso das técnicas de Geoprocessamento, com as quais é possível evidenciar regiões mais propensas à erosão e identificar áreas degradadas. Este trabalho tem por objetivo especializar a susceptibilidade erosiva na microbacia do Rio das Lontras, localizada no sudoeste do estado do Paraná, com exploração predominantemente agrícola, embasada na agricultura familiar. A susceptibilidade erosiva foi elaborada, tanto na sua forma natural quanto antrópica, por meio da análise multicritério. Os critérios utilizados nesta análise foram declividade, classes de solos, vigor vegetativo, uso do solo e a proximidade com estradas rurais e rodovias. Todos os procedimentos foram realizados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) no *software ArcGis*. Na microbacia há predominância da susceptibilidade erosiva média, seja considerada a forma natural (50,06%) ou antrópica (68,11%).

PALAVRAS-CHAVE: Análise multicritério, SIG, Uso do solo

ANALYSIS OF EROSIVE SUSCEPTIBILITY IN THE WATERSHED OF THE LONTRAS' RIVER IN SOUTHWESTERN PARANÁ THROUGH USING MULTICRITERIA ANALYSIS

ABSTRACT: Study the soil erosion process requires an understanding of the spatial combination of several variables such as terrain slopes, soil types, presence of vegetation, anthropogenic land-use, among others. In this context, the use of methodologies that can contribute to the understanding of environmental conditions is necessary. Among these, the use of geoprocessing techniques allows to show erosion prone areas and to identify degraded land. This work aims to study the erosion susceptibility of the watershed of the Lontras'

River, located in the southwest of the state of Paraná, with predominantly agricultural activities, based on family farming. The erosive susceptibility was drafted, both in its natural as anthropic way, through multi-criteria analysis. The criteria used in this analysis were slope, soil types, vegetative vigor, land use and the proximity to rural roads and highways. All procedures were performed in GIS (Geographic Information System) in the *ArcGIS* software. In the Lontras' watershed, there is a medium predominance of erosive susceptibility, considering the natural (50.06%) or anthropogenic form (68.11%).

KEYWORDS: Multi-criteria analysis, GIS, Land use

INTRODUÇÃO

A superfície terrestre não é estática, está sob constante transformação, por meio do fenômeno de transporte de massa. A erosão, em sua forma natural, modela a superfície terrestre, transportando e depositando partículas de solos.

BONNA (2011) descreve que os processos erosivos dos solos podem ser classificados de acordo com a sua natureza em erosão natural e erosão antrópica. Na erosão natural o ciclo do desgaste erosivo é equilibrado pela renovação/formação dos solos (LEPSH, 2002). Já na erosão antrópica, tem-se a interferência do homem, provocando alterações no espaço físico, podendo romper o equilíbrio expresso na erosão natural (BONNA 2011).

Além de provocar perdas de solo, as erosões também conduzem à degradação dos recursos hídricos, devido as suas consequências, tais como assoreamento ou até mesmo conduzindo à diminuição do gradiente hidráulico. Desta forma, o levantamento de medidas preventivas e corretivas dos processos erosivos assume destacada importância na preservação dos recursos hídricos e ambientais como um todo (FARIA et al., 2013).

Identificar áreas com maior ou menor susceptibilidade erosiva depende, segundo LIMA e SOUZA (2008), conforme o enfoque e a disponibilidade de dados, das variáveis climáticas, geológicas, antrópicas (estas relacionadas ao uso e cobertura do solo), geotécnicas, pedologias e geomorfologias envolvidas. Neste contexto, as técnicas de Geoprocessamento apresentam suma importância, por permitirem realizar mapeamentos temáticos das características ambientais, integrando e relacionando diversas variáveis, além de possibilitar a identificação de áreas propensas à ocorrência de erosão e na identificação de feições erosivas (OLIVEIRA et al., 2011; BENAVIDES SILVA e MACHADO, 2014).

Especificamente no que tange a susceptibilidade erosiva antrópica, OLIVEIRA et al. (2011) mencionam que o uso das geotecnologias auxilia nas análises pois permite, de maneira eficiente, a manipulação e a organização de grande volume de dados e informações espaciais, possibilitando, inclusive, a obtenção de novas informações interpretativas a partir de modelos.

A Análise de Multicritérios é um procedimento metodológico, muito utilizado em geoprocessamento, de cruzamento de variáveis amplamente aceito nas análises de dados espaciais. Esta análise, conforme descrita por MOURA (2007), consiste inicialmente no mapeamento de variáveis individualmente e na definição do grau de pertinência de cada variável, bem como de cada um dos componentes de legenda. Posteriormente as variáveis são cruzadas, gerando o resultado final. Ainda segundo o mesmo autor, a matemática empregada em tais análises é, na maioria dos casos, a simples média ponderada.

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo espacializar a susceptibilidade erosiva antrópica e natural da microbacia do Rio das Lontras, localizada no sudoeste do estado do Paraná, fazendo uso da Análise de Multicritérios em Sistema de Informação Geográfica (SIG).

MATERIAL E MÉTODOS

Á área de estudo, FIGURA 1, consiste na microbacia do rio das Lontras, localizada na região sudoeste do estado do Paraná, estendendo-se pelos municípios de Salto do Lontra e Nova Esperança do Sudoeste. Sua extensão territorial compreende 177,80 km², com coordenadas geográficas de longitude e latitude limitantes de 53°20'45" W, 25°41'37" S até 53°12'43" W, 25°57'10" S.

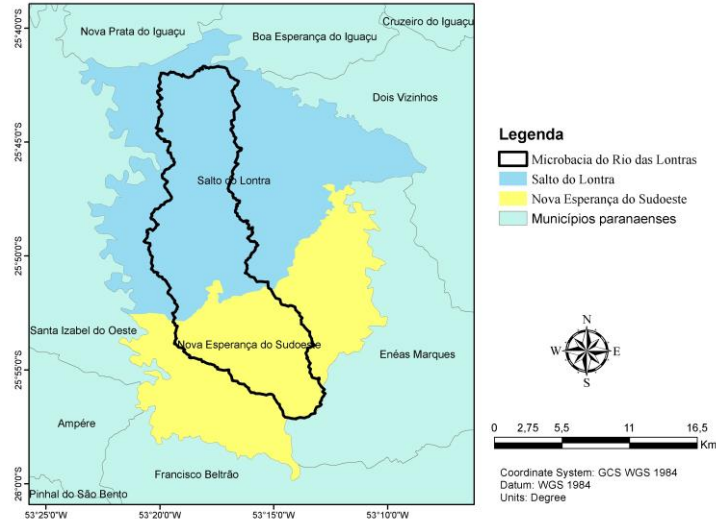


FIGURA 1. Localização da microbacia do rio das Lontras

Os dados utilizados para a delimitação da microbacia e geração de declividade, foram obtidos do projeto TOPODATA. Este projeto oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional, elaborados a partir dos dados SRTM disponibilizados pelo USGS (*United States Geological Survey*) de maneira gratuita na internet. VALERIANO (2008) apresenta toda a metodologia de preparo dos dados disponibilizado neste projeto. A delimitação da microbacia do rio das Lontras, seguiu a metodologia apresentada por ALVES SOBRINHO et al. (2010) com adaptações, tendo sido utilizada as seguintes ferramentas em sequência: *flow direction*, *flow accumulation* e *watershed*, em ambiente SIG, no software ArcGis 10.

Nos procedimentos que envolvem a variável declividade, foram gerados os valores em percentagem, utilizando a ferramenta *slope*, e posteriormente reclassificados, utilizando a ferramenta *Reclassify*, em cinco classes segundo adaptação das classes apresentadas pela EMBRAPA (1999). A FIGURA 2 apresenta as classes de declividade do terreno. Nota-se predominância da declividade de 8 a 20%, totalizando 79,22 km² (44,56% da área), o que caracteriza um relevo ondulado como predominante na área de estudo. Os relevos Suave Ondulado e Forte Ondulado ocupam 24,24% e 25,92% da área respectivamente.

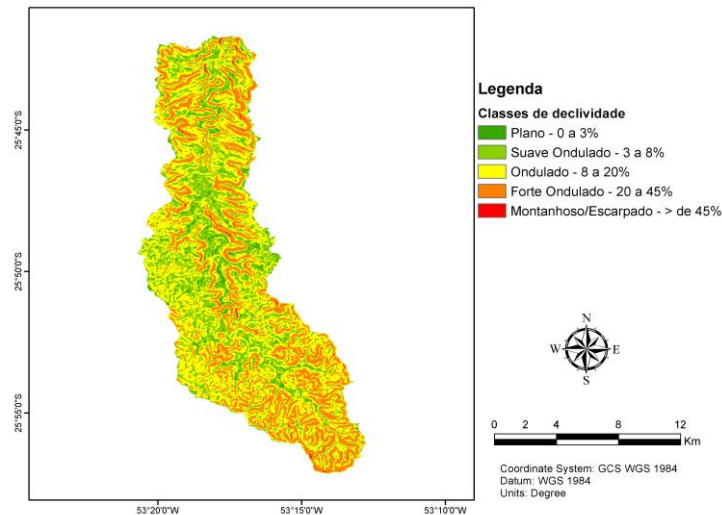


FIGURA 2. Mapa da Declividade em percentagem para a microbacia dos rios das Lontras. Fonte: Adaptado de EMBRAPA (1999)

A imagem Landsat8, da órbita ponto 223/078, datada em 05/12/2014 foi utilizada para a obtenção dos valores de vigor vegetativo (FIGURA 3). Neste parâmetro se utilizou do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), o qual é obtido, segundo BENAVIDES SILVA e MACHADO (2014) por meio da diferença entre as refletâncias das bandas 5 (infravermelho próximo) e 4 (visível – vermelho) dividido pela soma das refletâncias dessas duas bandas.

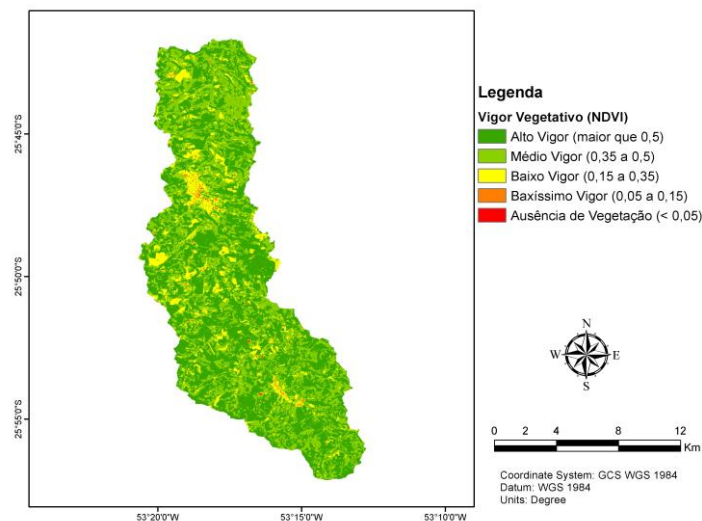


FIGURA 3. Mapa de vigor vegetativo extraídos de imagem Landsat 8

O NDVI varia de 1 a -1, sendo que quanto mais próximo de 1, maior é o indício de presença de vegetação e quanto mais próximo de -1, maior é o indicativo de presença de solos descobertos e rochas. Para calcular os valores de NDVI, usou-se a ferramenta *Imagery Analysis*. Posteriormente, por meio da ferramenta *Reclassify*, dividiu-se os valores de NDVI em 5 classes (alto, médio, baixo, baixíssimo e ausência). Destaca-se que há predominância de alto vigor vegetativo, ocupando aproximadamente 49,57% da área. Entretanto, cabe ressaltar que este valor pode variar de acordo com a data da image utilizada.

Para o mapeamento do uso e ocupação do solo, se utilizou uma classificação visual, realizada com base no *plugin Open layers*, do *software* livre *Quantum GIS*. Esta classificação foi realizada durante a vigência do projeto “Aplicação conjunta das técnicas de

Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas – SIG na agricultura familiar. Subprograma de apoio à agricultura familiar e agroecologia, inseridos no âmbito do Programa de Extensão “Universidade Sem Fronteiras” - USF SET” sob o Edital nº 01/2013 (TC 53/2013). O resultado do mapeamento do uso e ocupação do solo está apresentado na FIGURA 4. Observa-se que a microbacia tem ocupação predominantemente agrícola. As categorias incluem áreas ocupadas com pastagem (30,79% da área), mata (35,11% da área) e culturas temporárias (28,39%). Já as regiões impermeabilizadas ocupam um percentual de 5,69%, caracterizando que as áreas urbanas dos municípios de Salto do Lontra e Nova Esperança do Sudoeste, são tipicamente pequenas.

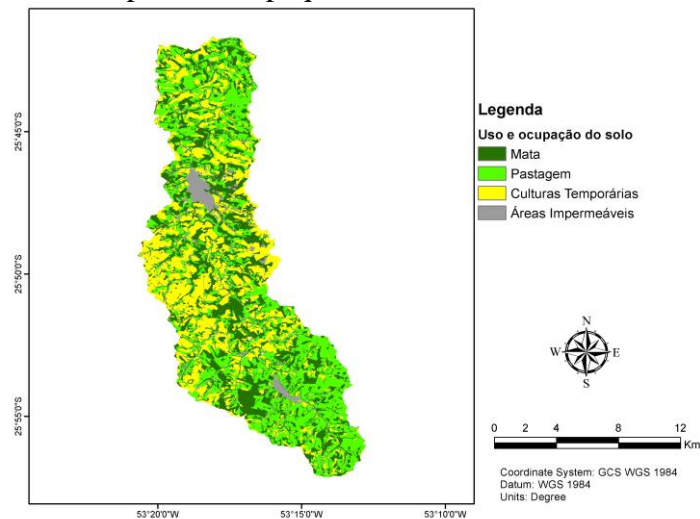


FIGURA 4. Mapa de uso e ocupação do solo obtido da imagem Landsat 8

Assim como o plano de uso e ocupação do solo, a delimitação das vias (rodovias e estradas rurais) se realizou durante o programa anteriormente descrito, sob a mesma metodologia apresentada. Após a delimitação destas vias, aplicou-se o comando *buffer* de 5 m, 10 m, 25 m, 50 m e acima de 50 metros. Na FIGURA 5, está apresentado as vias presentes na microbacia.

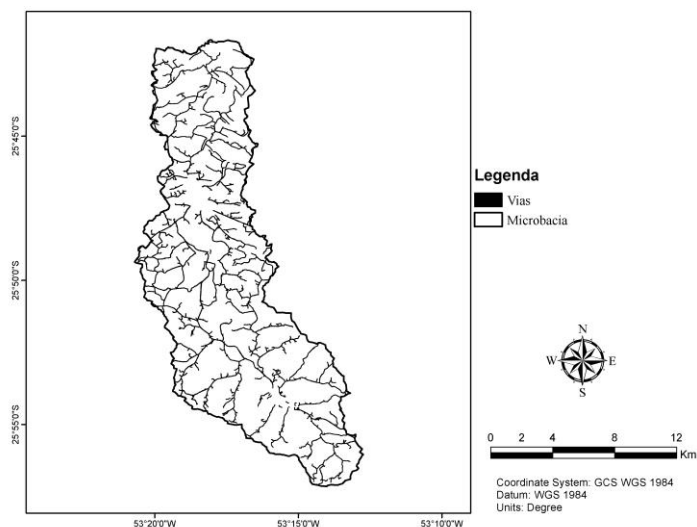


FIGURA 5. Mapa de vias (rodovias e estradas rurais)

O mapa de solos foi obtido junto ao Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG) do estado do Paraná, disponibilizado em um arquivo vetorial, que foi reclassificado (ferramenta *Reclassify*) e convertido (ferramenta *PolygonToRaster*) para arquivo *raster*.

Dentre as classes de solo (FIGURA 6) observa-se que há predominância de Neossolos (61,61% da área).

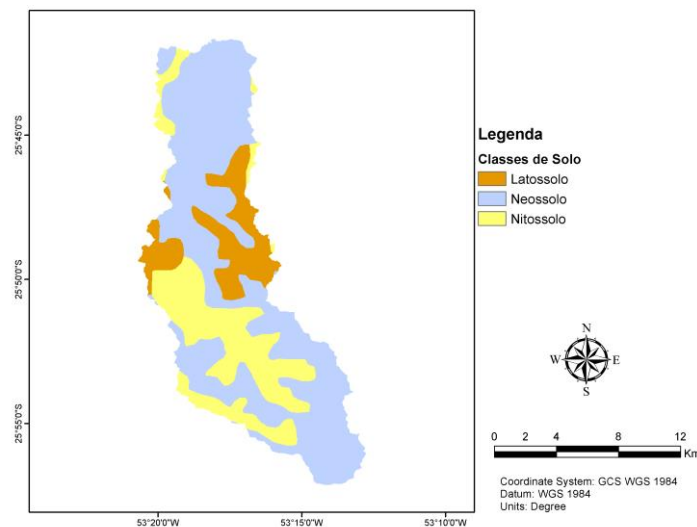


FIGURA 6. Mapa de solos. Fonte: Adaptado de ITCG (2008)

Os procedimentos realizados para alcançar os produtos de susceptibilidade erosiva (antrópica e natural) da microbacia, foram adaptados de BENAVIDES SILVA e MACHADO (2014) e BONNA (2011). Consistem em realizar uma Análise de Multicritérios dos planos de informações supracitados, definindo-se diferentes pesos (0 a 1) para cada variável apresentada (Tabela 1), e notas (1 a 5) para cada elemento de legenda de cada uma destas variáveis (Tabela 2). Em linhas gerais, quanto maior for o peso para a variável, entende-se que maior é a sua capacidade de interferir no potencial de susceptibilidade erosiva da microbacia. Analogamente, quanto maior for o peso atribuído ao elemento de legenda, maior será seu potencial de erosividade (1: muito baixa; 2: baixa; 3: média; 4: alta; 5: muito alta).

Tabela 1. Variáveis e pesos utilizados.

<i>Variável</i>	<i>Susceptibilidade Erosiva Natural (peso 0 a 1)</i>	<i>Susceptibilidade Erosiva Antrópica (peso 0 a 1)</i>
Uso do solo	-	0,4
Declividade	0,4	0,2
Vigor vegetativo	0,3	0,15
Classes de solo	0,3	0,15
Proximidades de vias	-	0,1

Os valores das notas para as classes de solo e de declividade foram atribuídos segundo adaptação dos valores apresentados por BONA (2011). A variável índice de vegetação teve as notas dos elementos de sua legenda atribuídos com base nos conceitos apresentados por CREPANI et al. (2001). A técnica de Análise de Multicritérios para confeccionar os mapas de susceptibilidade erosiva na sua forma natural (Equação (1)) e antrópica (Equação (2)) foi empregada por meio da ferramenta *Raster Calculator*. As equações utilizadas estão apresentadas a seguir:

$$(D*0,4)+(V*0,3)+(C*0,3) = MSEN \quad (1)$$

$$(U*0,4)+(D*0,2)+(V*0,15)+(C*0,15)*(P*0,10) = MSEA \quad (2)$$

onde,

MSEN: Mapa de Susceptibilidade Erosiva Natural;

MSEA: Mapa de Susceptibilidade Erosiva Antrópico;

U: Uso do solo;
 D: Declividade;
 V: Vigor vegetativo;
 C: Classes de solo;
 P: Proximidade de vias.

Tabela 2. Notas estabelecidas para cada peso de legenda.

<i>Variável</i>	<i>Componentes de legenda</i>	<i>Notas (1 a 5)</i>
Uso do solo	Mata	1
	Pastagem	2
	Culturas Temporárias	3
	Áreas Impermeáveis	5
Declividade	Plano (0 a 3 %)	1
	Suave Ondulado (3 a 8 %)	2
	Ondulado (8 a 20 %)	3
	Forte Ondulado (20 a 45 %)	4
	Montanhoso/Escarpado (maior que 45 %)	5
Vigor vegetativo	Alto Vigor (maior que 0,5)	1
	Médio Vigor (0,35 a 0,5)	2
	Baixo Vigor (0,15 a 0,35)	3
	Baixíssimo Vigor (0,05 a 0,15)	4
	Ausência de Vegetação (menor que 0,05)	5
Classes de solo	Latossolos	1
	Nitossolos	3
	Neossolos	5
Proximidades de vias	Buffer acima de 50 metros	1
	Buffer 50 metros	2
	Buffer 25 metros	3
	Buffer 10 metros	4
	Buffer 5 metros	5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A reclassificação das variáveis de acordo com as notas atribuídas aos respectivos elementos de legenda (Tabela 2) estão apresentadas na FIGURA 7. Na variável uso do solo, predominam as classes de susceptibilidades baixa (35,12%) e muito baixa (30,79%). Nesta mesma variável, a classe muito alta se encontra em aproximadamente 5,7% da área, correspondendo as áreas impermeáveis (inclui-se as áreas urbanas, vias e demais construções).

Observando a reclassificação para a variável classe de solos, pode-se observar que há uma concentração maior de áreas mais susceptíveis a erosão, pois estas áreas correspondem aos Neossolos (FIGURA 6). Estes solos são pouco evoluídos e constituídos por material mineral, o que segundo BONNA (2011), somando-se ao fato de estes solos se apresentarem normalmente em áreas mais declivosas, acabam favorecendo o escoamento da água e a ocorrência da erosão hídrica.

Os valores de vigor vegetativo se encontram em sua maioria nas classes de baixa e muito baixa susceptibilidade erosiva. Observando-se os valores de vigor vegetativo (FIGURA 3), identifica-se que 90,9 % dos valores se encontram nas classes de médio e alto vigor vegetativo. CREPANI et al. (2001) destacam que a presença de uma vegetação bem

desenvolvida é importante para combater a erosão, pois a cobertura vegetal diminui o impacto das gotas das chuvas, aumenta a capacidade de infiltração da água no solo, impede a compactação do solo, etc.

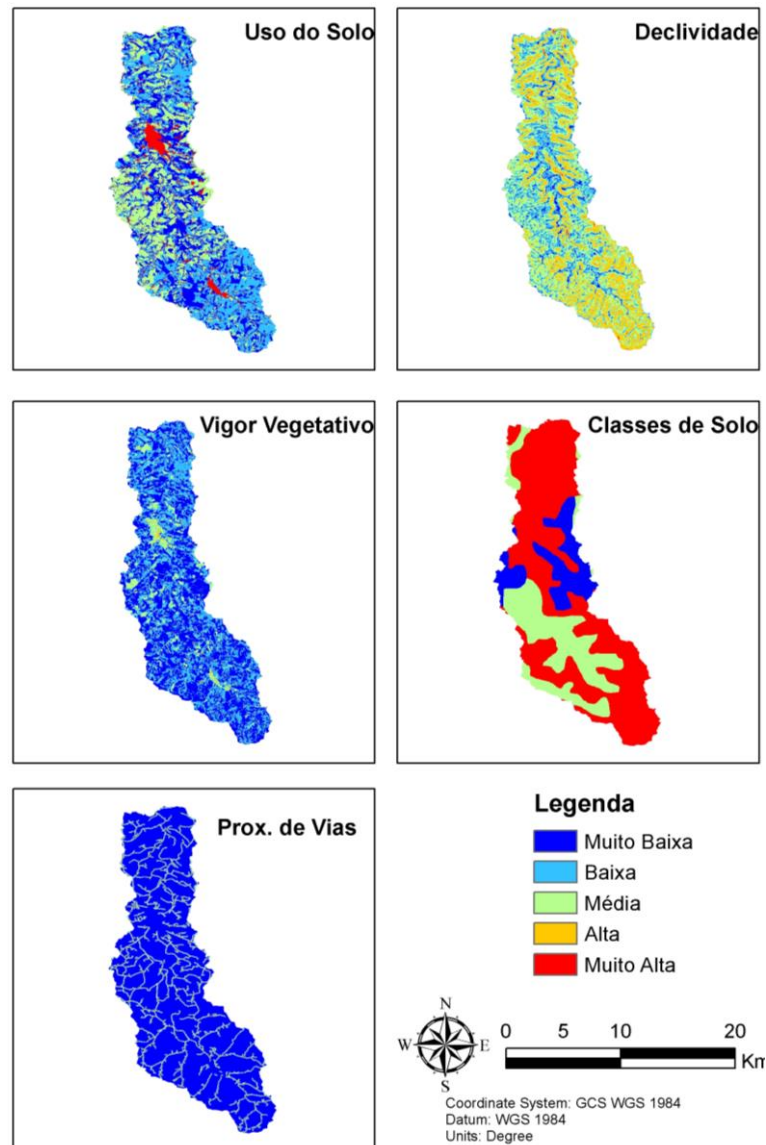


FIGURA 7. Mapas das notas de cada uma das variáveis sob estudo

Para a variável declividade, verifica-se que a microbacia apresenta susceptibilidade de média a alta, isso porque o relevo se enquadra de ondulado a fortemente ondulado em aproximadamente 70,75% da área (FIGURA 2). BONNA (2011) retrata que quanto maior a declividade, maior é o escoamento superficial e menor é a infiltração da água no solo, contribuindo assim para um aumento na erosão do solo.

Dentre todas as variáveis apresentadas na FIGURA 7, a que apresenta um destaque visual para uma maior susceptibilidade erosiva é a classe de solo, devido a predominância dos Neossolos. As variáveis proximidade de vias e vigor vegetativo se apresentam com notas de baixa e muito baixa susceptibilidade erosiva. As susceptibilidades erosivas natural e antrópica podem ser observadas na FIGURA 8. Destaca-se que não houve a classe de susceptibilidade muito baixa em ambas as situações. Este fato também ocorreu com BENAVIDES SILVA e MACHADO (2014) em seus estudos.

Em ambas susceptibilidades, a classe muito alta não ultrapassou 0,5%, aparecendo principalmente em algumas regiões onde há o uso antrópico errôneo para as condições locais

de declividade e classes de solo. Para BENAVIDES SILVA e MACHADO (2014) e BONNA (2011) esta classe de susceptibilidade também se apresentou em valores menores, embora seus valores ultrapasassem os 2% de suas respectivas áreas de estudo.

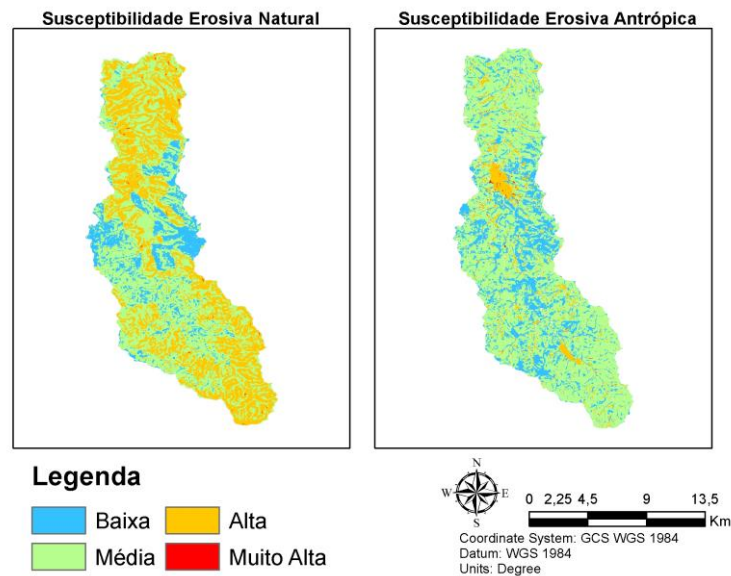


FIGURA 8. Mapas de susceptibilidades erosivas.

É predominante a média susceptibilidade (50,06%) quando se analisa a forma natural. Destaca-se também, que a grande porcentagem ocupada pela classe de alta susceptibilidade erosiva natural (37,01%). A predominância de valores médios a altos no que corresponde a susceptibilidade erosiva natural, deve-se principalmente a predominância dos Neossolos, aliado as declividades de ondulado a forte ondulado, tanto que o padrão espacial de distribuição se assemelha a distribuição destas componentes de legenda. Situações semelhantes foram evidenciadas por BENAVIDES SILVA e MACHADO (2014) e BONNA (2011) em seus estudos.

Considerando o uso antrópico, a classe de média susceptibilidade erosiva do solo passou a ter predominância de 68,11% e a classe alta foi reduzida a 7,55%. Este fato se justifica principalmente pela predominância das classes pastagem e mata na variável uso do solo, para as quais foi considerado menores susceptibilidade erosivas. BENAVIDES SILVA e MACHADO (2014) e BONNA (2011) também encontraram redução na classe alta de susceptibilidade natural, ao considerar o uso do solo.

O uso antrópico possui grande interferência na susceptibilidade dos solos a erosão, e se feito de maneira correta, respeitando as limitações impostas pelas demais variáveis físicas, pode diminuir o potencial erosivo de determinadas áreas. No caso estudado, o uso do solo ajudou a diminuir a susceptibilidade natural da microbacia.

CONCLUSÕES

A utilização da Análise de Multicritérios, em ambiente SIG, se mostrou muito eficiente para as análises de susceptibilidades erosivas da microbacia do rio das Lontras. Dentre os fatores que mais contribuíram para aumentar a susceptibilidade erosiva, destacam-se as classes de solo e a declividade. Em contrapartida, o uso do solo, aliado ao vigor vegetativo, contribui para diminuir a susceptibilidade erosiva.

A continuidade deste estudo, por meio da inserção de novas variáveis, atribuindo pesos diferentes aos que foram apresentados, inclusive a utilização de séries temporais é almejada, no intuito de ampliar as chances para um entendimento ainda maior das pressões naturais e

antrópicas na microbacia do rio das Lontras.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Pesquisadores (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação Araucária, pelo apoio financeiro fornecido.

REFERÊNCIAS

- ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D., B. B.; AYRES, F. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Revista Engenharia Agrícola**, Jboticabal, v.30, n.1, p.46-57, 2010.
- BENAVIDES SILVA, V. C.; MACHADO, P. S. SIG na análise ambiental: susceptibilidade erosiva da bacia hidrográfica do córrego Mutuca, Nova Lima – Minas Gerais. **Revista de Geografia**, Recife, v. 31, n.2, p. 66-87, 2014.
- BONNA, J. L. **Mapeamento Pedológico e de Suscetibilidade Erosiva no Alto Córrego Prata (Ouro Preto-MG)**. Dissertação de Mestrado em Geografia na Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011. 119p.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNADEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, Cl. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2001. p.124
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412p
- FARIA, T. O.; VECCHIATO, A. B.; SALOMÃO, F. X. T.; SANTOS Jr, W. A. Abordagem morfológica para diagnóstico e controle de processos erosivos. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 215-232, 2013.
- INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. **Dados Cartográficos do Paraná**. 2008. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br>. Acesso em fevereiro de 2015.
- LEPSCH, I. F. **Formação e conservação de solos**. São Paulo – SP: Oficina de Textos, 2002, 178p.
- LIMA, S. T.; SOUZA, J. B. de. O Geoprocessamento Aplicado na Identificação de Áreas com Susceptibilidade a Movimento de Massas no Parque das Mangabeiras em Belo Horizonte – MG. **Revista e-Scientia**, Belo Horizonte, v.1, n.1, p.1-18, 2008.
- MOURA, A. C. M. Reflexões Metodológicas como Subsídio para Estudos Ambientais Baseados em Análise de Multicritérios. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13., 2007, Florianópolis, **Anais...**, Florianópolis: INPE. 2007. p. 2899-2906.
- OLIVEIRA, R. R. S.; WATRIN, O. S.; VALENTE, M. A.; PIMENTEL, G. M. Análise da vulnerabilidade natural dos solos à erosão como subsídio ao planejamento territorial em área da microbacia do igarapé Peripindeua, Nordeste Paraense. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., 2011, Curitiba, **Anais...**, Curitiba: INPE. 2011. p.4783-4790.
- VALERIANO, M.M. **TOPODATA: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos: INPE, Relatório INPE15318RPQ/818, 2008, 75p.