

USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA ESTIMATIVA DE PERDA SOLO E IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A EROSÃO LAMINAR NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VIEIRA, MUNICÍPIO DE MONTES CLAROS, MG

Ivo Augusto Lopes MAGALHÃES ¹
 Cesar Vinicius Mendes NERY ²
 Sidney Sára ZANETTI ³
 Flávio Eymard da Rocha PENA ⁴
 Roberto Cecílio AVELINO ⁵
 Alexandre Rosa dos SANTOS ⁶

¹ Eng. Ambiental, Mestrando em Ciências Florestais – Universidade Federal do Espírito Santo - UFES. E-mail: ivosrmagalhaes@gmail.com

² Eng. Agrônomo, Prof. MSc. da Faculdades Santo Agostinho, FACET e-mail: cvmn@hotmail.com

³ Eng. Agrônomo, Prof. DSc. Adjunto do Depto. de Ciências Florestais e da Madeira – DCFM/UFES. E-mail: sszanetti@yhoo.com.br

⁴ Licenciado em Ciências Agrícolas. Prof. MSc. do Campus Ibatiba – Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Espírito Santo – IFES. E-mail: flavio.pena@ifes.edu.br

⁵ Eng. Agrícola, Prof. DSc Adjunto do DCFM/UFES. E-mail: racecilio@yahoo.com.br

⁶ Eng. Agrônomo, Prof. DSc. Adjunto do Depto. de Engenharia Rural, UFES.

RESUMO. O propósito deste trabalho foi estimar a perda de solos por erosão laminar na sub-bacia hidrográfica do rio Vieira, município de Montes Claros, MG. A erosão laminar foi estimada pela Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), e modelada pelos dados do *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) por meio da Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL). A elaboração do mapa de susceptibilidade a erosão foi desenvolvido por meio do cruzamento dos pesos dos mapas de uso e ocupação da terra, tipo de solo e declividade. Foi utilizada a análise multicritério AHP para obter o mapa de susceptibilidade a erosão da sub-bacia. Foi realizado um fatiamento em 5 classes das áreas susceptíveis a erosão em baixíssimo risco, baixo risco, médio risco, alto risco e altíssimo risco. Por meio da classificação supervisionada Bhattacharya das imagens do satélite Landsat-TM5 foram encontradas 4 as classes de uso e ocupação da terra que contribui para o cruzamento das informações através da álgebra de mapas. A partir da modelagem, conclui-se que as maiores perdas de solos encontrados na sub-bacia hidrográfica, estão correlacionadas com as áreas de solo exposto e os solos do tipo Argissolo Vermelho Amarelo, que são mais rasos, e apresentam a maior taxa de erodibilidade. A perda de solo média por erosão laminar na bacia hidrográfica do rio Vieira foi estimada em 33,62 ton/ha/ano.

Palavras-chaves: Erosão, perda de solo, geotecnologias, bacia hidrográfica.

ABSTRACT. *Use of geotechnologies for soil loss estimative and identification of laminar erosion areas in sub-basin of the Vieira river, Montes Claros, MG.* The purpose of this study was to estimate soil loss by sheet erosion in the sub-basin of the river Vieira in the city of Montes Claros, Minas Gerais State, Brazil. The erosion was estimated by Equation Universal Soil Loss (USLE), and modeled by data from Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) by language Spatial Geoprocessing Algebraic (LEGAL). The erosion susceptibility map was made by crossing the maps of use and occupation of land, soil type and slope. We used the AHP multicriteria analysis to obtain the map of susceptibility to erosion. The sub-basin was sliced into five classes with areas susceptible to erosion: very low risk, low risk, medium risk, high risk and very high risk. Bhattacharya supervised classification of Landsat images-TM5 met four classes of use and occupation of the land, which contributed to the intersection of information through map algebra. From the modeling, it was concluded that the major losses of soil were estimated in areas of exposed soil and Alfissol presence. The average soil loss by sheet erosion was estimated at 33.62 ton/ha/year.

Keywords: Erosion, geotechnology, watershed, modeling.

INTRODUÇÃO

A erosão é um fenômeno natural que ocorre constantemente na superfície terrestre, sendo definida pelo transporte, deslocamento e deposi-

ção contínua de partículas do solo de um determinado lugar para outro, por intermédio dos rios, dos ventos, geleiras e precipitação. No processo erosivo a perda de solo é um dos passivos ambientais mais degradantes, pois a

recuperação e surgimento de um novo solo é um processo bastante oneroso.

Segundo Lepsch (2002), a erosão é responsável pelo assoreamento dos cursos d'água por carreamento das partículas sólidas das margens do rio para o seu leito. Este fenômeno ocorre com maior vulnerabilidade quando as gotículas da chuva atingem um solo desprovido de vegetação consistente, ou provido de pouca cobertura de interceptação de água, gerando assim o deslocamento das partículas do solo em direção à calha principal dos cursos d'água.

A aceleração do processo erosivo produz condições anormais bastante notáveis, como: cicatriz no terreno, surgimento de voçorocas, solapamento de margens de rios, deslizamento de encostas e inundações. Sendo assim, o solo quando desprovido de sua vegetação natural, fica exposto a uma série de fatores que tendem a degradá-lo (LEPSCH, 2002).

Existem dois fatores que contribuem com o surgimento da erosão, a ação natural e a ação antrópica, contudo o agravamento da erosão varia conforme as características ambientais e físicas como o tipo de clima e os aspectos da topografia.

(LEPSCH, 2002) adverte que o desgaste acelerado do solo sempre existirá se não houver o cuidado de mantê-lo sempre preservado e combater as causas relacionadas a vários processos que ali ocorrem.

Para tanto, cada vez mais cientistas estão pesquisando e desenvolvendo metodologias para

estimar a perda de solo em diversos tipos de solos em locais experimentais distintos. Uma das metodologias que está sendo utilizada com bastante frequência é a modelagem de dados, utilizando tipos de solo, declividade e uso e ocupação da terra, por meio de ferramentas computacionais auxiliado pelos Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento remoto.

Diante do exposto, o propósito deste estudo foi estimar a perda de solos por erosão laminar na bacia hidrográfica do rio Vieira, município de Montes Claros, MG por meio do uso de geotecnologias.

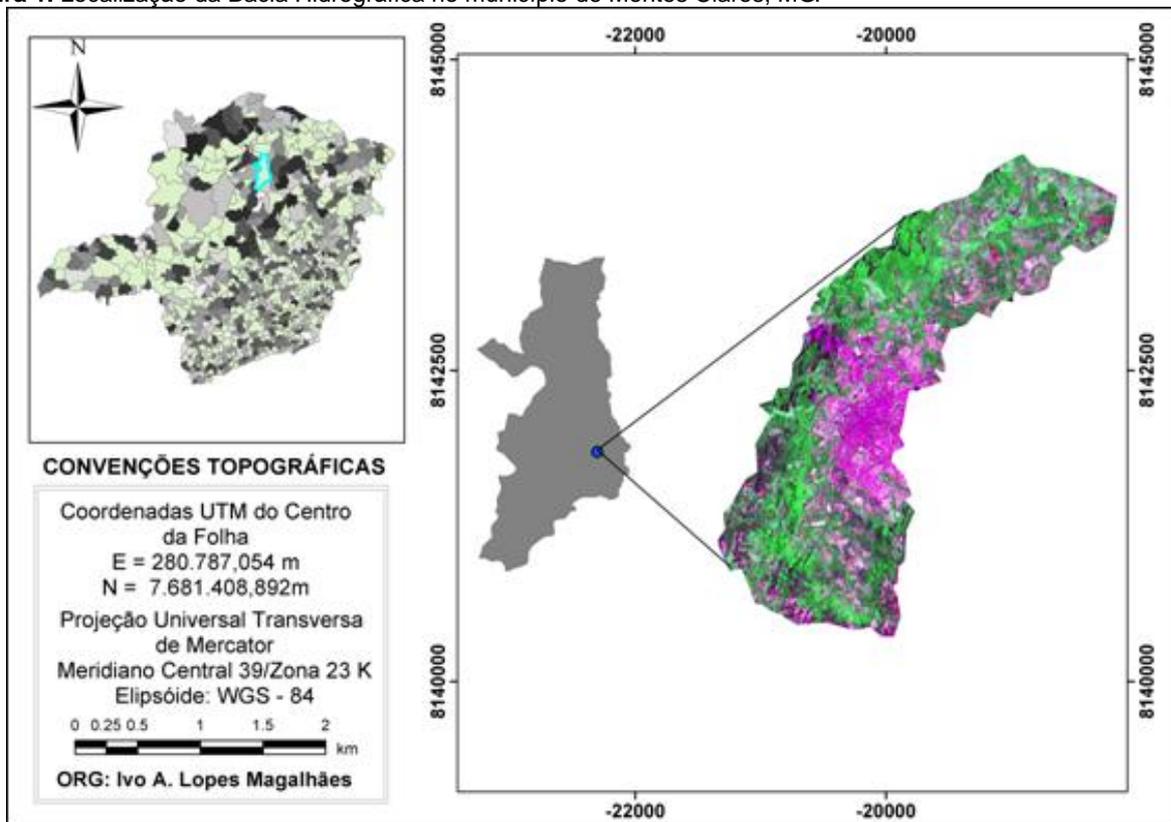
METODOLOGIA

Área de Estudo

A área utilizada para o desenvolvimento deste estudo foi a bacia hidrográfica do rio Vieira, situada no município de Montes Claros, Norte de Minas Gerais, com área de 304.23 km² (Figura 1). A bacia hidrográfica localiza-se a Oeste do rio Verde Grande e a Leste do rio São Francisco na longitude 43°56'04" W, e na latitude 16°47'22" S.

De acordo com Drumond (2008), o tipo climático na região da bacia hidrográfica é característico de clima tropical semi-árido quente e seco, a cobertura vegetal predominante é o cerrado caducifólio, ocorrendo áreas com transição Cerrado/ Caatinga.

Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica no município de Montes Claros, MG.



Modelo Digital de Elevação (MDE)

Foi utilizado o MDE com resolução espacial de 90 metros, originário da missão de mapeamento do relevo terrestre desenvolvido pela NASA, o SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), referenciado ao Datum SAD 69. Este MDE foi gerado por interferometria na banda X, fornecendo uma confiabilidade vertical de 90% dos dados obtidos. De posse do MDE, foi utilizada a metodologia proposta por Valeriano (2008), correspondendo à elaboração dos seguintes mapas: Contorno, altimetria, fatiamentos das classes de declividade, orientação das vertentes, extração de padrões, curvatura vertical e horizontal, talwegues e divisores de água.

Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS)

Neste trabalho, foi utilizada a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) proposta por Wischmeier e Smith (1978), representada pela seguinte equação:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot C \cdot S \cdot P \quad (\text{Eq.1})$$

em que:

- A: quantidade de terra removida, em toneladas por hectares;
- R: erosividade; é o índice de erosão causada pela chuva (Mj.mm/h.ha);
- K: erodibilidade do solo; é a intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva, para um solo específico que é mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo as operações culturais normais;
- L: comprimento do declive; é a relação de perdas de solo entre o comprimento de declive qualquer e um comprimento de rampa de 25 m para o mesmo solo e grau de declive;
- S: grau de declive; é a relação de perdas de solo entre um declive qualquer e um declive de 9% para o mesmo solo e comprimento de rampa;
- C: uso e manejo do solo; é a relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto.
- P: práticas conservacionistas; é a relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando se planta morro abaixo. São utilizadas tabelas referentes às práticas conservacionistas;

O (fator R), que representa a erosividade causada pela chuva, foi adquirido por meio do aplicativo computacional Neterosividade-MG (MOREIRA et al., 2008), de posse dos valores de latitude, longitude e altitude da localização de uma área de interesse sobre a bacia hidrográfica. A erodibilidade (fator K), representa a facilidade com que partículas de solo são destacadas e transportadas para determinados locais por ação

de processos exógenos. O fator K, foi obtido por meio da associação dos valores encontrados por Reatto et al., (2000), demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de erodibilidade do solo para a sub-bacia hidrográfica do rio Vieira.

Classes de Solo*	Fator K
Cambissolo Háplico	0,003
Latossolo Vermelho-Amarelo	0,004
Latossolo Vermelho	0,005
Argissolo Amarelo	0,007

Fonte: Reatto et al., (2000); Mannigel et al., (2002).

O fator topográfico (LS), que relaciona a intensidade de perdas dos solos por consequência do seu comprimento de rampa e da sua declividade, e foi obtido pela Equação proposta por Bertoni (1959), onde:

$$LS = 0,0094 \cdot L^{0,63} \cdot S^{1,18} \quad (\text{Eq.2})$$

em que:

LS: fator topográfico;

L: comprimento de rampa/ encosta (m);

S: declividade média de rampa/encosta (%).

O fator (CP) representa as características do uso e ocupação da terra dentro do perímetro da bacia hidrográfica do rio Vieira. Para obtenção dos valores do fator CP, foi aplicada a função de reclassificação digital na Linguagem LEGAL.

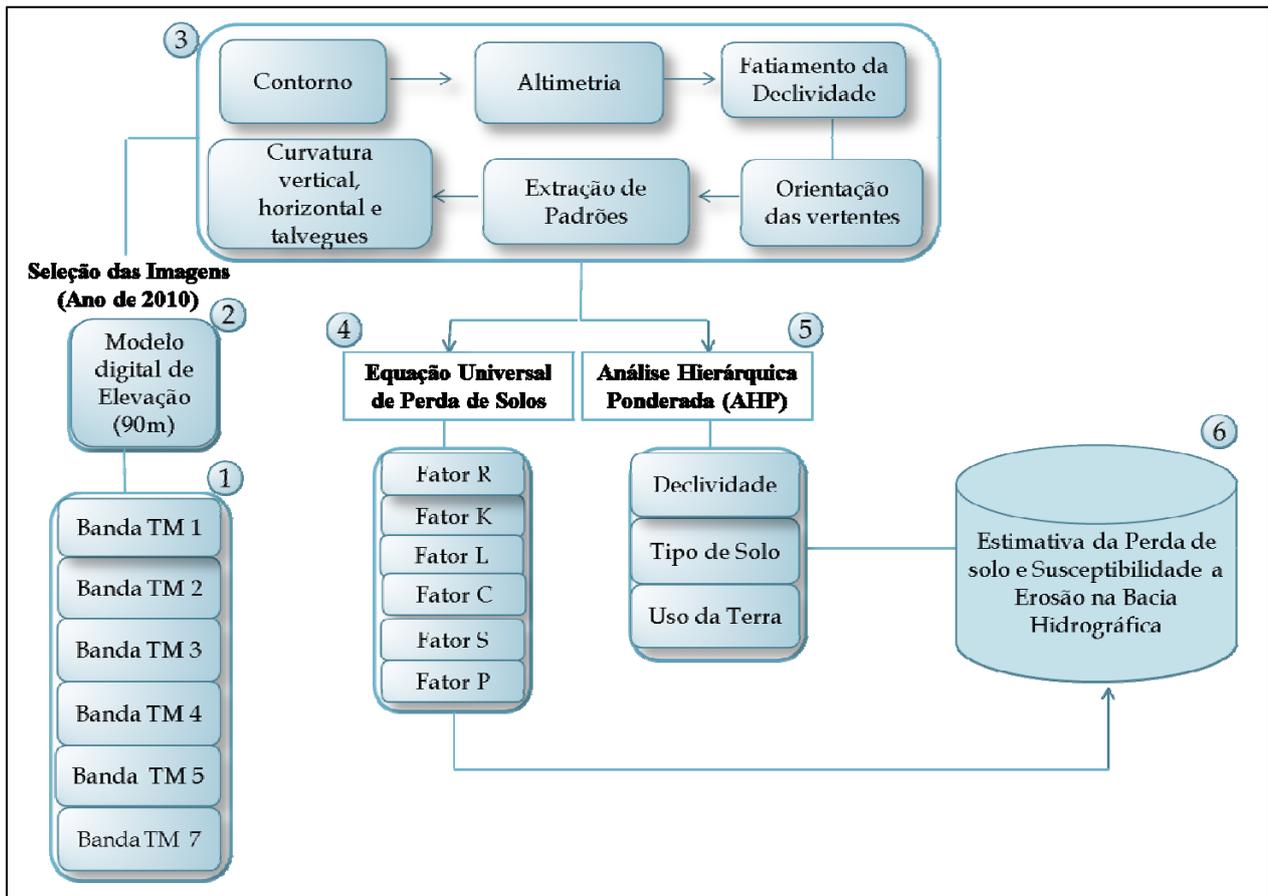
Todas as etapas para a elaboração do mapa final de perda de solo e a identificação das áreas susceptíveis a erosão laminar na bacia hidrográfica do rio Vieira, é ilustrado conforme o fluxograma metodológico apresentado pela Figura 2.

Análises Morfométricas

As imagens do sensor TM do LANDSAT 5, bandas espectrais 1,2,3,4,5 e 7 com a data de 21/03/2010, foram obtidas por meio do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, no endereço eletrônico <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. As imagens foram processadas nos aplicativos computacionais SPRING, versão 5.1.5 e Idrisi Andes. O registro das imagens foi realizado com base fixa ao mosaico da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA).

Para o cumprimento das aplicações do trabalho, os dados SRTM foram desdobrados, após refinamento, em planos de informação de variáveis Morfométricas (declividade, orientação de vertentes e curvaturas) bem como em planos de informação de variáveis classificadas e combinadas para caracterização qualitativa da topografia, tais como o processo ADD (Azimute, Divisores e Drenagem) e as formas do terreno.

Figura 2. Fluxograma metodológico para a elaboração do mapa final de perda de solos e identificação de áreas suscetíveis a erosão laminar na bacia hidrográfica do rio Vieira.



Análise Multicritério (AHP) para delimitação das áreas suscetíveis a erosão

A delimitação das áreas com maiores susceptibilidades a risco de erosão laminar foi feita por meio da análise Hierárquica Ponderada (AHP), desenvolvido por Saaty (1977). Esta análise é multicriterial, pois é expressa por uma matriz composta de pesos e parâmetros que são correlacionados a cada atributo (MAGALHÃES et al., 2011).

Os fatores determinantes para análise multicritério das áreas de risco a erosão foram os mapas temáticos: declividade da bacia em porcentagem, uso e ocupação da terra e o tipo de solo. Cada mapa temático foi correlacionado com a matriz de decisão hierárquica (Quadro 1), e em função da importância de cada tema foi atribuído um valor para contribuição da erosão.

A fase de atribuição de pesos aos mapas temáticos são ações detalhadas e deve ser decidida e comunicada pela equipe do trabalho (BEM, 2006). A matriz de comparação das classes temáticas desenvolvida no trabalho é demonstrada pelo Quadro 2.

O mapa de declividade foi definido como maior peso, seguido do uso da terra e o tipo de solo, após obtenção dos pesos de cada fator foi elaborado o mapa de susceptibilidade a erosão (MSE) por meio da Equação 3:

Quadro 1. Escala de valores dos comparadores

Valores	Importância Mútua
1/9	Extremamente menos importante que
1/7	Muito fortemente menos importante que
1/5	Fortemente menos importante que
1/3	Moderadamente menos importante que
1	Igualmente importante a
3	Moderadamente mais importante que
5	Fortemente mais importante que
7	Muito fortemente mais importante que
9	Extremamente mais importante que

Fonte: Saaty (1997), citado por ROSOT et al. (2000).

Quadro 2. Matriz de comparação dos fatores.

Fatores	Altitude	Uso da Terra	Declividade	Pesos
Tipo de Solo	1	0,3333	0,1429	0,1047
Uso da Terra	3	1	0,3333	0,2583
Declividade	5	3	1	0,6370

FONTE: Saaty (1997), citado por Rosot et al. (2000).

$$\text{MSE}=0,6370.D+0,2583.MUT+0,1047.MTS \text{ (Eq.3)}$$

em que:

MSE: mapa de susceptibilidade a erosão

D: Mapa de declividade (%);

MTU: Mapa de uso e ocupação da terra;

MTS: Mapa de Tipo de Solo.

Fatiamento dos mapas para análise dos fatores

Para elaboração dos mapas dos fatores analisados, esses foram fatiados em classes, os quais foram inseridos notas correlacionadas ao grau de susceptibilidade à erosão variando de 0 a 10, do menos ao mais susceptível.

Declividade

A imagem do radar SRTM foi transformada em imagem raster de declividade pela técnica de análise espacial, e posteriormente foi fatiado em 6 classes segundo Embrapa (1999), os valores foram aplicadas de acordo com o Quadro 3.

Quadro 3. Valores de declividade.

Classe de declividade (%)	Classificação do relevo	Notas
0 – 3	Plano	2
3 – 8	Suavemente ondulado	4
8 – 20	Ondulado	5
20 – 45	Fortemente ondulado	8
45 – 75	Montanhoso	9
> 75	Escarpado	10

Fonte: EMBRAPA (1999).

Uso e ocupação da terra

As imagens Landsat-TM5 foram segmentadas por regiões semelhantes com valor de similaridade 10 e 20, para posterior classificação supervisionada pelo método Bhattacharya com limiar de 99% de aceitação. A extração das classes de uso da terra foi classificada em cerrado, solo exposto, água e área urbana conforme demonstra o Quadro 4.

Quadro 4. Pesos atribuídos ao uso e ocupação da terra.

Classes de Uso e Ocupação da Terra	Notas
Cerrado	5
Solo exposto	10
Área Urbana	2
Corpo hídrico	1

Mapa de tipo de Solo

O mapa de solos de Minas Gerais foi obtido por meio dos dados da Cetec (2009), em uma escala de 1:500.000 e posteriormente foi extraído apenas os solos contidos no polígono representativo da sub-bacia do rio Vieira (Quadro 5).

Quadro 5. Pesos referentes ao tipo de solo.

Tipo de Solo	Notas
Argissolo Amarelo	10
Cambissolo Háplico	7
Latossolo Vermelho Amarelo	4
Latossolo Amarelo	3

RESULTADOS E DISCUSSÕES

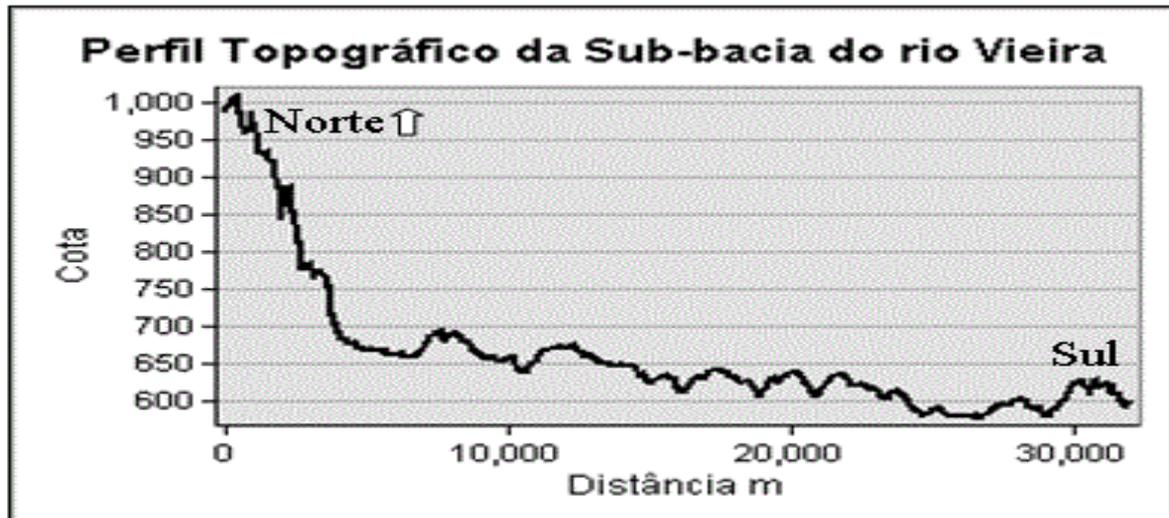
O Argissolo Vermelho Amarelo corresponde a (66,31%) da área total da bacia hidrográfica, e abrangeu a maior perda de solo anual (20 ton/ha/ano). Esse fato é justificado devido à ocorrência de extensa área de solo exposto e alto índice de erodibilidade. Outro fator motivador para a maior perda de solo no Argissolo Vermelho Amarelo foi a presença das maiores áreas de declividade situarem na transição do Cambissolo Háplico com o Argissolo Amarelo e nas áreas litótrofos da sub-bacia.

A sub-bacia hidrográfica apresentou áreas mais declivosas na região norte com valor de altitude máxima entre 1000 a 1220m, contudo na região sul encontrou-se relevo mais suave com altitudes entre 520 a 630m, na região a montante da sub-bacia hidrográfica constatou-se as menores taxas de perda de solo nos locais com menor declividade e altitude. A Figura 3 representa o perfil topográfico da sub-bacia hidrográfica do rio Vieira, MG.

O Cambissolo Háplico abrangeu a área correspondente a (18,43%) da bacia hidrográfica, e apresentou uma alta taxa de perda de solo nas áreas situadas próximas as mediações do perímetro urbano do município de Montes Claros, no entanto na extensão do bioma cerrado o Cambissolo Háplico apresentou baixos valores de erosão, aproximadamente (2 ton/ha/ano).

Dutra, Teixeira e Mendonça (1997) corroboram com este estudo ao encontrar perda de solo com valores menores que 6 ton/ha/ano no estudo de perda de solo por erosão em áreas do bioma mata Atlântica na região Serrana do Estado do Espírito Santo utilizando técnicas de geoprocessamento.

Figura 3. Perfil topográfico da sub-bacia hidrográfica do rio Vieira, MG.



O Latossolo Vermelho-Amarelo e o Latossolo Vermelho estão situados em uma pequena extensão na bacia hidrográfica aproximadamente 15,26% da sub-bacia, no entanto estes solos apresentaram baixos valores de erosão em (2 ton/ha/ano) nas áreas do cerrado, contudo, nas áreas mais declivosas e nas áreas limítrofes da sub-bacia apresentaram altos valores entre (20 ton/ha/ano) e (10 ton/ha/ano) nas áreas com solo exposto.

Mesmo por compreenderem as menores extensões da sub-bacia, as perdas de solo nestes dois tipos de solos contribuíram significativamente para a perda média anual de (33,62 ton/ha/ano). As representações das áreas de cada classe de solo estão apresentadas conforme a (Tabela 2).

Tabela 2. Área ocupada pelos diferentes tipos de classes de solo na bacia hidrográfica do rio Vieira, MG.

Classes do Solo	Área (ha)	Área %
Argissolo Amarelo	202.176,90	66,31
Cambissolo Háplico	56.191,50	18,43
Latossolo Vermelho-Amarelo	26.924,40	8,83
Latossolo Vermelho	19.584,90	6,43
Total	304.877,70	100%

A sub-bacia hidrográfica apresentou extensa área coberta por vegetação nativa, pois o bioma Cerrado, típico da área em estudo apresentou maior extensão de uso e ocupação da terra (Tabela 3). O Cerrado foi mensurado em 165.072,60 ha, correspondendo a 54,25% da área na sub-bacia hidrográfica (Figura 4).

Perda de Solos por Erosão Laminar

A perda do solo por erosão foi analisada por meio dos diferentes valores do fator de uso e manejo do solo (C) correspondente a cada cultura da sub-bacia, considerando também o uso da

terra e taxa de precipitação anual, nestas análises as áreas com presença do bioma cerrado foram as áreas com menores valores de perda de solo por erosão.

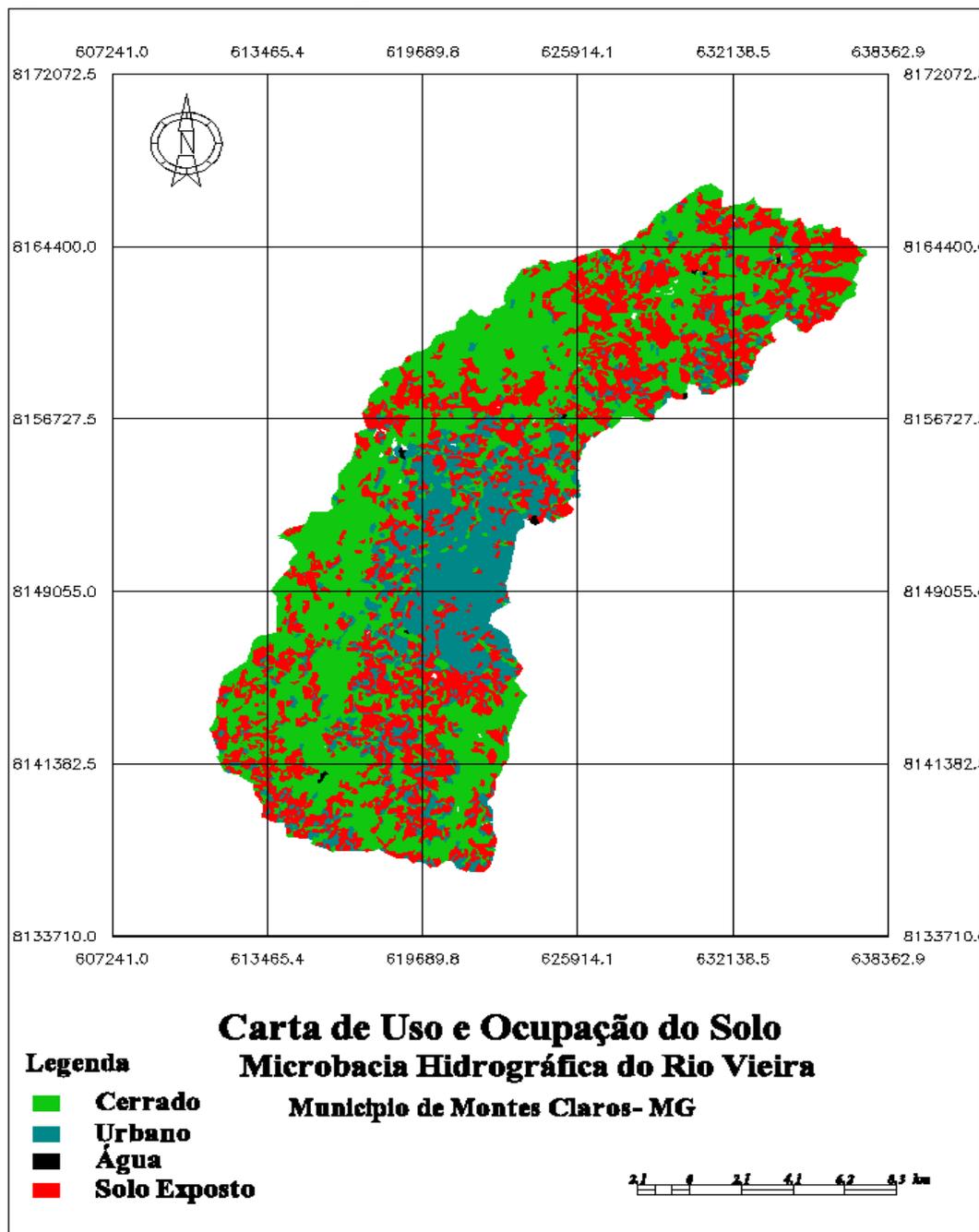
Tabela 3. Área ocupada pelas classes de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Vieira

Classes de Uso e Ocupação da Terra	Área (ha)	Área %
Cerrado	165.072,60	54,25
Perímetro Urbano	60.330,60	19,82
Corpos Hídricos	0.393,33	0,12
Solo exposto	78.477,30	25,79
Total	304.277,40	100%

Nas regiões tropical e subtropical, a erosão é dependente da soma das dez ou vinte chuvas mais severas do ano (LOMBARDI NETO; MOLDENHAUER, 1992). Contudo foi efetuado o cálculo de perda de solo anual referente e as áreas com as maiores perdas de solos por erosão laminar, e os valores chegaram a ultrapassar 20 ton/ha/ano em diversas regiões da sub-bacia, equivalendo aproximadamente a 25,70% da área de estudo, nessas áreas estão presente solo exposto, declividade escarpada e solo mais susceptíveis ao desagregamento de partículas.

Segundo Bertoni; Lombardi Neto (1995), os valores de tolerância média de perdas de solo variam de 4,5 a 13,4 ton/ha/ano e 4,6 a 15,0 ton/ha/ano, respectivamente, para solos com B textural e com B latossólico, esses valores representam uma tentativa para estabelecer os limites de tolerância de perdas de solo. Em comparação aos valores recomendados por esses autores com os valores encontrados na sub-bacia do rio Vieira é constatado que na sub-bacia a perda de solo é maior do que o seu processo de formação.

Figura 4. Mapa de Uso da terra da bacia hidrográfica do rio Vieira.



Os menores valores de perda de solo foram de aproximadamente 2 ton/ha/ano, que representa respectivamente 75,30% caracterizando um sub-bacia com pouca perda de sedimentos. A taxa média anual de perda de solo por erosão em toda extensão da bacia hidrográfica foi aproximadamente 33.62 ton/ha/ano (Figura 5).

Áreas Susceptíveis a risco de Erosão

O mapa de susceptibilidade a erosão da sub-bacia foi elaborado por meio da escala multicritério, obtido pelo cruzamento dos pesos referentes aos mapas essenciais (FIGURA 6), ao processo erosivo, entretanto este mapa de susceptibilidade foi fatiado em 5 classes;

baixíssimo risco, baixo risco, médio risco, alto risco e altíssimo risco a erosão.

A declividade média na sub-bacia do rio Vieira é de 10,25%, no entanto as áreas com declividades superiores a 30% estão inseridas nas classes de alto risco e altíssimo risco de perda de solo por erosão, essas áreas são os locais com as maiores declividades, solos mais arenosos e que apresentaram o uso inadequado da terra (solo exposto). As áreas susceptíveis a erosão com baixíssimo risco apresentaram extensão de 13.450 ha, as áreas de baixo risco 149.710 ha, as áreas de médio risco 120.000 ha, as áreas de alto risco e altíssimo risco apresentaram 21.500 ha (Tabela 4).

Figura 5. Perda de solo por erosão laminar na bacia hidrográfica do rio Vieira.

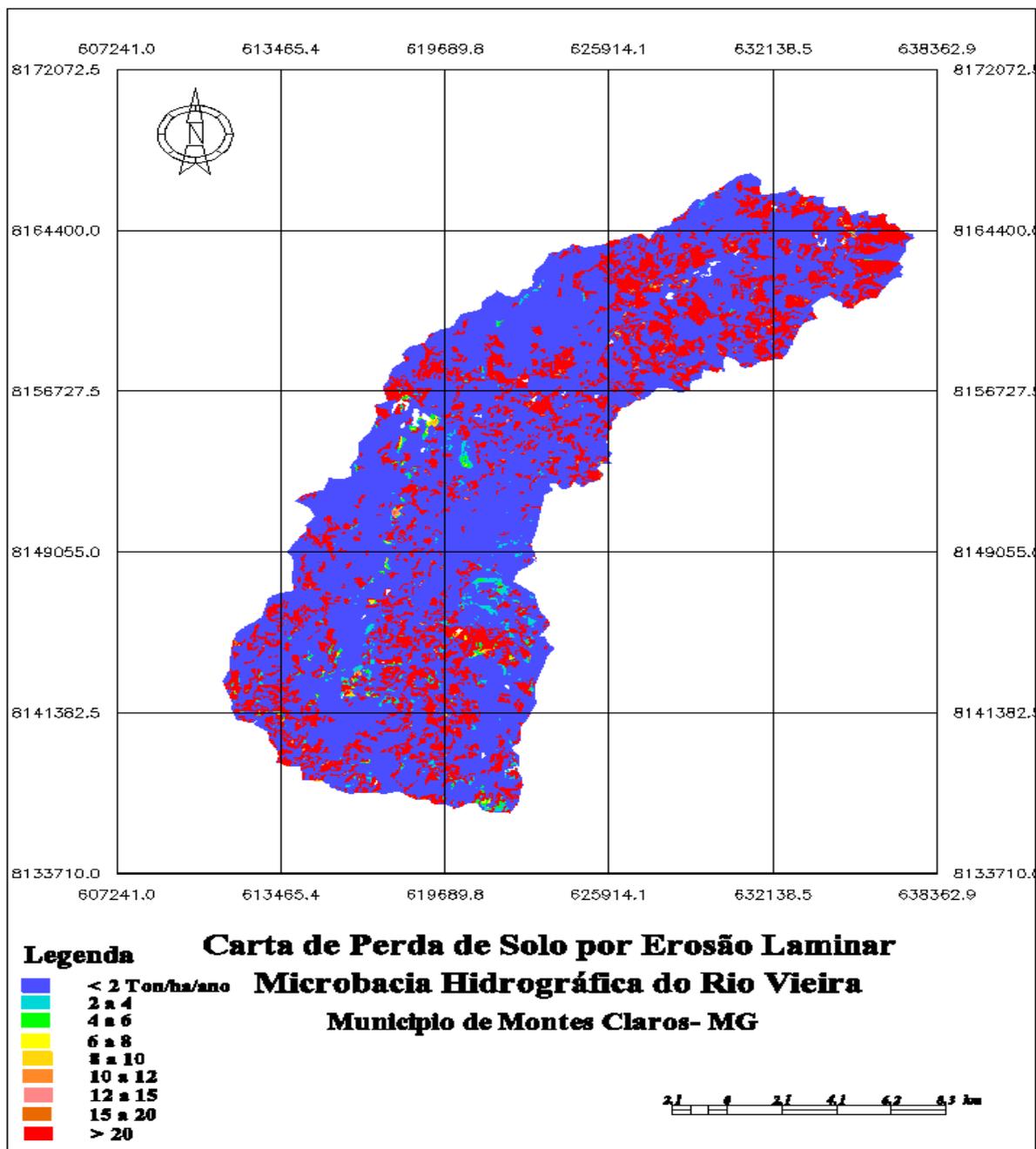


Tabela 4. Quantificação de área e perímetro para as classes de susceptibilidade a erosão na sub-bacia do rio Vieira, MG.

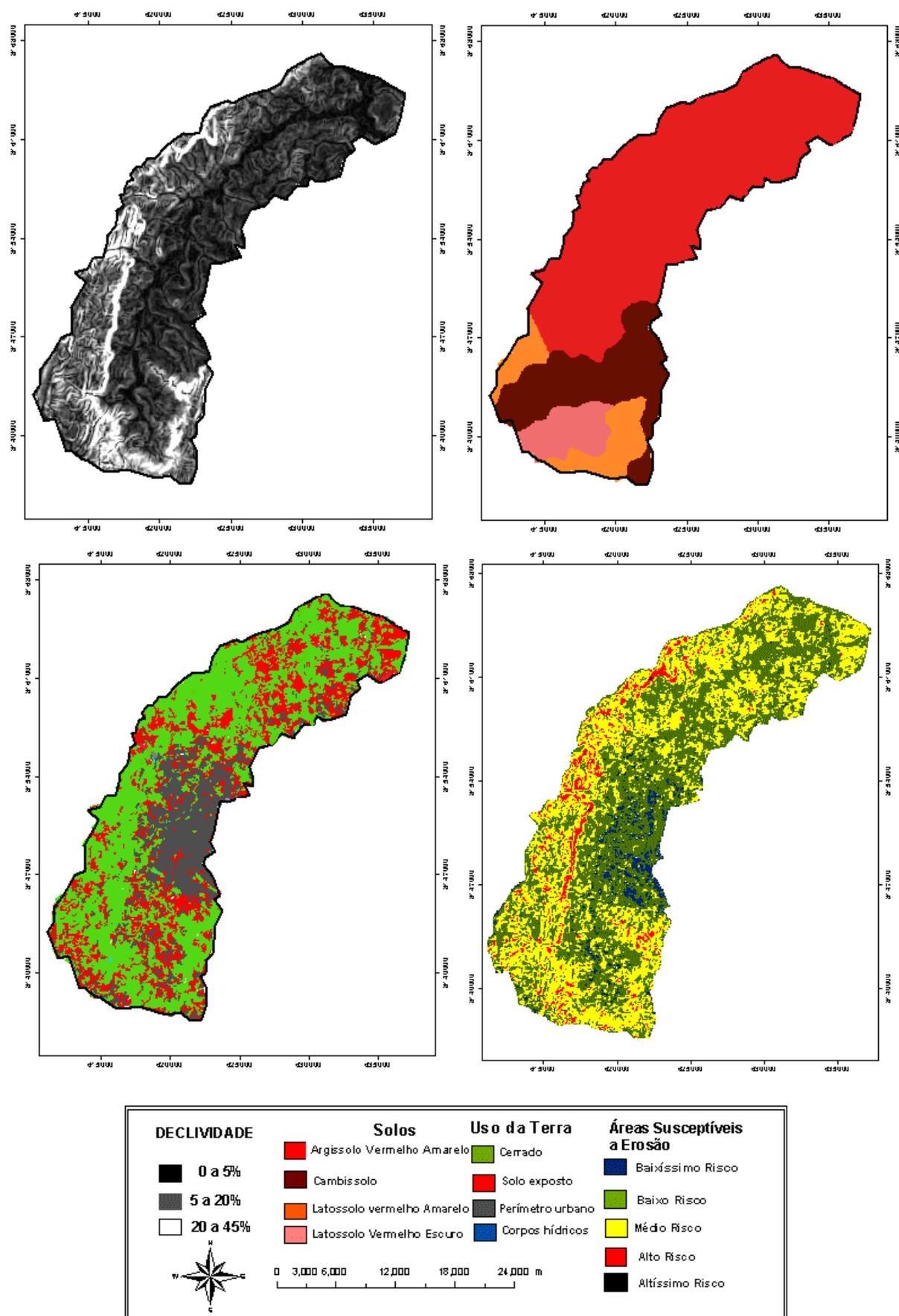
Classes de Susceptibilidade à erosão	Área (ha)	Perímetro (km)
Baixíssimo risco	13.450	4.120
Baixo risco	149.710	20.330
Médio risco	120.000	19.720
Alto risco	15.500	4.920
Altíssimo risco	6.000	1.980

As áreas mais susceptíveis a erosão estão situadas na região sul e porção oeste da sub-bacia hidrográfica, na parte oeste da bacia, as áreas mais sensíveis a erosão está na região

limítrofe a outra bacia hidrográfica, coincidindo com a linha cumeada do relevo da bacia.

A região que representa o grau de médio risco apresenta a maior declividade da bacia, no entanto esta área é composta por vegetação do bioma cerrado, consequentemente está protegida pela interceptação da precipitação, com isso apresentou os menores riscos aos processos erosivos, diferente da porção limítrofe que apresenta 20% de declividade, com área situada no Argissolo Vermelho Amarelo (solo com maior potencial de desagregação das partículas), entretanto as maiores áreas de alto risco de erosão nos solos foi estimada na região do latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo (Figura 6).

Figura 6. Sequência das etapas para elaboração do mapa de Áreas Susceptíveis a risco de Erosão na bacia hidrográfica do Rio Vieira.



CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que, aproximadamente 74% da sub-bacia hidrográfica não está degradada pela perda de solo por erosão laminar, havendo sustentabilidade ambiental nestas áreas.

A utilização dos Sistemas de Informações Geográficas mostrou-se essencial para análise e integração dos dados de perda de solo por erosão laminar e elaboração das áreas susceptíveis a riscos.

O Argissolo Vermelho Amarelo é o solo mais susceptível à erosão laminar na bacia hidrográfica.

Mesmo havendo sustentabilidade quanto a perda de solo, devem ser realizadas práticas conservacionistas para a recuperação de aproximadamente 25,79% de solo exposto existente na sub-bacia.

A média anual de perda de solo por erosão na bacia hidrográfica é de aproximadamente 33.62 ton/ha/ano.

O mapa de susceptibilidade a erosão da bacia hidrográfica poderá servir como instrumento norteador para ações mitigadoras nas áreas mais vulneráveis sub-bacia hidrográfica.

REFERÊNCIAS

- BEN, F. Utilização do método AHP em decisões de investimento ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006, Fortaleza-CE, **Artigos completos...** Fortaleza: ENDEP, 2006. p 1-8.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. (Coord.). **Conservação do Solo**. 6. ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. (Coord.). **Conservação do solo**. Piracicaba: Livrocere, 1985. 368 p.
- BERTONI, J. O espaçamento dos terraços em culturas anuais, determinados em função das perdas por erosão. **Bragantia**, v. 18, n. único, p. 113-140, 1959.
- BERTONI, J.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas-SP. **Bragantia**, v. 51, n.2 p. 189-196, 1992.
- DRUMOND, G. E. A. **Montes Claros potencialidades Associação Comercial, Industrial e de Serviços de Montes Claros- MG**. 2008. 87 f. Monografia (Licenciatura em Geografia). Universidade Estadual de Montes Claros, 2008. para obtenção do grau de licenciatura em Geografia.
- DUTRA, K. R.; TEIXEIRA, E. C.; MENDONÇA, A. S. F. Determinação da estimativa de perda de solo por erosão superficial em bacia hidrográfica utilizando sistema de informações geográficas – SIG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Uberlândia-MG, **Artigos completos...** Uberlândia: ABES, 1997. P 2031-2046.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA (Coord.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Serviço de Produção de Informação, 1999. 412 p.
- FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; MEDEIROS, L. C. Avaliação da qualidade altimétrica dos modelos digitais de elevação obtidos a partir da missão SRTM e de curvas de nível do mapeamento sistemático nacional na escala de 1:100.000 para o estado de Goiás e Distrito Federal. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO, 6., 2008, Brasília-DF, **Resumos expandidos...** Brasília: PARLAMUNDI, 2008. p 1-7.
- INPE- **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**: Softwares livres Spring manuais tutorial. Linguagem Legal. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html>>. Acesso em: 22 dez. 2010.
- LEPSCH, I. F. (Coord.). **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Texto, 178 p., 2002.
- MAGALHÃES, I. A. L.; THIAGO, C. R. L.; AGRIZZI, D. V.; SANTOS, A. R. Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de risco de inundação em Guaçuí, ES: Uma análise comparativa entre dois métodos. **Caderno de Geociências**, v. 8 n. 2, p. 63-70, 2011.
- MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.
- MOREIRA, M. C. ; PRUSKI, F. F.; OLIVEIRA, T. E. C.; PINTO, F. A. C.; SILVA, D. D. NetErosividade MG: erosividade da chuva em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, n.3, p. 1349-1352, 2008
- REATTO, A. SPERA, S. T.; CORREIA, J.R.; MARTINS, E. S.; BLOISE, G. L. F.; SOUZA, G. D.; SILVA, A. V. Levantamento semidetalhado dos solos da bacia do Olaria – DF escala 1:30.000. **Boletim de Pesquisas Embrapa Cerrados**, Planaltina, n. 15, p. 1 - 44, 2000.
- SAATY, T. H. A scaling method form priorities in hierarquical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v.15, n. 3, p. 234-281, 1997.
- SILVA, S. S. Uso de dados SRTM aplicados a levantamentos pedológicos: o caso do Projeto de

Assentamento Favo de Mel, Acre/Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. 2007, Florianópolis, **Anais...** São José dos Campos: INPE, p., 2187-2189, 2007.

TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. A Sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Jirau. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 57, p. 235-244, 2005.

VALERIANO, M. M. Modelo digital de variáveis morfológicas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005, p. 3595-3602.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA**: guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos - SP, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE 2008. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/documentos.php>>. Acesso em: 20 jun. 2010.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses**: a guide to conservation planning. Washington: United States Department of Agriculture, 1978. 58 p.