



## Adequação de modelo a susceptibilidade à erosão de solos no âmbito de microbacia na borda sul-amazônica

Wesley Vicente Claudino<sup>1,\*</sup> , Edgley Pereira da Silva<sup>1</sup> , Charles Caioni<sup>1</sup> ,  
Antonio Carlos Silveiro da Silva<sup>1</sup> , Ademilson Sampaio de Oliveira<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta, MT, Brasil.

Autor correspondente: wesleyherbam@gmail.com

Recebido: 26/02/2018; Aceito: 28/12/2018

**Resumo:** O trabalho teve como objetivo gerar um modelo de erodibilidade dos solos no âmbito da microbacia e, para tal, foram utilizadas bases cartográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes ao nível do solo; para a caracterização do relevo, foram utilizadas também duas cenas da Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), reamostradas para uma resolução espacial de 30 m, pelo projeto TOPODATA. Os principais usos/cobertura da terra foram obtidos a partir das imagens RapidEye, sensor imageador multiespectral *pushbroom*. Quanto ao potencial erosivo das chuvas, foi utilizado o índice de erodibilidade das chuvas para o Estado de Mato Grosso, gerado a partir de dados meteorológicos da estação presente no *Campus* Universitário de Alta Floresta da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Os dados foram tabulados e processados pela ferramenta *raster calculator* do *software* ArcGis v. 10.1. Com o cruzamento dos dados foi possível verificar que o modelo utilizado foi eficiente em indicar áreas com maior predisposição à erosão laminar dos solos, sendo que o manejo e a declividade foram os fatores que mais contribuíram para esse potencial.

**Palavras-chave:** geoprocessamento; erosão; conservação dos solos.

## Model suitability to soil erosion susceptibility at the microbasin level on the South Amazon border

**Abstract:** The objective of this work was to generate a model of soil erodibility at the microbasin level. For this purpose, cartographic bases of the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística were used for the soil level and for the characterization of the relief, two scenes of the Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), resampled to a 30-meter spatial resolution by the TOPODATA project. The main uses/land cover were obtained by the RapidEye images, multispectral pushbroom image sensor. Regarding the rains' erosive potential, the rainfall erodibility index was used for the State of Mato Grosso, generated from the meteorological data of the present station in the University Campus of Alta Floresta of UNEMAT. The data were tabulated and processed by the raster calculator tool of the ArcGis v software. 10.1. With the data crossing it was possible to verify that the model used was efficient in indicating areas with greater predisposition to the laminar erosion of the soils, being the management and slope the factors that most contributed to this potential.

**Keywords:** geoprocessing; erosion; conservation of soils.

### 1. INTRODUÇÃO

O estudo de microbacias é essencial para o desenvolvimento regional, sendo tais áreas geográficas consideradas a unidade principal para o planejamento, além de ser a unidade básica para trabalho dos profissionais voltados à exploração racional dos recursos ambientais. Segundo Tricart (1977), as microbacias, que podem ser consideradas unidades ecodinâmicas, são compostas por elementos dos meios biótico e físico, e constituem um sistema ambiental de troca de energia e matéria, podendo estar em vários estágios de equilíbrio.

O manejo inadequado e a falta de planejamento de uso dessas unidades imprescindíveis da paisagem podem levar à redução dos recursos renováveis por meio da combinação dos processos que agem sobre a terra (ALMEIDA et al., 2009).

Para Teodoro et al. (2007), mudanças no regime hídrico, ou mesmo alteração do uso do solo, são mais sensivelmente verificadas no âmbito das microbacias, que, segundo a classificação de Faustino (1996), são áreas com dimensão menor que 100 km<sup>2</sup>. As mudanças na paisagem associadas aos processos erosivos, como a degradação das pastagens, a supressão da vegetação natural ou mesmo a manutenção de solos desnudos em áreas susceptíveis à erosão, podem afetar a dinâmica, o fluxo e o potencial hídrico em microbacias, o que, segundo Valentin et al. (2005), contribui para o desequilíbrio e a degradação ambiental de uma determinada região.

Um dos principais malefícios causados pelo processo erosivo é a lixiviação de partículas férteis dos solos, além da perda de matéria orgânica, causando danos ambientais e financeiros aos atores envolvidos na exploração de determinado ambiente (SANTOS et al., 2010). Existem dois modelos para simulação da erosão de uma determinada região: os empíricos e os baseados em processos que consideram as leis físicas (FARINASSO et al., 2006). Entre os modelos empíricos, a Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS) é a que possui maior divulgação em estudos de predição de perdas de solos. O uso de técnicas de geoprocessamento aliadas à geração de modelos matemáticos para reproduzir mudanças de espaço permite progressiva expressão de variação das características do solo, por este refletir a realidade, no caso da erodibilidade do solo (PARYSOW et al., 2001; WANG et al., 2001).

Na Amazônia mato-grossense, o atual panorama da paisagem é de formações florestais convertidas em fragmento. A exemplo do Estado do Amazonas, Bernasconi et al. (2008) constaram, em seu diagnóstico dos principais usos/cobertura da terra, que o município de Alta Floresta, Mato Grosso, é composto de 50% de cobertura florestal, sendo os demais usos antrópicos distribuídos em: 29% de agricultura/pastagem, 8% de solo exposto e 11% de vegetação degradada. De acordo com Picoli (2004), essa paisagem é resultado do modelo histórico de ocupação da Amazônia que baseava-se na remoção da cobertura vegetal nativa para posterior inserção de monoculturas.

Apesar dos estudos existentes (VALENTIN et al., 2005; XAVIER et al., 2010; VALLADARES et al., 2012; MACHADO et al., 2017), ainda não está claro de que forma os diferentes usos da terra podem potencializar a ocorrência de erosões em áreas de microbacia. Com o intuito de contribuir para o preenchimento dessa lacuna do conhecimento, o presente trabalho objetivou gerar um modelo de susceptibilidade à erosão, levando em consideração atributos físicos e ambientais de uma microbacia do município de Alta Floresta, Mato Grosso.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no município de Alta Floresta, Mato Grosso, onde nas últimas décadas a expansão da agropecuária ocorreu em paralelo com a perda da cobertura florestal (Figura 1). Localizada entre as coordenadas UTM zona 21L de 606000 a 612000 oeste e 8913000 a 8922000 norte Datum WGS 84, conforme a classificação Köppen atualizada por Alvares et al. (2013), o clima da região é tropical de monções (Am), com nítida estação seca. Sua média pluviométrica é de 2.213,37 mm (CAIONI et al., 2014) e sua temperatura fica em torno de 25°C, com máxima e mínima de 33 e 20,1°C, respectivamente (TARIFA, 2011).

Alta Floresta apresenta solos predominantemente do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, ocorrendo, como subdominante na maioria das manchas, Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Amarelo (IBGE, 1999). O município está situado em uma área de tensão ecológica, com manchas de Cerrado em contato com a Floresta Amazônica, e situado na região da depressão interplanáltica de Alta Floresta (IBGE, 2005).

### 2.2. Base de dados utilizada

Foram utilizadas imagens do satélite RapidEye (2015), e suas características são parcialmente detalhadas na Tabela 1.

As imagens foram cedidas gratuitamente pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) com data de passagem de 16 de maio de 2014 (cenas 2134619 e 2134519). As bases referentes às hidrografias e às nascentes foram obtidas graças ao trabalho conjunto da Prefeitura de Alta Floresta e do Instituto Centro de Vida (ICV). As imagens obtidas para geração do modelo digital de elevação (MDE) foram disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

### 2.3. Pré-processamento

O resumo dos procedimentos utilizados é apresentado no fluxograma abaixo Figura 2.

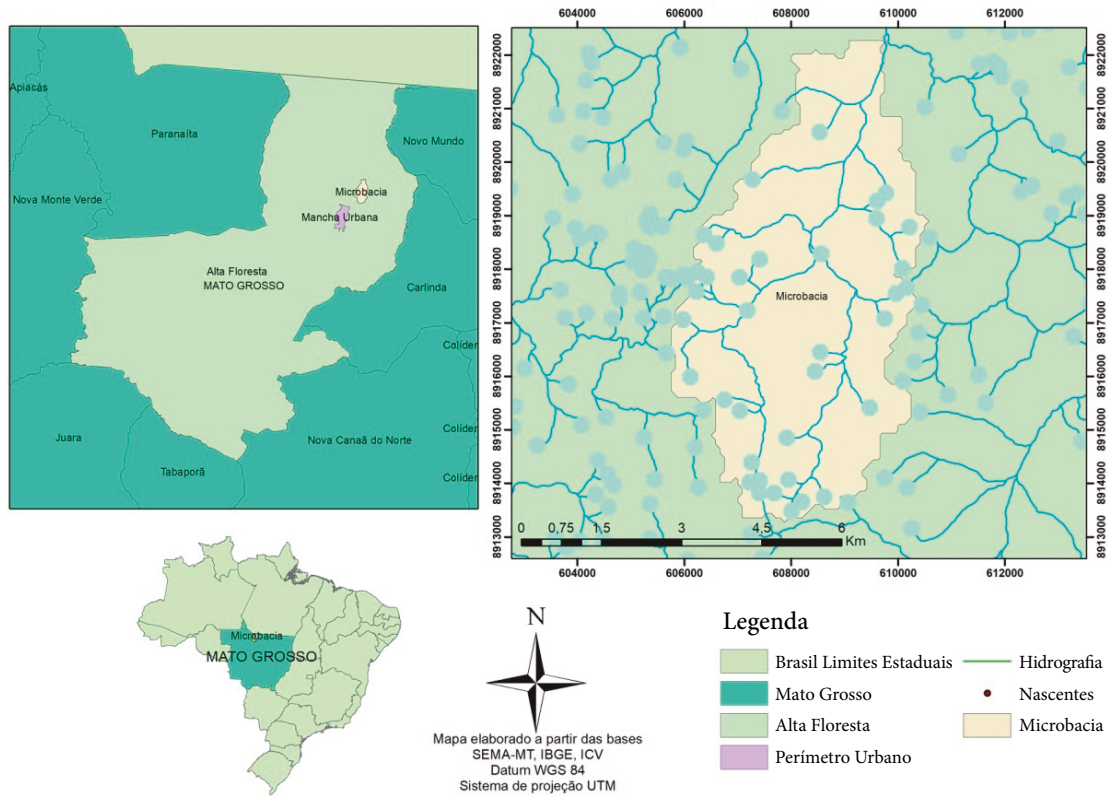
#### 2.3.1. Classificação da imagem

O MDE foi gerado com base nos dados da Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), reamostrados para uma resolução espacial de 30 m, pelo projeto TOPODATA, e fornecidos pelo INPE. Para o processamento dos dados

do MDE, foi utilizado *software* Spring 5.2.7. (CÂMARA et al., 1996). Após obtenção do *raster* e importação no *software*, foi gerada uma grade retangular; em seguida, foi aplicado o comando declividade, a declividade foi gerada em porcentagem e, após isso, foi feito um fatiamento das classes.

Para a construção dos mapas de declividade, foi utilizado o *software* ArcMap 10.1, versão de avaliação (ESRI, 2012); os arquivos foram exportados do *software* SPRING no formato Tif/geotif e importados no *ArcMap*; posteriormente, foram atribuídos pesos para cada variável de estudo, por meio da ferramenta *Reclassify*.

Para classificação de uso do solo, foram utilizadas as imagens do satélite RapidEye (2015), sensor imageador multiespectral *pushbroom*, com resolução espacial de 5 m. Para a classificação, foram utilizadas as bandas Azul (440–510 nm), Verde (520–590 nm) e Vermelho (630–685 nm). Após a obtenção das imagens, foi realizada a classificação



**Figura 1.** Município de Alta Floresta, Mato Grosso, em destaque a microbacia de estudo.

**Tabela 1.** Características técnicas gerais dos satélites RapidEye.

Características	Informações
Número de satélites	5
Órbita	Heliosíncrona com 630 km de altitude
Passagem pelo Equador	Aproximadamente as 11:00 h em hora local
Tipo do sensor	Imageador multiespectral <i>pushbroom</i>
Bandas espectrais	Blue, Green, Red, Red-Edge, Infravermelho Próximo
Espaçamento de pixel	6,5 m no nadir
Tamanho da imagem	Aproximadamente 77 km de largura com comprimento entre 50 e 300 km, 462 MB/25 km ao longo da órbita para 5 bandas
Tempo de revisita	Diariamente fora do nadir/55 dias (no nadir)
Datum horizontal	WGS84
Bits de quantização	12 bits

Fonte: adaptado de RapidEye (2015).

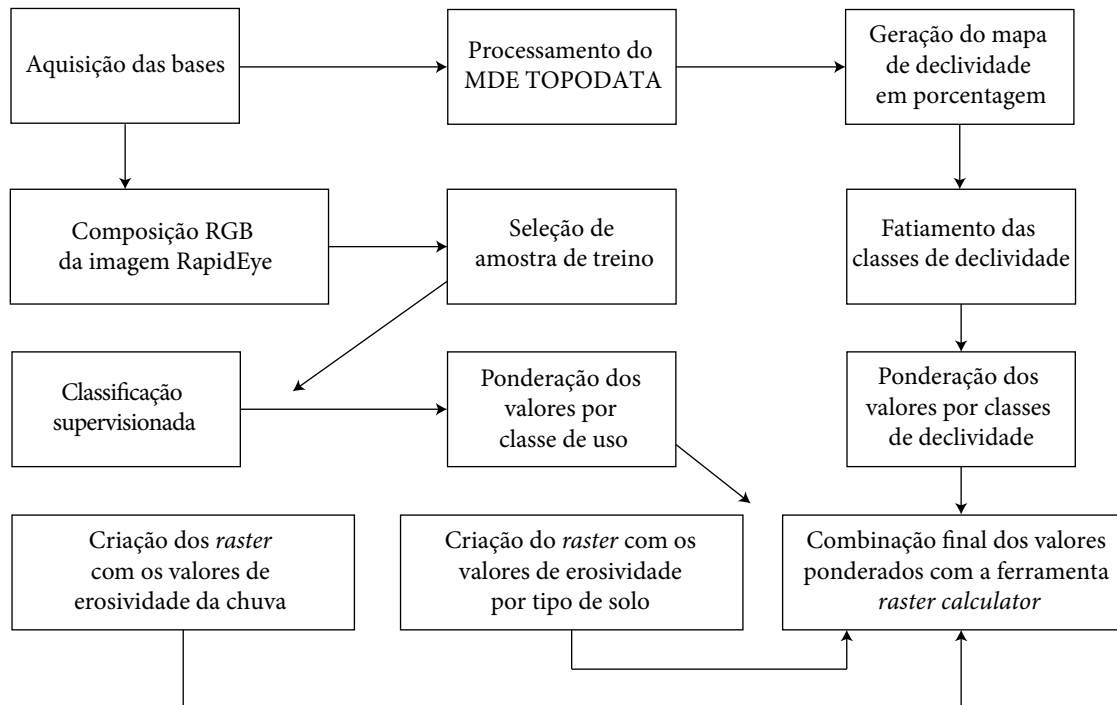
por píxel, sendo que a técnica de classificação multiespectral foi a de máxima verossimilhança (MAXVER). As classes de uso do solo foram escolhidas de acordo com as características apresentadas na região:

- Cobertura florestal: foram consideradas todas as formas de formações florestais em processo de regeneração ou que já tenham sofrido algum tipo de antropização;
- Pastagem: compreende as formações com extrato em que predomina a presença de espécies forrageiras, desprovidas ou não de indivíduos arbóreos em baixa densidade;
- Pastagem degradada: foram consideradas áreas de pastagem que apresentavam elevada presença de solo desprovido de qualquer tipo de cobertura vegetal;
- Massa d'água: áreas ocupadas com água livre de vegetação, englobando os rios e lagos;
- Sistema viário: compreende estradas e rodovias de tráfego utilizadas em transportes coletivos.

As terminologias e as descrições consideradas no mapeamento de uso e cobertura da terra foram adaptadas a partir da classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical do Projeto Radambrasil (BRASIL, 1982). O modelo de classificação foi validado por meio de visitas de campo. Após a definição das classes, foram coletadas as amostras na forma de polígonos contendo informações a respeito das classes. Ao todo, foram adquiridos 188.473 píxeis para a classe Cobertura florestal, 26.805 para a Pastagem, 12.093 para a Pastagem degradada, 976 para o Sistema viário e 117 para a Massa d'água. Após a aquisição, as amostras foram analisadas por meio de matriz de confusão; esse processo é essencial, pois verifica a probabilidade de o operador ter escolhido píxeis de classes diferentes para a amostra coletada; verificou-se que houve desempenho médio de 97,75% e confusão média de 2,25%, ou seja, a maioria dos píxeis selecionados pertence realmente à classe selecionada e uma pequena fatia tem algum tipo de confusão (selecionado em uma classe diferente, está no limiar entre duas classes, etc.). Após a classificação, foi realizada uma pós-classificação, com peso 2 e limiar 5, os valores de peso e limiar são utilizados para correções de píxel diferentes dentro de uma classe; quanto menor os valores de limiar, mais transformações serão feitas na imagem classificada.

**2.3.2. Estimativa da erosividade da chuva**

A estimativa da erosividade mensal da chuva foi calculada indiretamente, por meio do índice de erosão (EI30). Segundo Almeida et al. (2009), com a utilização de padrões predefinidos é possível a elaboração de índices de erosão EI30, com a aplicação de modelos matemáticos. Segundo Jansson (1982), o cálculo da erosividade da chuva é essencial



**Figura 2.** Fluxograma do processamento dos dados para geração do modelo de erodibilidade dos solos.

para qualquer previsão de erosão. Nesse sentido, foi utilizada a equação proposta por Morais et al. (1991), que desenvolveram um modelo de erosividade da chuva para Mato Grosso, com coeficiente  $r^2$  de 0,84 (Equação 1):

$$EI30 = 36.849 (p^2/P)1,0852 \tag{1}$$

Em que:

EI = média mensal do índice de erosão em MJmm ano<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>;

p = precipitação média mensal em mm;

P = precipitação média anual em mm.

A região apresentou EI30 de 967,22, considerado de nível 3 segundo Soares Filho et al. (1998).

Os dados do tipo de solo foram adquiridos junto ao banco de dados do IBGE em escala 1:1.500.000, sendo o solo da microbacia classificado como Argissolo Vermelho Amarelo. Foram utilizados dados referentes a um ano de precipitação, dezembro de 2013 a novembro 2014, obtidos junto à estação meteorológica da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), localizada entre as coordenadas 09°51'43,93" de latitude sul e 56°04'05,88" de longitude oeste.

#### 2.4. Potencial erosivo do solo

Para a elaboração do mapa de susceptibilidade à erosão, foram utilizados os procedimentos de combinação linear e não linear em um primeiro estágio, para serem então seguidos em uma segunda fase, por regras de combinação.

Foram utilizados dados de precipitação, tipo de solo, declividade e cobertura do solo, sendo os valores das classes ponderados entre 0 e 1, com cada classe tendo peso de 0,25, e os valores individuais de cada classe foram ponderados de 1 a 5, de acordo com risco de erosão particular de cada situação (Tabela 2).

Para combinar as variáveis e criar o mapa de susceptibilidade erosiva, foi utilizada a ferramenta *raster calculator* e inserida a Equação 2:

$$([Declividade] * 0,25) + ([Tipo de solo] * 0,25) + ([EI30] * 0,25) + ([Uso do Solo] * 0,25) \tag{2}$$

Os dados calculados poderiam apresentar valores de 1 a 5, mas, para diferenciação das classes de erosão, esses valores foram separados em três tipos de risco de erosão, conforme metodologia adaptada de Soares Filho et al. (1998), sendo: de 1 a 2,33 (baixo potencial), de 2,33 a 3,66 (médio potencial) e de 3,66 a 5 (alto potencial).

**Tabela 2.** Ponderação dos valores e potencial a erosão referente às classes declividade, tipo de solo e uso.

Classificação dos valores	Divisão	Ponderação	Fonte
Classe declividade			
Muito fraca	0–6%	1	Adaptado de Soares Filho et al., 1998
Fraca	6–12%	2	
Média	12–20%	3	
Forte	20–30%	4	
Classe erodibilidade do solo			
Muito baixa	ORGANOSSOLO	1	Adaptado de Soares Filho et al., 1998; Salomão, 1999; Ross, 2005
Baixa	LATOSSOLO	2	
Média	ARGISSOLO	3	
Alta	CAMBISSOLO	4	
Muito alta	SOLOS LITÓTICOS	5	
Classe uso do solo			
Muito fraca	Vegetação/água	1	Valores baseados em Soares Filho et al., 1998; Farinaso et al., 2006; Bertoni e Lombardi Neto, 1999
Fraca	Plantios florestais	2	
Média	Pastagem	3	
Forte	Pastagem degradada	4	
Muito forte	Solo exposto	5	

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a espacialização dos dados em formato *raster* foi possível confeccionar os mapas de uso e ocupação (Figura 3B), declividade (Figura 3C) e susceptibilidade à erosão (Figura 3D), além dos arquivos vetoriais utilizados para representar a microbacia (Figura 3). Com uma área de 2.775,12 ha, a microbacia apresentou uma hierarquia fluvial de até 4ª ordem, definida a partir do grau de complexidade de sua drenagem. Para tanto, é esperado que unidades hidrológicas exibam menores riscos de inundação e erosão devido a maior capacidade de escoamento hídrico (Tonello et al., 2006).

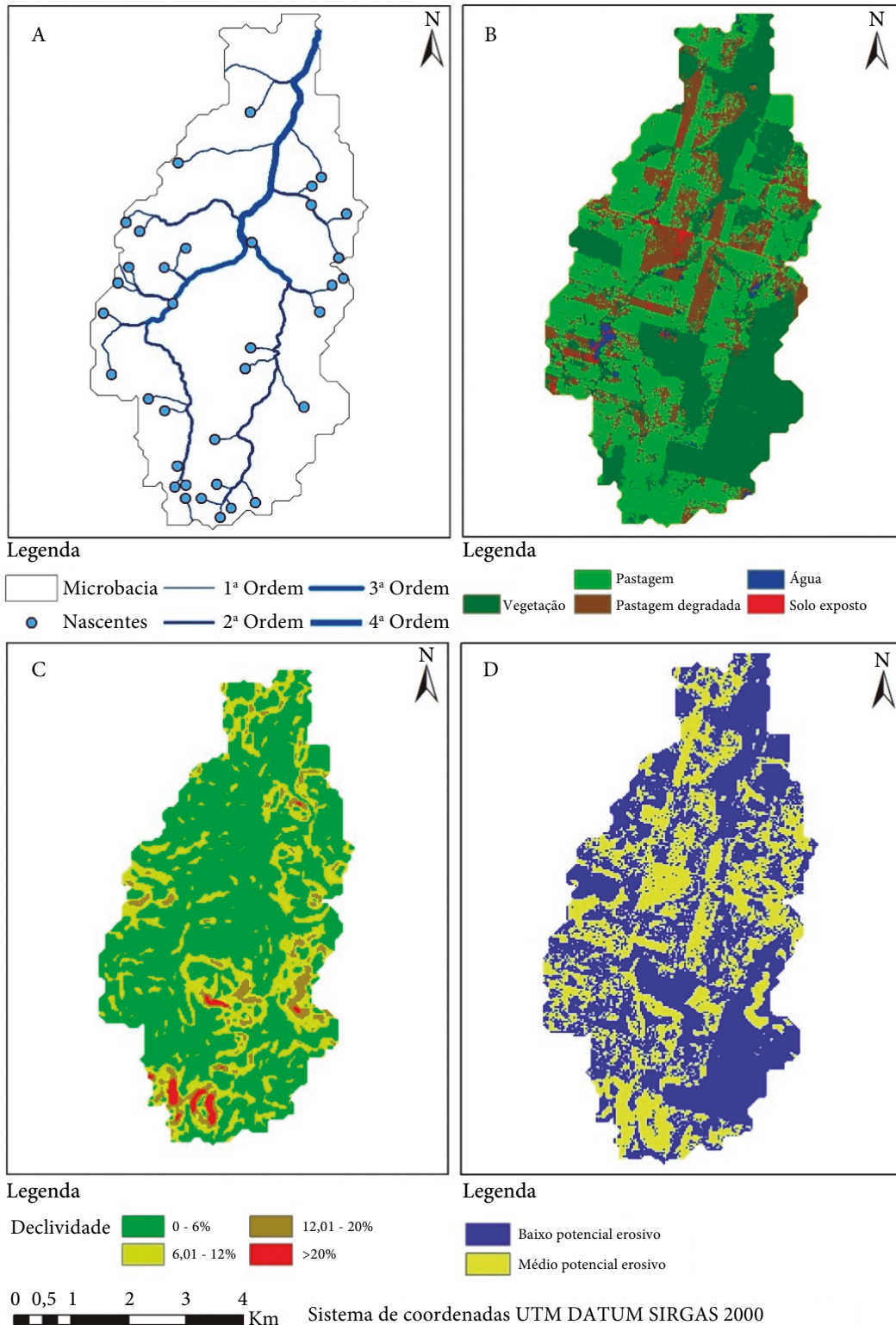


Figura 3. (A) Mapas de hidrografia, (B) uso da terra, (C) declividade e (D) potencial erosivo da microbacia.

A partir do mapeamento de uso/cobertura da terra (Figura 3B), constatou-se que as áreas antropizadas somam, dentro da microbacia, 1.759,71 ha (63,41%). A classe pastagem corresponde a 1.055,9 ha (38,05%) e a classe pastagem degradada, a 703,81 ha (25,36%); a classe vegetação obteve área de 911,15 ha (32,83%); as classes água e solo exposto tiveram uma área de 77,44 ha (2,79%) e 26,82 ha (0,97%), respectivamente. Identificando resultados similares a outros estudos (CAIONI et al., 2017; ARENAS et al., 2015; NUNES et al., 2015; CAIONI et al., 2014), é possível deduzir que todo o município teve padrão similar de ocupação. Esse mesmo padrão ocorre em outras regiões denominadas de fronteira agrícola, como na pesquisa realizada por Souza et al. (2017), na qual a classe de uso alternativo do solo que mais ocupa a paisagem é a pastagem, com pequenos percentuais de agricultura.

Avaliar e quantificar as diferentes tipologias da paisagem em uma microbacia é essencial para um estudo voltado à conservação e à utilização racional dos recursos dentro desse ambiente, além de direcionar as práticas agrícolas, a pecuária e a silvicultura. Nesse contexto, Mattos e Paula (2017) realizaram análise geoambiental em microbacia no município de Lençóis, Bahia, inserida na Chapada Diamantina; os autores verificaram que a região não tem potencial agrícola devido à hidrogeomorfologia da microbacia, que exerce importante função ambiental, como refúgio da vida silvestre e na filtragem da água proveniente das chuvas. Essas análises são de grande importância para o planejamento ambiental e se tornam essenciais aos órgãos públicos, por fomentarem informações físicas do ambiente, como a quantidade de vegetação, a declividade, os potenciais erosivos, entre outras informações. Segundo Mato Grosso (2013), os problemas de ordem ambiental são de suma importância na discussão das políticas públicas estaduais.

Quanto à declividade, a microbacia tem relevo plano, com 66,34% da área entre 0 e 6%, já 28,07% da área amostrada apresentou declividade entre 6,01 e 12%; 4,81 e 0,78% apresentaram declividade entre 12,01 e 20% e >20%, respectivamente. A topografia é um dos fatores que mais contribuem para modelos preditivos de erosão, pois influencia diretamente a intensidade e a força do *runoff* superficial da água das chuvas. Segundo Valladares et al. (2012), esse fator está intrinsecamente ligado ao processo erosivo, sendo fundamental em modelos de predição erosiva, sobretudo ao comprimento de rampa. A declividade na área de estudo está ligada principalmente aos cursos d'água presentes na microbacia, sendo possível verificar que nas regiões onde a densidade de drenagem é maior a declividade também é mais acentuada.

Com o cruzamento das informações foi possível verificar que a região apresenta baixa e média susceptibilidade à erosão, sendo que 58,13% da microbacia apresentou baixo potencial erosivo e 41,87% tem médio potencial. Avaliar esse processo natural é de suma importância para medidas de controle e contenção da erosão dos solos, haja vista que o planeta passa por mudanças que causaram aumento no pico de precipitação em algumas regiões. Segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007), as mudanças climáticas já podem ser sentidas em algumas regiões do planeta, não sendo apenas uma previsão.

Na microbacia, os fatores que mais contribuíram para esse potencial foram a declividade e o manejo da paisagem, sendo que nas áreas onde as pastagens não estavam degradadas foram verificados os maiores potenciais de erosão; em contrapartida, em regiões de floresta e onde a pastagem teve manejo correto a erosividade dos solos foi baixa. Quanto à declividade, Xavier et al. (2010) também verificaram relação positiva entre declividade e potencial erosivo na Bacia do Rio Manso, na Chapada dos Guimarães. Em pesquisa similar, Machado et al. (2017) verificaram, na microbacia do Lajeado, em Guarujá, Santa Catarina, tipologias de uso do solo similares, incluindo a classe de reflorestamento e a declividade similar, e, como resultado, também encontraram valores medianos para vulnerabilidade natural à erosão dos solos.

Áreas com grande declividade, porém com elevado grau de cobertura dos solos, como florestas ou mesmo pastagens conservadas, apresentaram baixo potencial erosivo, sendo fundamental no entendimento desse processo. Segundo Valladares et al. (2012), solos com muita cobertura tendem a apresentar baixo potencial erosivo, mesmo em áreas declivosas. Segundo Messias (2017), áreas de pastagens degradadas ou com baixa cobertura vegetal agravam o processo do ravinamento dos solos, dando início, muitas vezes, à erosão.

Utilizando o modelo Soil and Water Assessment Tool e as previsões do IPCC para a região de Viçosa, Minas Gerais, Lelis et al. (2011) verificaram aumento nos picos erosivos em um dos cenários, sendo que todos levam a aumento nos valores de escoamento superficial e de sedimentos carregados. Os autores também verificaram que em áreas de vegetação os riscos erosivos são menores, mesmo em cenários com aumento da precipitação.

Vale destacar que o modelo adotado no presente estudo trabalha com variáveis de fácil aquisição, porém os dados revelaram-se de grande valia na identificação de áreas prioritárias à adoção de técnicas de conservação dos solos. Estudos nesse sentido podem auxiliar as políticas ambientais municipais e auxiliam a criação de modo a ser utilizado para outras microbacias e municípios da região. Segundo Barbosa et al. (2015), os modelos matemáticos de previsão de erosão, quando devidamente aplicados, são considerados ferramentas altamente apropriadas para o estudo dos fatores intervenientes no processo erosivo e o direcionamento das decisões de gerenciamento do uso dos solos.

Com isso, é possível afirmar que o correto manejo nas pastagens e a adoção de técnicas de contenção da erosão são fundamentais para o desenvolvimento equilibrado de uma microbacia, sendo cruciais para as regiões apresentarem baixo índice de erosão. Com a verificação das áreas prioritárias para conservação dos solos, esse modelo pode ser uma ferramenta essencial para o manejo dos solos de uma região, sendo indicador de diversas técnicas voltadas ao combate da erosão, como o terraceamento, o plantio em nível, ou mesmo a reforma de pastagens degradadas. Identificar essas áreas utilizando ferramentas de geoprocessamento é essencial para o direcionamento dessas ações e de fundamental importância para os produtores na tomada de decisão sobre onde devem ser implantadas essas técnicas.

#### 4. CONCLUSÕES

O modelo criado foi eficiente e diferenciou as áreas de maior e menor risco de perda de solo dentro da microbacia estudada, sendo que os fatores que mais influenciaram foram o uso/cobertura da terra e a declividade. Para tanto, a adoção desse modelo em unidades hidrográficas pode ser considerada eficiente ferramenta na identificação das áreas prioritárias de adoção de políticas voltadas à conservação e ao manejo do solo.

#### REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D.A.; PARENTE JÚNIOR, W.C.; BESSERA NETA, N.C.; COSTA, M.L. Erodibilidade do solo e erosividade da chuva na Serra do Tepequém – Roraima. **Revista Acta Geográfica**, v.3, n.6, p.39-46, 2009. <http://dx.doi.org/10.5654/acta.v3i6.223>
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013. <https://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ARENAS, M.D.; NEVES, S.M.A.; ROSSI, A.A.B.; COCHEV, J.S.; SILVA, I.V. Cobertura vegetal de Alta Floresta, Amazônia Meridional Matogrossense. **Revista Espacios**, v.36, n.20, p.15, 2015.
- BARBOSA, A.F.; OLIVEIRA, E.F.; MIOTO, C.L.; PARANHOS FILHO, A.C. Aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (USLE) em Softwares Livres e Gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v.38, n.1, p.170-179, 2015. [https://doi.org/10.11137/2015\\_1\\_170\\_179](https://doi.org/10.11137/2015_1_170_179)
- BERNASCONI, P.; ABAD, R.; MICOL, L. **Diagnóstico ambiental do município de Alta Floresta – MT**. 2008.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999.
- BRASIL. **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro: Brasília: PNMA, 1982. 540p.
- CAIONI, C.; CAIONI, S.; SILVA, A.C.S.; PARENTE, T. L.; ARAÚJO, O. S. Análise da distribuição pluviométrica e de ocorrência do fenômeno climático ENOS no município de Alta Floresta/MT. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.19, p.2656-2666, 2014.
- CAIONI, C.; NEVES, S.M.A.S; CAIONI, S.; BONINI, I.; PARENTE, T.L.; SILVA, A.C.S. Dinâmica da temperatura superficial da microbacia Pedra do Índio durante a seca de 2013. **Revista Espacios**, v.38, n.38, p.9-20, 2017.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. Spring: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, v.20, n.3, p.395-403, 1996. [https://doi.org/10.1016/0097-8493\(96\)00008-8](https://doi.org/10.1016/0097-8493(96)00008-8)
- ESRI. **ArcGIS. 10.1**. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2012.
- FARINASO, M.; CARVALHO JÚNIOR, O.A.; GUIMARÃES, R.F.; GOMES, R.A.T.; RAMOS, V.R. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da eups – equação universal de perdas de solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba – PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.7, n.2, p. 73-85, 2006.
- FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico de pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. 300p. (Manuais Técnicos em Geociências, 4).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de Solos do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 13 abr. 2014.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Novos cenários climáticos**. IPCC, 2007. Disponível em: <<http://www.ecolatina.com.br/pdf/IPCC-COMPLETO.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2017.



- JANSSON, M.B. **Land erosion by water in different climates**. UNGI Rapport no. 57. Suécia: Department of Physical Geography, Uppsala University. 1982. 151p.
- LELIS, T.A.; CALIJURI, M.L.; FONSECA, A.S.; LIMA, D.C. de. Impactos causados pelas mudanças climáticas nos processos erosivos de uma bacia hidrográfica: Simulação de cenários. **Ambi-Água**, Taubaté, v.6, n.2, p.282-294, 2011. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.200>
- MACHADO, L.M.; LOSS, A.; BACIC, I.L.Z.; DORTZBACH, D.; LALANE, H.C. Vulnerabilidade à perda de solo na microbacia Lajeado Pessegueiro, Brasil. **Scientia Agropecuaria**, v.8, n.2, p.137-147, 2017. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.02.08>
- MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. **Mato Grosso em números: um diagnóstico da realidade de Mato Grosso**. Cuiabá: Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral, 2013. 181p.
- MATTOS, B.J.; PAULA, F.C.F. Análise Geoambiental de uma microbacia hidrográfica no município de Lençóis, Chapada Diamantina (Bahia), Brasil. **Sociedade & Natureza**, v.29, n.1, p.91-107, 2017. <http://dx.doi.org/10.14393/SN-v29n1-2017-6>
- MESSIAS, C.G.; FERREIRA, M.C. Aplicação do método de classificação contínua fuzzy para o mapeamento da fragilidade do terreno em relação à ocorrência de ravinhas no Parque Nacional da Serra da Canastra. **RA'E GA-O Espaço Geográfico em Análise**, v.39, p.111-127, 2017. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v39i0.42914>
- MORAIS, L.F.B.; SILVA, V.; NASCHENVENG, T.M.C.; HARDOIN, P.C.; ALMEIDA, J.E.L.; WEBER, O.L.S.; BOEL, E.; DURIGON, V. Índice EI30 e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.15, n.3, p.339-344, 1991.
- NUNES, E.J.S.N.; SILVA, E.P.; SOUZA, E.; ROCHA FILHO, J.A.; SILVA, D.S.N. Geotecnologias no diagnóstico de conflitos de uso do solo de uma microbacia do município de Alta Floresta-MT. **Ciência Florestal**, v.25, n.3, p.689-697, 2015. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509819619>
- PARYSOW, P.; WANG, G.; GERTNER, G.Z.; ANDERSON, A.B. Assessing uncertainty of erodibility factor in national cooperative soil surveys, a case study at Fort Hood. Texas. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.56, n.3, p.207-211, 2001.
- PICOLI, F. **Amazônia: do mel ao sangue – os extremos da expansão capitalista**. Sinop: Ed. Amazônia, 2004. 140p.
- RAPIDEYE. Satellite Imagery Product Specifications. Disponível em: <[www.rapideye.com](http://www.rapideye.com)>. Acesso em: 18 nov. 2015.
- ROSS, J.L.S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. 8. ed. São Paulo: Contexto, 2005. (Repensando a Geografia). 85p.
- SALOMÃO, F.X.T. Controle e prevenção dos Processos Erosivos. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Orgs.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.
- SANTOS, G.G.; GRIEBELER, N.P.; OLIVEIRA, L.F.C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.2, p.115-123, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000200001>
- SOARES FILHO, B.S.; CARMO, V.A.; NOGUEIRA, W.J. Metodologia de elaboração da carta do potencial Erosivo da bacia do rio das velhas (mg). **Revista Geonomos**, v.6, n.2, 1998. <https://doi.org/10.18285/geonomos.v6i2.169>
- SOUZA, S.R.; MACIEL, M.N.M.; OLIVEIRA, F.A.; JESUÍNO, S.A. Dinâmica da paisagem na bacia hidrográfica do Rio Apeú, nordeste do Pará, Brasil. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v.9, n.2, p.141-150, 2017. <http://dx.doi.org/10.7213/cienciaanimal.v9i2.11756>
- TARIFA, J.R. **Mato Grosso: clima – análise e representação cartográfica**. Cuiabá: Entrelinhas, 2011. 102p.
- TEODORO, V.L.I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D.J.L.; FULLER, B.B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista ReBraM**, v.11, n.1, p.137-156, 2007. <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236>
- TONELLO, K.C.; DIAS, H.C.T.; SOUZA, A.L.; RIBEIRO, C.A.A.S.; LEITE, F.P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães-MG. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.849-857, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000500019>
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, 1977.

- VALENTIN, C.; POESEN, J.; LI, Y. Gully erosion: Impacts, factors and control. **Catena**, v.63, n.2-3, p.132-153, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2005.06.001>
- VALLADARES, G.S.; GOMES, A.S.; TORRESAN, F.E.; RODRIGUES, C.A.G.; GREGO, C.R. Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.9, p.1376-1383, 2012.
- WANG, G.; GERTNER, G.Z.; LIU, X.; ANDERSON, A.B. Uncertainty assessment of soil erodibility factor for revised universal soil loss equation. **Catena**, v.24, n.1, p.1-14, 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/S0341-8162\(01\)00158-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0341-8162(01)00158-8)
- XAVIER, F.V.; CUNHA, K.L.; SILVEIRA, A.; TAVARES SALOMÃO, F.X. Análise da suscetibilidade à erosão laminar na bacia do rio manso, Chapada dos Guimarães, MT, utilizando Sistemas de Informações Geográficas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.11, n.2, p.51-60, 2010. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v11i2.151>