



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge>



Perda de solo no alto curso das bacias hidrográficas dos ribeirões Taquaruçu Grande e Taquaruçuzinho, Palmas (TO)

Marcelo Divino Ribeiro Pereira¹ João Batista Pereira Cabral²

¹ Doutorando da Universidade Federal de Goiás (UFG), Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPG), Câmpus Cidade Universitária, BR 364, km 195, nº 3800, Jataí (GO), CEP 75801-615, (64) 3606-8202, mdrpereira10@gmail.com (autor correspondente). ² Professor doutor e docente da Universidade Federal de Goiás (UFG), Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPG), Câmpus Cidade Universitária, BR 364, km 195, nº 3800, Jataí (GO), CEP 75801-615, (64) 3606-8202, jbcabral2000@yahoo.com.br.

Artigo submetido em 23/08/2020 e aceite em 04/02/2021

RESUMO

A aplicação de modelos matemáticos na análise da perda de solo em bacias hidrográficas ganhou atenção, nos anos de 1960 e 1970, a partir da análise integrada da paisagem. Nesse contexto, a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) se destaca como um dos modelos mais utilizados mundialmente no conhecimento dos processos erosivos e no planejamento ambiental. Diante disso, este estudo tem por objetivo estimar as perdas de solos nas bacias hidrográficas dos córregos Macacão e Mutum, localizadas no município de Palmas (TO). Os resultados demonstram que as áreas estudadas sofreram com um alto poder de erosividade (R) ao longo dos anos 1995 a 2019, com valores entre 12,188 a 12,319 t/ha MJ⁻¹ mm⁻¹. Quanto ao solo, o Neossolo Litólico Distrófico (RLD) apresenta o maior valor de erodibilidade (K), 0,049 t/ha MJ⁻¹ mm⁻¹. No que tange ao fator topográfico (LS), cerca de 80% das áreas das bacias mostram valores de LS considerados baixos, situados entre 0,029 a 1,86, e 1,86 a 4,30. Já para o fator relacionado ao uso e manejo do solo e às práticas conservacionistas (CP), as áreas mais suscetíveis ao processo erosional diz respeito às classes de pastagem e queimadas. Desta forma, observa-se que as classes de erosão hídrica nas bacias são consideradas moderada, grave e muito grave pelo estudo da Food and Agriculture Organization (FAO) de 1984, ainda que represente somente 19% da área da bacia do Macacão e 24% da bacia do Córrego Mutum.

Palavras-chave: Erosão hídrica. Bacia hidrográfica. USLE.

Loss of soil in the high course of hydrographic basins of ribeirões Taquaruçu Grande and Taquaruçuzinho, Palmas (TO)

ABSTRACT

The application of mathematical models in the analysis of soil loss in watersheds gained attention in the 1960s and 1970s from the integrated analysis of the landscape. In this context, the Universal Soil Loss Equation (EUPS) stood out as one of the most used models worldwide in the knowledge of erosion processes and in environmental planning. Therefore, this study aims to estimate soil losses in the hydrographic basins of the Macacão and Mutum streams, located in the municipality of Palmas (TO). The results demonstrate that the studied areas suffered from a high power of erosivity (R) over the years 1995 to 2019, with values between 12.188 to 12.319 t/ha MJ⁻¹ mm⁻¹. As for the soil, the Neosol Litolic Dystrophic (RLD) has the highest erodibility value (K), 0.049 t/ha MJ⁻¹ mm⁻¹. Regarding the topographic factor (LS), about 80% of the basin areas show LS values considered low, situated between 0.029 to 1.86, and 1.86 to 4.30. As for the factor related to the use and management of soil and conservation practices (CP), the areas most susceptible to the erosion process concern the grazing and burning classes. Thus, it is observed that the classes of water erosion in the basins are considered moderate, severe and very severe by the Food and Agriculture Organization (FAO) study of 1984, although it represents only 19% of the area of the Macacão basin and 24% of the Mutum Stream basin.

Keywords: Water erosion. Hydrographic basin. USLE.

Introdução

Como um evento que ocorre naturalmente, a erosão hídrica do solo consiste basicamente na remoção e no transporte de partículas e agregados

do solo de um determinado local, cuja deposição normalmente se consolida nas partes mais baixas do relevo, nos vales ou talvegues. Nesse contexto, a erosão é condicionada pela erosividade, erodibilidade, pelo relevo e pela cobertura vegetal

(Demarchi, Piroli e Zimback 2019). Nas últimas décadas, no entanto, as atividades humanas têm potencializado os processos de erosão dos solos através dos modelos de uso e ocupação da terra (Sousa e Paula, 2019; Vansan e Tomazoni, 2020).

Os fenômenos erosivos causados pela ocupação humana de forma desordenada em uma bacia hidrográfica causam problemas de ordem ambiental e socioeconômica, tais como alteração da paisagem natural, redução da fertilidade dos solos, assoreamento de cursos de água, enchentes, voçorocas, entre outros (Morais e Sales, 2017; Xavier et al., 2019).

Dentre os principais tipos de erosão dos solos brasileiros, a pluviométrica é a que mais contribui, no que diz respeito à remoção, ao carreamento e à deposição de sedimentos nos canais de drenagem, principalmente em áreas com índice pluviométrico elevado e chuvas intensas, ocasionando maior impacto das gotas de chuva no solo (Sousa e Paula, 2019; Vansan e Tomazoni, 2020). Essa mecânica consiste no revolvimento das partículas do solo através da transformação da energia potencial das gotas de chuva em energia cinética, favorecendo o escoamento superficial laminar e linear (Tavares Filho, 2016; Moraes e Silva, 2020).

A compreensão das características peculiares de uma bacia hidrográfica por intermédio dos solos, tais como material de origem, granulometria, composições físico-química, microbiológica, orgânica, dentre outras, exige um esforço conjunto dos diferentes pesquisadores que veem a importância desse recurso natural para manutenção da biosfera. O manejo inadequado do solo, além de diminuir sua capacidade produtiva de grãos, pode provocar danos ambientais, assoreamento e poluição hídrica (Teixeira et al., 2017).

Na tentativa de compreender a perda de solos por processos naturais e antrópicos em distintos ambientes, estudiosos desenvolveram modelos matemáticos – *Universal Soil Loss Equation* (USLE), *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE) e *Water Erosion Prediction Project* (WEPP) – capazes de mensurar as perdas de solos em uma determinada paisagem (Santos, Blanco e Pessoa, 2015; Mantovani et al., 2018).

Nesse contexto, os norte-americanos Wischmeier e Smith (1978) propuseram a USLE, a qual foi adaptada para ambientes tropicais, passando a ser conhecida como Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) (Bertoni e Lombardi Neto, 2017).

Dentre os modelos empíricos de previsão de perda de partículas do solo pela erosão hídrica, a EUPS tem apresentado resultados satisfatórios no

que tange à mensuração da perda de solos; além disso, seu manuseio é considerado relativamente fácil por apresentar características integradoras por intermédio da utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG), o qual vem sendo cada vez mais empregado nos estudos de bacias hidrográficas, favorecendo, desta feita, os levantamentos de áreas mais suscetíveis às erosões potenciais e antrópicas (Sousa e Paula, 2019).

Diante disso, a presente pesquisa tem como objetivo estimar a perda de solo nas bacias hidrográficas dos córregos Macacão e Mutum, localizadas no contraforte da serra do Lajeado. A escolha dessas bacias se deu em função da importância desses mananciais para o sistema hidrológico do Ribeirão Taquaruçu Grande, principal fonte de abastecimento urbano da capital tocantinense.

Material e métodos

As bacias hidrográficas (Figura 1) propostas para este estudo estão localizadas nas áreas de nascentes dos ribeirões Taquaruçu Grande e Taquaruçuzinho, local com as maiores cotas altimétricas do município de Palmas.

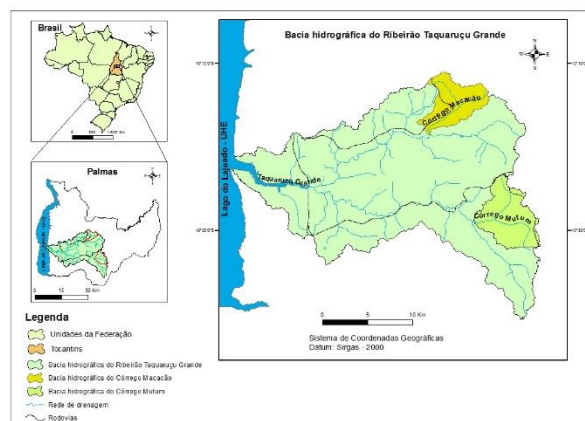


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

Os vetores dos limites estadual, municipal, da rede de drenagem e rodoviários provêm do banco de dados da Secretaria de Planejamento e Orçamento do Estado do Tocantins (SEPLANTO) do ano de 2012 e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do ano de 2013.

Os parâmetros de análise da EUPS são descritos na Equação 1.

$$A = R * k * L * S * C * P \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

A = perda de solo ($t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$);

R = fator de erosividade da chuva ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$);

K = fator de erodibilidade do solo ($t/ha MJ^{-1} mm^{-1}$);
 LS = fator topográfico (adimensional);
 C = fator de uso e manejo do solo (adimensional);
 P = fator de práticas conservacionistas (adimensional).

A base cartográfica e os dados empregados na geração do parâmetro relacionado à erosividade (fator R da EUPS) por intermédio da precipitação pluvial são provenientes de uma série histórica de 24 anos, referente aos períodos de 1995 a 2019, adquiridos do posto pluviométrico de Palmas, com as coordenadas $-10^{\circ},19'L$ e $48^{\circ}30'W$ e código 83033 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e do posto pluviométrico de Taquaruçu, com as coordenadas $-10^{\circ},31'L$ e $48^{\circ}16'W$ e código 1048005 da Agência Nacional de Água (ANA).

Nesse contexto de análise, para determinação do índice de erosão, aplicou-se a Equação 2, proposta por Silva (2004) para a região norte do Brasil.

$$EI_{30} = 36.849 * \left(\frac{M^2x}{P}\right)^{1.0852} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

EI_{30} = média mensal do índice de erosão ($MJ mm ha^{-1} ano^{-1}$);

M^2x = precipitação média mensal (mm);

P = precipitação média anual (mm).

Deste modo, determinou-se o índice de erosão (EI_{30}) para cada mês analisado, com base em dados de precipitação das estações meteorológicas localizadas em Palmas e Taquaruçu, a partir da soma dos valores mensais de chuva. Aplicando-se a Equação 3, obteve-se o fator de erosividade.

$$R = \sum_{i=1}^{12} (EI_{30})_i \quad \text{Equação (3)}$$

Já os dados pedológicos das áreas de estudos, na escala de 1: 25.000, utilizados na geração do fator erodibilidade do solo (K), são provenientes do Projeto Produtor de Água (PPA) do Ribeirão Taquaruçu Grande, adquirido junto à Prefeitura Municipal de Palmas.

O fator de erodibilidade do solo, K, está relacionado intrinsecamente à capacidade desse recurso natural em resistir aos processos erosionais (Durães e Melo, 2016). Para tanto, a análise de suas propriedades física, química, orgânica, microbiológica e mineralógica é

fundamental (Morais e Sales, 2017). A obtenção desse fator K, de forma direta, com medições em parcelas no campo, ou através de experimentos com simuladores, é uma tarefa difícil, morosa e dispendiosa.

Na determinação do fator K, optou-se pela Equação 4, proposta por Chaves (1996), para os solos do domínio do bioma Cerrado.

$$k = -0,000430 \left[\frac{AF + SI}{CO} \right] + 0,000437 AT + 0,000863 SI \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

K ($t h ha MJ^{-1} mm^{-1} ha^{-1} ano^{-1}$) = erodibilidade do solo;

AF (%) = conteúdo de areia fina do horizonte A do solo;

SI (%) = conteúdo de silte do solo;

AT (%) = conteúdo de areia total do solo;

CO (%) = conteúdo de carbono orgânico do solo.

Os parâmetros intrínsecos dos solos empregados na geração do fator K das bacias em estudos resultaram de trabalhos de campo com coletas conduzidas em perfis e sondagem realizados por Chaves (2012), para elaboração do mapa de previsão da perda de solo no alto e médio curso da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande. Na Tabela 1 apresenta-se a relação entre as características dos solos das áreas de estudos e a geração do fator K.

Tabela 1. Características dos solos das bacias estudadas

Solos	Prof. Cm	Silte (%)	Areia fina (%)	Areia Total (%)	Carbono Orgânico (%)	Fator (K)
LVD	0-15 cm	4	24	70	1,28	0,025
LVAD	0-35 cm	4	70	80	1,3	0,014
RLD	0-12 cm	56	27	34	2,57	0,049
NVE	0-15 cm	8	19	56	1,28	0,022
FXD	0-20 cm	5	58	70	1,16	0,012
FFC	0-40 cm	4	39	60	1,16	0,014

Fonte: Chaves (2012).

Os dados utilizados na produção do fator topográfico, LS, provêm da *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM), com 30 m de resolução espacial. Tanto esse raster como as imagens de satélite da série Landsat 8, empregadas para gerar os fatores de uso e manejo

do solo (C), e as práticas conservacionistas, CP, foram adquiridos gratuitamente no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) de 2020, sendo que os fatores CP foram utilizados conjuntamente.

Quanto ao fator topográfico, LS, ainda que seja gerado separadamente, conforme as Equações 5 e 6, sua aplicação na EUPS se faz de maneira integrada. Tal parâmetro representa a declividade (S) e o comprimento de rampa (L) de uma área em relação ao início da perda de solo nos divisores topográficos, e seu decréscimo nos compartimentos onde a declividade favorece o processo de agradação dos sedimentos, geralmente os canais de drenagem ou talvegues.

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13}\right)^2, \quad m = \frac{\beta}{1 + F} \quad F$$

$$= \frac{\sin \beta / 0.0896}{3 (\sin \beta)^{0.8} + 0.56} \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

L = comprimento da encosta (m);

m = constante da declividade da encosta;

β = razão entre a erosão no sulco e entresulco.

Atualmente, a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas tem sido cada vez mais frequente na produção dos fatores L e S (Desmet e Govers, 1996), o que tem permitido a automação do processo, além de favorecer a junção de banco de dados complexos e com informações provenientes de diversas fontes.

$$L(i, j) = \frac{[A(i, j) + D]^{2(m+1)} - A(i, j)^{m+1}}{X^m D^{m+2} (22.13)^m} \quad \text{Equação (6)}$$

Onde:

L(i, j) = fator de comprimento de vertente de uma célula com coordenadas (i, j);

β = declividade em graus (expressa em radianos 0,01745);

A = acumulação de fluxo da área de estudo;

D = valor do pixel em metros;

X = coeficiente de forma.

Para o cálculo do parâmetro (S), procedeu-se à condição a seguir:

Onde: S =

Quando $\tan \beta (i, j) < 0,09$ $S(i, j) = 10.8 \sin \beta (i, j) + 0,03$

Quando $\tan \beta (i, j) \geq 0,09$ $S(i, j) = 16.8 \sin \beta (i, j) - 0,5$

A relação da declividade, S, com o comprimento de rampa, L, fatores adimensionais

da EUPS, permite a geração do fator topográfico, LS, empregado.

Os fatores CP de uso e manejo do solo e práticas conservacionistas, na pesquisa em foco, foram analisados conjuntamente, caracterizando os processos de uso e ocupação da terra das bacias hidrográficas dos córregos Macacão e Mutum. Desta forma, foi realizada uma classificação supervisionada das imagens de satélite da série Landsat 8 e sensor *Operational Terra Imager* (OLI), utilizando as bandas 6,5 e 4 no canal *Red, Green and Blue* (RGB), referente ao mês de agosto de 2019, considerando que, nesse período do ano (inverno), não ocorre tanta interferência na assinatura espectral dos alvos provocada pela umidade pluviométrica e nuvens.

A classificação supervisionada, conforme Cunha, Bacani e Sakamoto (2015) e Gonçalves et al. (2015), consiste em coletar amostras com base nas respostas espectrais de cada alvo ou elemento observado na imagem. Dessa forma, foram geradas as classes de cerrado ralo, cerrado denso, pastagem e queimadas, as quais foram ponderadas para a geração do fator CP.

Resultados e Discussão

As condições climáticas de uma região são manifestadas através dos intemperismos físico-químicos e atuam diretamente no processo de desgaste das rochas e na sua conversão em solos de diferentes tipos. A erosividade pluviométrica, classificada como sendo a capacidade natural da chuva em erodir solos desprotegidos (Wischmeier e Smith, 1978; Trindade et al., 2016) tem se configurado como uma variável de suma importância na análise e no planejamento ambiental, uma vez que possibilita predição da erodibilidade dos solos em bacias hidrográficas (Santos e Martins, 2018).

Considerando a deficiência na distribuição de pluviômetros no território brasileiro, uma das opções encontradas para suprir essa lacuna é a utilização de dados de precipitações fornecidos pelas estações meteorológicas da Agência Nacional de Água e pelo Instituto Nacional de Meteorologia, localizados em várias cidades do Brasil.

Os índices de erosividade, R, encontrados nas bacias hidrográficas dos córregos Macacão e Mutum (Figura 2), foram considerados muito alto, segundo José e Cristiano (2018), Raimo et al. (2018), com valores máximos e mínimos situados entre 12,188 a 12,319 t/ha MJ⁻¹ mm⁻¹. Resultado semelhante foi encontrado por Chaves (2012) no Projeto Produtor de Água no alto e médio curso

da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande.

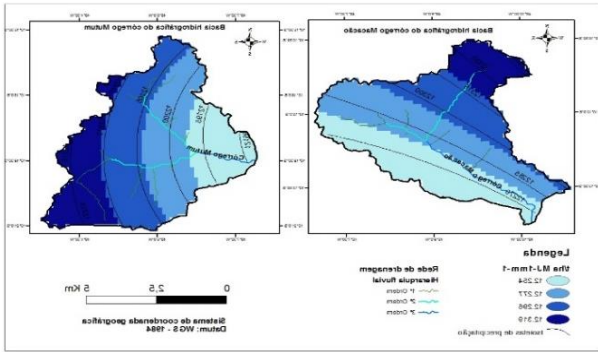


Figura 2. Mapas de erosividade das áreas estudadas.

Conforme observado no mapa de erosividade (Figura 2), o poder erosivo das precipitações ao longo dos anos de 1995 a 2019, totalizando 24 anos de chuva, foi mais concentrado na porção noroeste da bacia do Córrego Macacão, nordeste e sudeste da bacia do Córrego Mutum. Pesquisas indicam que séries históricas com dados de precipitações acima de 20 anos garantem maior precisão na geração do índice de erosividade. Para Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), séries históricas com dados entre 10 a 20 anos já garante maior confiabilidade no índice de erosividade pluviométrica EI₃₀.

O mapeamento do fator K, apresentado na Figura 3, demonstra a espacialização da erodibilidade dos solos nos limites demarcatórios das bacias hidrográficas em estudos. Tal previsão da erodibilidade ocorreu com base nas características dos solos levantadas na pesquisa de campo realizada por Chaves (2012), na bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande. As classes de solos das bacias hidrográficas dos córregos Macacão e Mutum são Latossolo Vermelho Distrófico (LVD), Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAD), Neossolo Litólico Distrófico (RLD), Nitossolo Vermelho Eutrófico (NVE), Plintossolo Háptico Distrófico (FXD) e Plintossolo Pétrico Concrecionário (FFC).

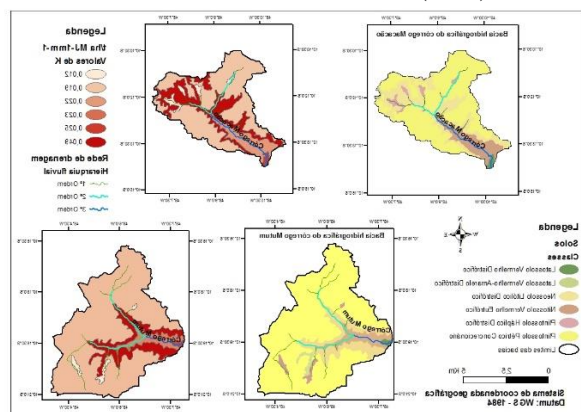


Figura 3. Mapas de solos e do fator K das áreas estudadas.

Os solos que apresentaram as maiores erodibilidades nas áreas pesquisadas são os Neossolo Litólico Distrófico, com valores de 0,049 t/ha MJ⁻¹mm⁻¹ para o fator K; o Latossolo Vermelho Distrófico, com valores de K de 0,025; e o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico com valores de 0,023 t/ha MJ⁻¹mm⁻¹. Em seguida, tem-se o Nitossolo Vermelho Eutrófico com erodibilidade de 0,022 t/ha MJ⁻¹mm⁻¹. Com menor capacidade de erodibilidade, têm-se os Plintossolos Pétrico Concrecionário e Háptico Distrófico, com valores de K entre 0,012 a 0,019 t/ha MJ⁻¹mm⁻¹, os quais representam cerca de 62% da área da bacia do Macacão, e 75% da área da bacia do Córrego Mutum.

De maneira geral, conforme Carvalho (2008), mais de 60% dos solos das bacias estudadas se enquadram como de baixa erodibilidade. Já para o fator topográfico, cerca de 80% das áreas das bacias apresentam valores de LS considerados baixos, situados entre 0,029 a 1,86 e 1,86 a 4,30. As susceptibilidades mais acentuadas à perda de solo coincidem com os maiores declives das áreas estudadas, com terrenos fortemente ondulados (20 a 45%) e montanhosos (>45%), conforme a classificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2015) para os intervalos de declividades, embora essas classes representem pouco mais de 6% das áreas das bacias. Na Figura 4 sintetiza-se a espacialização dos mapas de declividade e do fator topográfico.

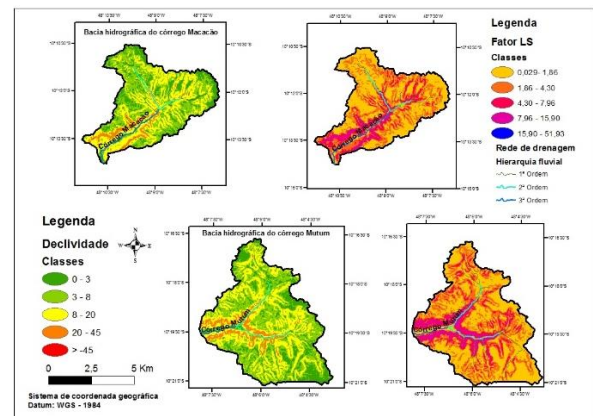


Figura 4. Mapas de declividade e do fator topográfico LS das áreas estudadas.

No que se refere ao fator CP, uso e manejo do solo e práticas conservacionistas, tal parâmetro foi determinado através do processo de mapeamento de uso e ocupação das terras das bacias estudadas, em que se optou pela determinação dos fatores CP de forma conjunta. Desta maneira, foram classificadas as classes de cerrado ralo, cerrado denso, pastagem e queimadas, conforme a classificação da

fitofisionomia do bioma Cerrado de Ribeiro e Walter (2008).

A geração do fator CP obedeceu às características intrínsecas das classes concernentes ao uso antrópico e ao vigor vegetativo, cuja ponderação variou entre 0,005 a 0,01, para o cerrado ralo, denso e Áreas de Preservação Permanente (APPs), a 0,011 e 0,02 para pastagem e áreas queimadas, respectivamente, conforme demonstrado na Figura 5.

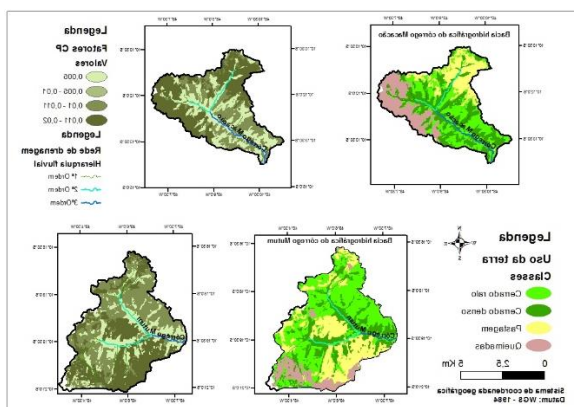


Figura 5. Mapas de uso da terra e do fator CP das áreas estudadas.

Desta forma, observa-se na Figura 5 que as classes menos suscetíveis à erosão são aquelas cobertas pelas fitofisionomias do Cerrado com predominância de cerrado denso e cerrado ralo, incluindo as Áreas de Preservação Permanentes ao longo dos mananciais. Segundo Furlan, Filipini e Reis (2016), Lima, Ferreira e Ferreira (2018), a remoção da cobertura vegetal favorece as relações processuais de perda de solo, lixiviação e assoreamento de cursos d'água.

Por intermédio da integração dos parâmetros da EUPS, pôde-se determinar a susceptibilidade à perda de solo das bacias hidrográficas estudadas, conforme se percebe na Figura 6.

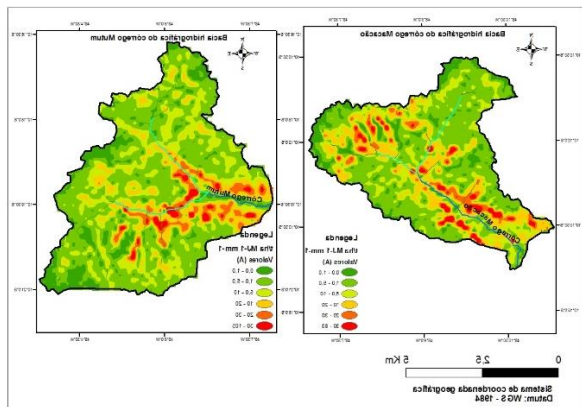


Figura 6. Mapas de perda de solos t/ha MJ⁻¹ mm⁻¹ das áreas de estudos

A susceptibilidade à perda de solo na sub-bacia do Córrego Macacão, conforme observado na Figura 6, está mais concentrada nas porções leste e sudoeste, entre os intervalos de 20, 30 e 83 t/ha MJ⁻¹ mm⁻¹. Esses intervalos representam as áreas mais vulneráveis à perda de partículas do solo, compreendendo cerca de 24% da área da sub-bacia.

No caso do Córrego Mutum, as maiores susceptibilidades se concentraram na porção centro-oeste da sub-bacia, situada entre os intervalos de 20, 30 e 105 t/ha MJ⁻¹ mm⁻¹, abrangendo cerca de 19% de toda a área pesquisada. Segundo o estudo da FAO (1984), a erosão hídrica pode ser classificada seguindo os intervalos de classes entre <10 t/ha MJ⁻¹ mm⁻¹ para erosão ligeira a moderada; 10 a 25 t/ha MJ⁻¹ mm⁻¹ para erosão grave a moderada; 25 a 50 t/ha MJ⁻¹ mm⁻¹ para erosão grave e > 50 t/ha MJ⁻¹ mm⁻¹ para erosão muito grave.

A partir da análise da Figura 6, as duas sub-bacias hidrográficas apresentam variação no que tange às susceptibilidades à perda de solo, com valores máximos de 83t/ha MJ⁻¹ mm⁻¹ a 105t/ha MJ⁻¹ mm⁻¹, embora representem somente 19% da área da sub-bacia do Mutum e 24% da área da sub-bacia do Macacão. Sendo assim, as susceptibilidades à perda de solo nas áreas estudadas podem ser consideradas moderada, grave e muito grave (FAO, 1984).

Ao estudar a susceptibilidade à perda de solo do alto e médio curso da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande, Chaves (2012) encontrou intervalos situados entre 0 a 100t ha⁻¹ ano. Na Tabela 2 apresenta-se a variação da previsão da perda de solo em percentual e km² das áreas estudadas.

Tabela 2. Susceptibilidade a perda de solo em t/ha MJ⁻¹ mm⁻¹

Bacia Macacão (t/ha MJ ⁻¹ mm ⁻¹)			Bacia Mutum (t/ha MJ ⁻¹ mm ⁻¹)		
	Km ²	%		Km ²	%
0 - 1,0	12,56	47,39	0 - 1,0	4,69	13,55
1 - 5,0	7,09	26,74	1 - 5,0	15,32	44,23
5,0 - 10	3,30	12,46	5,0 - 10	7,97	23,02
10 - 20	1,60	6,04	10 - 20	3,79	10,94
20 - 30	1,70	6,42	20 - 30	1,96	5,65
30 - 83	0,27	0,95	30 - 105	0,91	2,61
Total	26,52	100	-	34,64	100

Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

De modo geral, observa-se que as bacias hidrográficas dos córregos Macacão e Mutum sofrem perdas de solos em quantidades diferentes no que diz respeito à análise integrada da paisagem. Tal fato pode estar relacionado ao

processo de uso e ocupação da terra, feitos exclusivamente por meio de atividades de criação bovina, o que obriga a remoção da vegetação do bioma Cerrado e a introdução de pastagem.

Conclusão

A integração dos parâmetros da EUPS, representados pelos fatores de erosividade pluviométrica R, erodibilidade do solo K, declividade e comprimento LS, uso e manejo do solo e práticas conservacionistas CP, permitiu realizar um diagnóstico ambiental da perda de solo das bacias hidrográficas dos córregos Macacão e Mutum.

Observou-se, ao longo dos períodos de 1995 a 2019, que o índice de erosividade, EI_{30} , nas bacias, foi considerado muito alto, com valores mínimos e máximos entre 12,188 a 12,319 t/ha $MJ^{-1} mm^{-1}$. Quanto aos solos das áreas estudadas, os mais suscetíveis à erosão hídrica foram os Neossolo Litólico Distrófico, com valores de 0,049 t/ha $MJ^{-1} mm^{-1}$, e o Latossolo Vermelho Distrófico, com valores de 0,025.

O fator topográfico, LS, representando a declividade e o comprimento de rampa, demonstrou seu poder erosional somente em 20% das áreas estudadas, coincidindo com as altas declives.

Percebeu-se que a ação antrópica, representada no processo de uso e manejo do solo e práticas conservacionistas, constituindo o fator CP, exerce grande influência na perda de solo nas bacias estudadas, principalmente através das queimadas e da substituição da vegetação do Cerrado pela pastagem.

O risco de perda de solo nas bacias foi considerado moderado, grave e muito grave, o que sugere a adoção de práticas conservacionistas.

Agradecimentos

Agradeço ao laboratório de Geociências ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás (UFG), Regional de Jataí, pelo apoio incondicional ao desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

- ANA. Agência Nacional de Água, 2019. Séries históricas de estações. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- Bertoni, J., Lombardi Neto, F., 2017. Conservação do solo, 10 ed. Ícone, São Paulo.
- Carvalho, N.O., 2008. Hidrossedimentologia prática, 2 ed. Interciência, Rio de Janeiro.
- Chaves, H.M.L., 1996. Modelagem matemática da erosão hídrica: passado, presente e futuro, in: Alvarez, V.V.H., Fontes, L.E.F., Fontes, M.P.F. (Eds.). O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, pp. 731-750.
- Chaves, H.M.L., 2012. Projeto produtor de água, bacia do rio Taquarussu. 2º Relatório de Consultoria, Produto D.1 Consultor: Henrique M.L. Chaves, PhD, TNC-SANEATINS.
- Cunha, E.R., Bacani, V.M., Sakamoto, A.Y., 2015. Utilização de imagem de alta resolução espacial para o mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal. Geografia Ensino & Pesquisa 19, 65-74.
- Demarchi, J.C., Piroli, E.L., Zimback, C.R.L., 2019. Estimativa de perda de solos por erosão laminar e linear na bacia hidrográfica do Ribeirão das Perobas. R. Ra'e Ga. 46, 110-131.
- Desmet, P.J.J., Govers, G.A., 1996. GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeney 51, 427-433.
- Durães, M.F., Mello, C.R., 2016. Distribuição espacial da erosão potencial e atual do solo na bacia hidrográfica do rio Sapucaí, MG. Eng. Sanit. Ambient. 21, 677-685.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2015. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Reunião Técnica de Levantamento de Solos, 10, Rio de Janeiro.
- FAO. Food and Agriculture Organization, 1984. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Roma. 86 p.
- Furlan, A.R., Filipini, R.C., Reis, J.T., 2016. Os diferentes tipos de uso e cobertura da terra e sua influência nos parâmetros de qualidade da água. Ciência e natureza 38, 1319-1331.
- Gonçalves, A.K., Silveira, G.R.P., Barros, Z.X., Campos, S., 2015. Métodos de classificação supervisionada de imagem de satélite aplicadas no mapeamento do uso do solo na bacia hidrográfica do ribeirão Santo Antônio, São Manuel/SP. Geosaberes 6, 52-62.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/download-s-geociencias.html>. Acesso em: 20 maio 2020.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, 2020. Dados históricos. Disponível em:

- <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 10 fev. 2020.
- José, B.A., Cristiano, P., 2018. Distribuição espacial e temporal da erosividade das chuvas no estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Climatologia* 22, 381-403.
- Lima, G.S.A., Ferreira, N.C., Ferreira, M.E., 2018. Modelagem da perda superficial de solo para canários de agricultura e pastagem na região metropolitana de Goiânia. *Rev. Bras. de Cartografia* 70, 1510-1536.
- Lombardi Neto, F., Moldenhauer, W.C., 1992. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). *Bragantia* 51, 189-196.
- Mantovani, V.A., Amorim, J.S., Rodrigues, A.F., Junqueira, R., Carvalho, R.N., Oliveira, A.S., 2018. Estimativa da taxa de entrega de sedimentos e áreas suscetíveis à erosão em uma bacia hidrográfica no sul de Minas Gerais. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, 16, n. 2.
- Morais, R.C.S., Sales, M.C.L., 2017. Estimativa do potencial natural de erosão dos solos da bacia hidrográfica do Alto Gurguéia, Piauí-Brasil, com uso de Sistema de Informação Geográfica. *Caderno de Geografia [Online]* 27, número especial 1. Disponível em: <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2017v27n esp1p84>. Acesso: 6 abr. 2020.
- Morais, R.C.S., Silva, A.J.O., 2020. Estimativa do potencial natural de erosão dos solos na bacia hidrográfica do rio Longá. *GEOTemas* 10, 116-137.
- Raimo, L.A.L., Amorim, R.S.S., Couto, E.G., Nóbrega, R.L.B., Torres, G.N., Bocuti, E.D., Almeida, C.O.S.A., Rodrigues, R.V., 2018. Spatio-temporal variability of erosivity in Mato Grosso, Brazil. *Rev. Ambient. Água* 13, 2276.
- Ribeiro, J.F., Walter, B.M.T., 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado, in: Sano, S.M., Almeida, S.P., Ribeiro, J.F., *Ecologia e flora* 1, Embrapa, 152-212.
- Santos, D.B.O., Blanco, C.J.C., Pessoa, F.C.L., 2015. RUSLE para determinação da tolerância de perda de solo. *Biota Amazônia* 5, 78-83.
- Santos, P.T., Martins, A.P., 2018. Análise da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Claro, Goiás. *Revista do Departamento de Geografia* 36, 155-170.
- SEPLAN. Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente, 2012. Bases vetoriais. Disponível em: <http://www.sefaz.to.gov.br/zonamento/bases-vetoriais/bases-vetoriais/base-de-dados-geograficos-do-tocantins---atualizacao-2012/>. Acesso em: 15 abr. 2020.
- Silva, A.M., 2004. Rainfall erosivity map for Brazil. *Catena* 57, 251-259.
- Sousa, F.R.C., Paula, D.P., 2019. Análise de perda do solo por erosão na bacia hidrográfica do Rio Coreau (Ceará-Brasil). *Rev. Bras. Geomorfol.* 20, 491-507.
- Teixeira, M.B., Teixeira, C. de, Luiz, P., Martins Junior, P.P., 2017. Avaliação da perda universal de solos para o município de São Francisco - Minas Gerais. *Rev. Geogr. Acadêmica* 11, 67-78.
- Tavares Filho, J., 2016. Física e conservação do solo e água. Editora Eduel, Londrina.
- Trindade, A.L.F., Oliveira, P.T.S., Anache, A.A., Wendland, E., 2016. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Brasil. *Pesq. agropec. brasileira*, 51, 1918-1928.
- Vansan, A.P., Tomazoni, J.C., 2020. Uso de técnicas de geoprocessamento para estudo da erosão hídrica laminar em microbacia hidrográfica do sudoeste do Paraná. *Revista Brasileira de Geografia Física* 13, 1117-1131.
- Xavier, J.P.S., Barros, A.H.C., Webber, D.C., Accioly, L.J.O., Marques, F.A., Filho, J.C.A., Silva, B., 2019. Estimativa da erosividade da chuva por diferentes métodos e seu impacto na equação universal de perdas de solo, no semiárido pernambucano. *Revista Brasileira de Geografia Física* 12, 859-875.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. Department of Agriculture. Washington, U.S.