MODELAGEM DE PERDAS DE SOLO NO RIBEIRÃO SANTANA, MINAS GERAIS

Huezer Viganô Sperandio [1], Maria Luiza de Azevedo[1], Danielle Piuzana Mucida [2], Eric Bastos Gorgens [2], Reynaldo Campos Santana [2], Daniel Brasil Ferreira Pinto [3]

[1] Doutorandos do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Rodovia MGT 367 – Km 583, nº 5000, Alto da Jacuba, Diamantina – MG, huezer.sperandio@ufvjm.edu.br, marialuiza.azevedo@ufvjm.edu.br; [2] Docentes do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Rodovia MGT 367 – Km 583, nº 5000, Alto da Jacuba, Diamantina – MG, danielle.piuzana@ufvjm.edu.br, eric.gorgens@ufvjm.edu.br, reynaldo.santana@ufvjm.edu.br; e [3] Docente do Programa Tecnologia, Ambiente e Sociedade, Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Rua do Cruzeiro, nº 01, Bairro Jardim São Paulo, Teófilo Otoni – MG, daniel.brasil@ufvjm.edu.br

RESUMO

A modelagem ambiental de bacias hidrográficas como parte do planejamento ambiental é ferramenta base para tomadas de decisão na gestão pública. Realizou-se a modelagem das perdas de solo para a bacia do Ribeirão Santana em Felício dos Santos (MG), através da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE). A USLE considera os processos de erosividade, erodibilidade, fator topográfico, uso e cobertura da terra e práticas conservacionista. Observou-se que mais de 85% da área apresenta perdas de ligeira a moderada. Pela espacialização das perdas de solo, é possível identificar as áreas mais susceptíveis, focalizando os esforços para controle e manejo, contudo, práticas conservacionistas de manejo de solo e ambiente deve ser considerado para toda a bacia.

Palavras-chave — erosão, planejamento ambiental, USLE, conservação do solo, planejamento territorial.

ABSTRACT

Environmental modeling of watersheds as part of environmental planning is a basic tool for decision-making in public management. Soil losses were modeled for the Ribeirão Santana basin in Felício dos Santos (MG), using the Universal Soil Loss Equation (USLE). The USLE considers the processes of erosivity, erodibility, topographic factor, land use and cover, and conservation practices. It was observed that it presents more than 85% of the areas of mild to moderate habitat. By spatializing the soil management areas, it is possible to identify the exercises for control and targeting, soil and environmental conservation practices must be considered for the entire basin

Key words — *erosion, environmental planning, USLE, soil conservation, territorial planning.*

1. INTRODUÇÃO

Os modelos de crescimento demográfico e econômico atuais levaram a um aumento da demanda por recursos naturais e, consequentemente, a mudanças na cobertura do solo [1]. O uso e ocupação do solo com desrespeito às características do lugar, aliado à falta de estratégias de conservação, tem sido considerado um grande acelerador de erosão e causa de degradação ambiental [2].

As bacias hidrográficas têm uma posição vulnerável em relação a questões associadas a mudanças nos padrões de uso e cobertura da terra [3]. Nesse sentido, a exploração dos recursos hídricos precisa ocorrer de forma planejada, de maneira que garanta a preservação e o uso sustentável dessas áreas [4]. O uso de geotecnologias tem sido amplamente utilizado para o planejamento e gestão ambiental em bacias hidrográficas, pois permitem uma análise integrada das diversas características ambientais de uma área [3]. Uma ferramenta muito útil para planejamento ambiental e avaliação do manejo do solo é a Equação Universal de Perda de Solo (USLE). Este recurso permite avaliar a perda de solo, possibilitando a implementação de ações efetivas de planejamento ambiental em bacias hidrográficas [5].

A bacia hidrográfica do Ribeirão Santana, conforme definido para este estudo, encontra-se inserida no município de Felício dos Santos (MG). Está localizada na Serra do Espinhaço, região que abriga uma flora rica e única no Brasil, com um grande número de espécies endêmicas, sendo reconhecida desde 2005 pelo UNESCO como Reserva da Biosfera [6], sendo de grande importância ambiental. Considerando as características da paisagem e os usos agrícolas nessa bacia, este estudo teve como objetivo estimar as perdas de solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Santana, localizada nos Campos Rupestres brasileiro, utilizando a ferramenta USLE associada ao SIG (Sistema de Informações Geográficas).

2. MATERIAL E MÉTODOS

A bacia do Ribeirão Santana está localizada no município de Felício dos Santos, nordeste de Minas Gerais e possui aproximadamente 7200 ha. De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o regime climático na região é tropical de altitude (Cwb), caracterizado por verões brandos e úmidos e invernos frescos e secos [7]. Os índices de precipitação variam de 1.250 mm a 1.550 mm e a temperatura média anual é de 20º C [8].

A bacia apresenta um relevo suave a ondulado na sua porção baixa e ondulado a montanhoso na porção alta [8]. A elevação varia de 709 metros na jusante a 1.826 metros na cabeceira da bacia (Figura 1). A declividade predominante varia de 0 a 8%, no entanto, existem porções da bacia com declividade atingindo 45%. De acordo com o mapa de classes de solos de Minas Gerais da EMBRAPA/RADAM (escala de 1:1.000.000) os solos na bacia são classificados como Cambissolo Háplico, Argissolo Vermelho-Amarelo, Neossolo Litólico e Latossolo Vermelho (Figura 2). O alto e médio da bacia estão dentro da área de proteção ambiental denominada APA Municipal Felício dos Santos, instituído pela lei municipal 502 de 27/03/03.

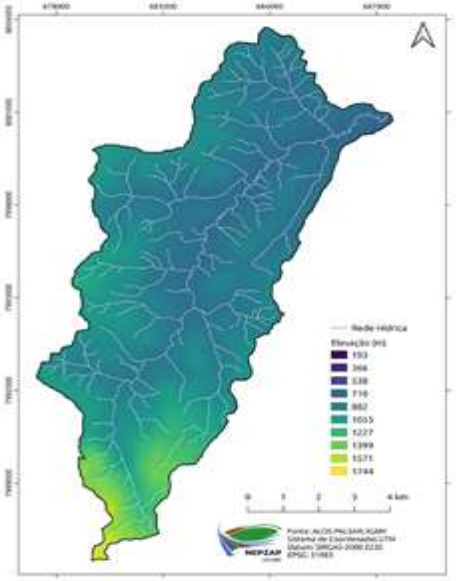

Figura 1. Mapa de elevação da bacia hidrográfica do Ribeirão Santana, Minas Gerais

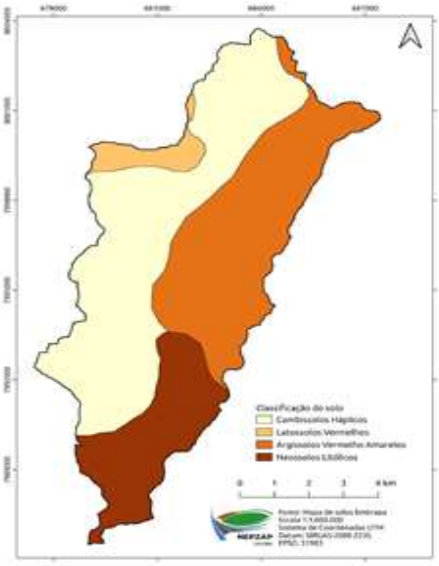

Figura 2. Mapa de classes de solos da bacia hidrográfica do Ribeirão Santana, Minas Gerais

O modelo da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) foi aplicado em ambiente SIG no software QGis 3.10 para determinar a perda média anual de solo (Equação 1).

$$A = R * K * LS * C * P$$

Onde: A = Perda de solo calculada por unidade de área (t ha-1ano-1); R = Índice de erosividade da chuva (MJ mm ha-1h-1ano-1); K = Fator de erodibilidade do solo (t h MJ-1 mm-1); LS = Fator topográfico, que engloba o comprimento de rampa e grau de declividade (adimensional); C = Fator de uso e manejo do solo (adimensional); P = Fator de práticas conservacionistas (adimensional).

O fator de erosividade foi obtido segundo metodologia utilizando Redes Neurais Artificiais [9], denominado NetErosividade MG (http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares). O fator de erodibilidade de cada classe de solo encontrada na bacia foi definido conforme Farinasso [10]. A partir dos dados SRTM, obtidos junto ao United States Geological Survey (USGS), foi confeccionado o modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC), e assim, pela ferramenta LS-factor do software QGis 3.10 foi obtido o fator LS, conforme Barbosa et al. (2015).

O mapa de uso e ocupação da terra foi confeccionado mediante imagens Sentinel 2 (resolução de 10 metros), com a utilização da ferramenta classificatória não-supervisionado k-means para quatro centros aleatórios. Posteriormente essa imagem classificada foi transformada em vetor, e manualmente ajustada às áreas, tendo por base as imagens do Google Earth. Para cada classe de uso e manejo da terra, foi estabelecido o peso para o fator CP [10, 11].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A erosividade na bacia do Ribeirão Santana possui valor médio anual de 3862 MJ mm $ha^{-1}h^{-1}ano^{-1}$. Para cada classe de solo da bacia, a erodibilidade foi definida: Latossolo vermelho (0,018 t h MJ^{-1} mm^{-1}), Argissolo vermelho amarelo (0,047 t h MJ^{-1} mm^{-1}), Cambissolo háplico (0,049 t h MJ^{-1} mm^{-1}) e Neossolo litólico (0,036 t h MJ^{-1} mm^{-1}). Ocorreu uma variação de 0,03 a 45,87 do fator topográfico (LS) na bacia em estudo. O fator LS apresentou grande variação devido às características do relevo na bacia, com maiores valores do fator LS concentrando-se nos locais de maior declividade. O fator topográfico LS caracteriza a velocidade de escoamento e, portanto, é um indicador do risco de erosão do solo em bacias hidrográficas.

Pelo mapa de uso e ocupação do solo percebe-se a alta cobertura da área por vegetação nativa na bacia (Figura 3 e Tabela 1). A cobertura vegetal dessas áreas apresenta uma contribuição muito importante na proteção contra erosão, pois atua diminuindo o impacto das gotas de chuva; melhora a estrutura do solo, possibilitando uma maior capacidade de retenção de água; além de diminuir a velocidade de escoamento. Não foi evidenciada nenhuma prática conservacionista do solo exposto na área da bacia, então foi utilizado como valor de 1 o fator de práticas

conservacionistas. As taxas do fator CP foram baseadas em usos identificados na bacia e caracterizados pelo grau de proteção fornecido ao solo. Desta forma, quanto menor o índice, mais eficiente é a proteção; quanto maior o índice, maior cuidado deve-se ter na área.

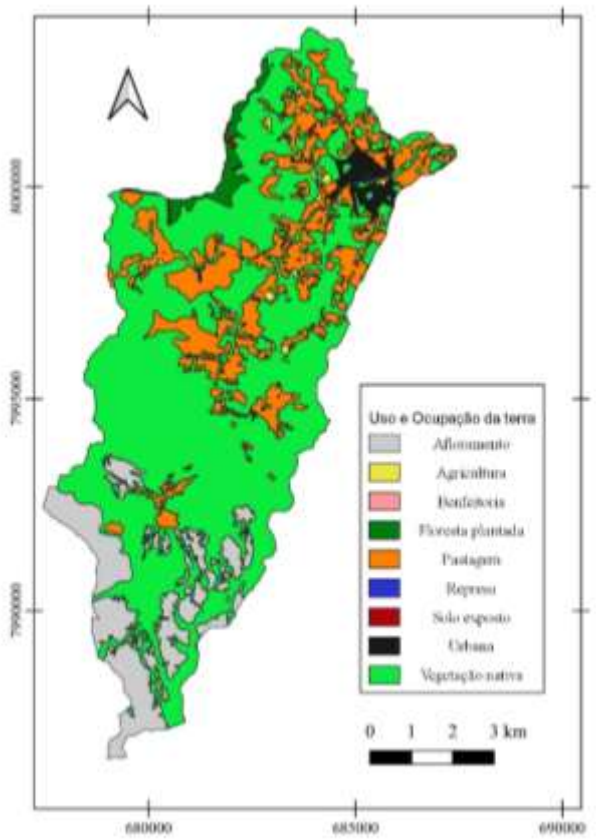

Figura 3. Mapa de uso e ocupação da bacia hidrográfica do Ribeirão Santana, Minas Gerais

Uso e Ocupação da terra	Percentual da área (%)	Fator CP*
Afloramento	11,81	0,00001
Vegetação nativa	64,64	0,0042
Floresta plantada	1,66	0,0026
Benfeitoria	0,06	0,00005
Solo exposto	0,21	1
Represa	0,05	0
Pastagem	18,99	0,025
Urbana	1,81	0,00005
Agricultura	0,76	0,1

Tabela 01- Índice de fator CP atribuídos às classes de cobertura vegetal e uso da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Santana, Minas Gerais.

A perda média de solo na bacia é de 4,29 Mg ha^{-1} ano^{-1}. Em 73,78% da área da bacia ocorre a estimativa de perdas inferiores a 5 Mg ha^{-1} ano^{-1}, sendo considerada de ligeira a moderada [12] (Figura 04). As áreas que apresentaram elevada perda de solo são dominadas por declividades acentuadas com presença de pastagem mal manejada ou com solo exposto. O relevo é suave a ondulado na sua porção baixa e ondulado a montanhoso na porção alta, com declividade atingindo 45% em alguns pontos esparsos pela bacia, especialmente em áreas mais dissecadas. Quanto maior o gradiente de declividade, maior o escoamento superficial e maior a perda de solo [13].

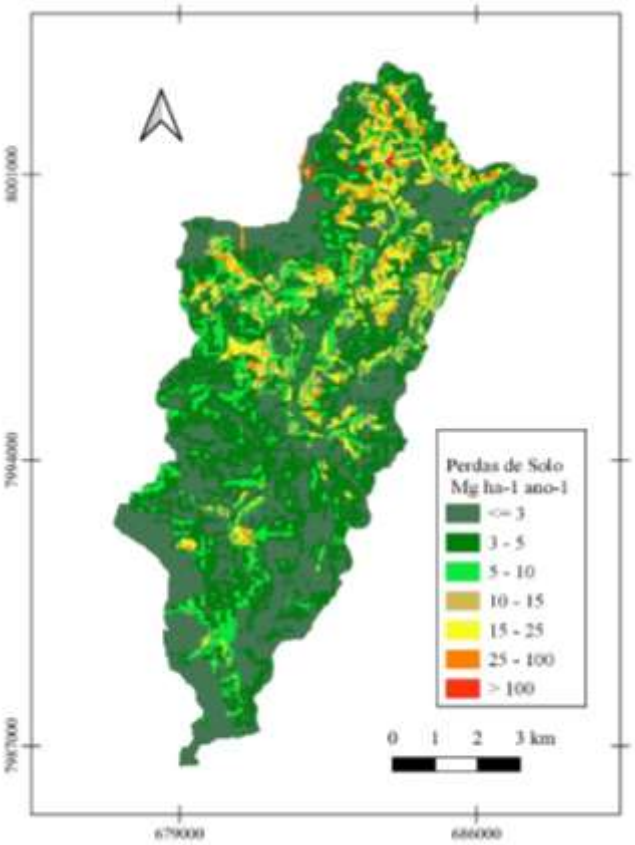

Figura 4. Mapa de perda de solo da bacia hidrográfica Ribeirão Santana, Minas Gerais.

Pode-se verificar que em 10,36% da área, as perdas de solo são superiores aos limites considerados aceitáveis para as classes de solos correspondentes. Essas áreas estão localizadas, de maneira geral, na região central e norte da bacia, e tendo por características uma declividade acentuada combinada com pastagem ou solo exposto. A região sul, predominantemente coberta por vegetação nativa e por pequenas áreas de uso antrópico, possui valores toleráveis de perdas de solo, exceto em pequenas áreas de pastagem. Nota-se, que a pastagem, é o uso do solo que merece atenção, por estar associado às áreas com maiores perdas de solo.

A utilização da metodologia da equação universal de perdas de solo proporcionou a espacialização e identificação

das áreas com maiores fragilidades na bacia, de tal maneira, que favorece a adoção localizada de ações corretivas e de preservação. Essas práticas visam reduzir as perdas de solo, e assim, suas consequências: diminuição da produtividade agrícola, lixiviação de nutrientes, deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, além de outros danos aos serviços ecossistêmicos prestados [14].

Desta forma, espera-se que a partir da identificação espacial das áreas com as maiores estimativas de perdas de solo, a gestão pública possa fomentar ações preventivas ou corretivas. Visando a conservação do solo e água, tanto em escala local, acessando as comunidades ou em nível de bacia hidrográfica e município.

Sabe-se que a erosão do solo é afetada por muitos fatores e os processos subjacentes à sua mudança são altamente não lineares [15]. Assim, embora existam diferentes modelos para prever a erosão do solo, especialmente associados aos sistemas de informações geográficas, continua sendo difícil quantificar com precisão as perdas de solo em uma determinada área. Tal fato está relacionado à precariedade de mapas e banco de detalhadas para cada localidade [16]. Desta forma, ressalta-se a importância da utilização de outras técnicas e de monitoramentos em campo.

5. CONCLUSÕES

Mais de 85% da área da bacia apresenta perdas de solo consideradas de ligeira a moderada (abaixo de 10 t $ha^{-1}ano^{-1}$). Contudo, é necessária a implantação de práticas conservacionistas para manejo do solo e do ambiente.

A USLE proporciou a espacialização e identificação das áreas com maiores fragilidades na bacia, demostrando sua eficiência em estudos dessa natureza.

6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e apoio institucional da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM).

8. REFERÊNCIAS

[1] S. Preidl, et al. D. Introducing APiC for regionalised land cover mapping on the national scale using Sentinel-2A imagery. *Remote Sensing of Environment*, v. 240, p. 111-673, 2020.

[2] R. F. Valle Junior, et al. Impacts of land use conflicts on riverine ecosystems. *Land Use Policy*, v. 43, p. 48-62, 2015.

[3] W. S. Alves, et al. Geotechnologies applied in the analysis of land use and land cover (LULC) transition in a hydrographic basin in the Brazilian Cerrado. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v. 22, p. 100495, 2021.

[4] D. P. Trevisan, et al. Environmental vulnerability index: An evaluation of the water and the vegetation quality in a Brazilian Savanna and Seasonal Forest biome. *Ecological Indicators*, v. 112, p.106-163, 2020.

[5] M. L. Duarte, et al. Determinação da Erodibilidade do Solo por Meio de Dois Métodos Indiretos em uma bacia hidrográfica na região sul do estado do Amazonas, Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 21, p. 329-341, 2020.

[6] F. A. O. Silveira, et al. Ecology and evolution of plant diversity in the endangered Campo Rupestre: A neglected conservation priority. *Plant and Soil*, v. 403, p. 129–152, 2016.

[7] M. Kottek et al. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 15, p. 259-263. 2006.

[8] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Serviço de Produção de Informação, Brasília, 1999.

[9] C. M. Moreira, et al. NetErosividade MG: Erosividade da chuva em Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, p. 1349-1353, 2008.

[10] M. Farinasso, et al. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS –Equação Universal de Perdas de Solo –utilizando novas tecnologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba –PI-MA. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 2, p. 73–85. 2006.

[11] S. G. Martins, et al. Fator cobertura e manejo do solo e perdas de solo e água em cultivo de eucalipto e em Mata Atlântica nos Tabuleiros Costeiros do estado do Espírito Santo. *Sci. Forestalis*, v. 38, p. 517-526, 2010.

[12] S. Beskow, et al. Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. *Catena*, v. 79, n. 1, p. 49-59, 2009.

[13] A. L. Vaezi, et al. Interaction of land use, slope gradient and rain sequence on runoff and soil loss from weakly aggregated semi-arid soils. *Soil and Tillage Research*, v. 172, p. 22-31. 2017.

[14] R. C. A. Costa, et al. Land capability of multiple-landform watersheds with environmental land use conflicts. *Land use policy*, v. 81, p. 689-704, 2019.

[15] J. Huang. Assessment of potential changes in soil erosion using remote sensing and GIS: a case study of Dacaozi Watershed, China. Environ Monit Assess. v. 190, p. 736 2018.

[16] R. F. Godoi, et al. High-resolution soil erodibility map of Brazil. Science of The Total Environment, v. 781, 2021.