

# ESTIMATIVA DAS PERDAS DE SOLO POR EROÇÃO HÍDRICA NA SUB-BACIA HIDROGRAFIA DO CÓRREGO DA ESTIVA – ALFENAS - MG

*Estimation of soil loss due to water erosion in the Estiva stream sub-basin – Alfenas - MG*

## **Eduardo Gusmão Fachina**

Graduando em Geografia, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), Alfenas, Minas Gerais, Brasil.  
[eduardo.fachina@sou.unifal-mg.edu.br](mailto:eduardo.fachina@sou.unifal-mg.edu.br)

## **Ricardo Maximiliano da Silva**

Graduanda em Geografia, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), Alfenas, Minas Gerais, Brasil.  
[ricardo.maximiliano@sou.unifal-mg.edu.br](mailto:ricardo.maximiliano@sou.unifal-mg.edu.br)

## **Luisa Baptistella Zanete**

Graduanda em Geografia, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), Alfenas, Minas Gerais, Brasil.  
[luisa.zanete@sou.unifal-mg.edu.br](mailto:luisa.zanete@sou.unifal-mg.edu.br)

## **Derielsen Brandão Santana**

Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Alfenas, Minas Gerais, Brasil.  
[derielsen.santana@sou.unifal-mg.edu.br](mailto:derielsen.santana@sou.unifal-mg.edu.br)

## **Guilherme da Silva Rios**

Instituto de Ciências da Natureza, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), Alfenas, Minas Gerais, Brasil.  
[guilherme.rios@sou.unifal-mg.edu.br](mailto:guilherme.rios@sou.unifal-mg.edu.br)

## **Diogo Olivetti**

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), Alfenas, Minas Gerais, Brasil.  
[diogo.olivetti@unifal-mg.edu.br](mailto:diogo.olivetti@unifal-mg.edu.br)

## **Felipe Gomes Rubira**

Instituto de Ciências da Natureza, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), Alfenas, Minas Gerais, Brasil.  
[felipe.rubira@unifal-mg.edu.br](mailto:felipe.rubira@unifal-mg.edu.br)

## **Ronaldo Luiz Mincato**

Instituto de Ciências da Natureza, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), Alfenas, Minas Gerais, Brasil.  
[ronaldo.mincato@unifal-mg.edu.br](mailto:ronaldo.mincato@unifal-mg.edu.br)

Recebido: 01/02/2026

Aceito: 15/04/2026

## **Resumo**

A erosão hídrica é o principal processo de degradação dos solos, comprometendo a sustentabilidade ambiental e a produção agrícola. Este estudo visou estimar as perdasSub-bacia Hidrográfica do Córrego Estiva, em Alfenas - MG, pela Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE) em Sistemas de Informação Geográfica

(SIG). Para tanto, foram determinados os fatores da RUSLE: erosividade (R), erodibilidade (K), fator topográfico (LS), uso e manejo da terra (C) e práticas conservacionistas (P). Tais fatores foram obtidos a partir de dados secundários, imagens de satélite e modelos digitais de elevação. Os resultados indicaram que as pastagens são a classe de uso predominante (47,3% da área), seguidas por formações da Mata Atlântica (18,9%) e áreas urbanas (10,9%). As maiores taxas de perda de solo foram observadas em áreas de solo exposto, seguidas por áreas de cultivo de soja e por pastagens degradadas, especialmente nas encostas mais íngremes. A comparação com os limites de Tolerância de Perda de Solo (TPS) revelou que 19,8% da área apresenta perdas acima dos valores sustentáveis, indicando processos intensos de degradação. Os procedimentos adotados foram eficazes para a estimativa das taxas de perda de solo na bacia hidrográfica, que servem de subsídios ao planejamento ambiental e à gestão territorial da área. Por fim, é possível concluir que a identificação das áreas críticas permite direcionar práticas de manejo conservacionistas, reduzir as taxas de perda de solo e o aumentar a sustentabilidade edáfica.

**Palavras-chave:** Solos tropicais, SIG, degradação dos solos, tolerância de perda de solo.

### **Abstract**

Water erosion is the main process of soil degradation, compromising environmental sustainability and agricultural production. This study aimed to estimate soil losses from water erosion in the Estiva Stream Hydrographic Sub-basin, in Alfenas - MG, using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) within Geographic Information Systems (GIS). To this end, the RUSLE factors were determined: erosivity (R), erodibility (K), topographic factor (LS), land use and management (C), and conservation practices (P). These factors were obtained from secondary data, satellite imagery, and a digital elevation model. The results indicate that pastures are the predominant land use class (47.3% of the area), followed by Atlantic Forest formations (18.9%) and urban areas (10.9%). The highest erosion rates were observed in areas of exposed soil, followed by soybean crops and degraded pastures, especially on the steepest slopes. Comparison with Soil Loss Tolerance (SLT) limits revealed that 19.8% of the area experiences losses exceeding sustainable levels, indicating severe degradation. The procedures adopted were effective for estimating water erosion rates in the watershed, providing input for environmental planning and territorial management of the area. Identifying critical areas enables the direction of conservation management practices to reduce soil loss rates to sustainable levels.

**Keywords:** Tropical soils, GIS, soil degradation, soil loss tolerance.

---

## **1. INTRODUÇÃO**

A degradação do solo pela erosão hídrica é um dos desafios contemporâneos mais significativos para a manutenção dos serviços ecossistêmicos e para a garantia da segurança alimentar e nutricional global. Em regiões tropicais, este problema é particularmente agravado pela combinação de elevada erosividade das chuvas e falta de manejos conservacionistas dos solos, que atuam simultaneamente na remoção das camadas superficiais dos solos ricos em matéria orgânica e nutrientes. Este processo não

apenas compromete a produção agrícola, mas também gera impactos externos como o assoreamento e a eutrofização de corpos hídricos e a degradação dos ecossistemas terrestres. No Brasil, a erosão hídrica é responsável por perdas anuais de solo estimadas em 847 milhões de toneladas, com custos econômicos que alcançam bilhões de dólares devido à reposição de nutrientes e às perdas de produtividade (Merten; Minella, 2013). A região sul do estado de Minas Gerais exemplifica este cenário, historicamente dominada pela cafeicultura, mas que tem experimentado diversificação das atividades agrícolas, incluindo a expansão de áreas de soja, milho e pastagens e cana-de-açúcar, sem a adoção de práticas conservacionistas adequadas (Olivetti *et al.*, 2015).

Reservatório de Furnas, um dos mais importantes reservatórios hidrelétricos do Sudeste brasileiro (Guiçardi, 2015). Esta complexidade exige uma avaliação precisa dos solos para subsidiar decisões de planejamento ambiental e gestão territorial. A quantificação da erosão hídrica, através da medição direta em campo, em diferentes escalas temporais e espaciais, é baseada na aplicação de modelos empíricos. Entre as ferramentas de estimativas da perda de solos, destaca-se a Equação Universal de Perda de Solo Revisada (EUPSR) (Renard *et al.*, 1997), desenvolvida a partir da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) (Wischmeier; Smith, 1978). A EUPSR incorpora ajustes para variações climáticas e pode ser integrada a Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e técnicas de sensoriamento remoto, que permite estimativas das perdas de solo mesmo em áreas com limitada disponibilidade de dados.

A RUSLE integra cinco fatores que influenciam o processo erosivo: erosividade da chuva e do escoamento superficial (R), que expressa a energia cinética da precipitação e seu potencial para causar erosão; erodibilidade do solo (K), que reflete a suscetibilidade intrínseca de cada tipo de solo à desagregação e transporte; topografia (LS), que considera os efeitos combinados do comprimento de rampa e da declividade sobre o escoamento superficial; cobertura e manejo (C), que representa o efeito protetor da vegetação contra o impacto das gotas de chuva; e práticas conservacionistas (P), que contabiliza o efeito das técnicas de manejo do solo na redução da erosão (Renard *et al.*, 1997). Associado à interpretação das estimativas de erosão está o conceito de Tolerância de Perda de Solo (TPS), que define a taxa máxima de perda de solo que permite a manutenção da produtividade econômica e das funções ecológicas do solo (Bertol; Almeida *et al.*, 2000). Valores que excedem a TPS indicam a necessidade de adoção urgente de práticas conservacionistas visando a recuperação da capacidade produtiva dos solos. Para Latossolos e Argissolos brasileiros, os valores de TPS tipicamente variam

de 4 a 12 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, dependendo da profundidade, da textura e da permeabilidade do solo (Mannigel *et al.*, 2002). Neste cenário, o presente estudo visou estimar as perdas de solo por erosão hídrica na Sub-bacia do Córrego da Estiva pela EUPSR com técnicas de SIG e sua comparação com os limites da TPS para identificar áreas prioritárias para intervenções conservacionistas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Estiva, Alfenas, sul do estado de Minas Gerais, Brasil (Figura 1). A sub-bacia abrange uma área de 1.502,87 hectares e faz parte da bacia hidrográfica do Rio Grande, sendo afluente direta do Reservatório da Usina Hidrelétrica Furnas, um dos maiores reservatórios do Sudeste brasileiro. O substrato geológico regional é caracterizado por gnaisses polimetamórficos e polideformados proterozoicos do Maciço de Guaxupé (CPRM; UFRJ, 2010), que se reflete num relevo ondulado, característico do planalto sul-mineiro, com altitudes variando entre 780 e 920 m. De acordo com o Modelo Digital de Elevação (MDE), as declividades variam de 0% a mais de 45%, com predomínio das classes entre 8% e 20% de relevo ondulado. Tais rochas são cobertas por espessos mantos de intemperismo que originam solos profundos e bem drenados. As classes predominantes, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos *et al.*, 2025), são Latossolos Vermelhos nas áreas de relevo mais suave e Argissolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos nas vertentes mais íngremes. Solos de várzea Gleissolos ocorrem nas planícies de inundação. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, subtropical úmido, com invernos secos e verões chuvosos, com precipitação média anual é de 1.500 mm, com temperaturas médias anuais de 21°C (Alvares *et al.*, 2013). O fator de erosividade da chuva (R) foi estimado em 6.500 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, classificado como forte (Aquino *et al.*, 2012).

O mapeamento do uso e cobertura do solo foi realizado a partir de imagem de satélite, CBERS-4A (câmera WPM - Multiespectral e Pancromática), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com resolução espacial de 8 m e multiespectral fusionada com a banda pancromática de 2 m, resultando em resolução espacial final de 2 m após aplicação da técnica de fusão de imagens. A imagem foi georreferenciada e processada no software QGIS versão 3.40. Foram identificadas e vetorizadas as seguintes classes de uso do solo: pastagem, áreas de bioma mata atlântica e de cerrado, área urbana, soja, café, solo exposto, corpos hídricos, mineração e silvicultura.

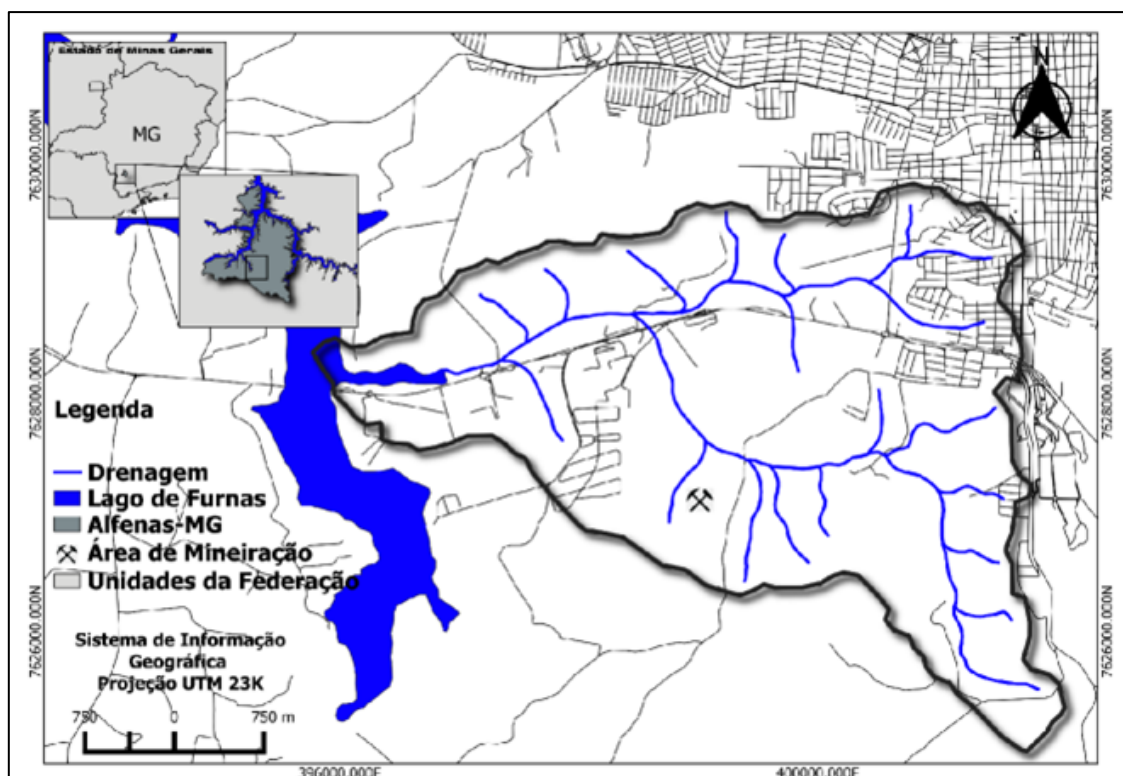


Figura 1 – Mapa de localização da Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Estiva, Alfenas - MG, Brasil, com destaque para a rede de drenagem. Fonte: Elaborado pelos autores.

## 2.1. Aplicação do Modelo RUSLE

O modelo RUSLE estima a perda média anual de solo conforme a Equação 1 (Renard *et al.*, 1997):

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

Onde: **A** = perda de solo média anual ( $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ ); **R** = fator erosividade da chuva ( $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$ ); **K** = fator erodibilidade do solo ( $Mg\ ha\ h\ ha^{-1}\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$ ); **LS** = fator topográfico (adimensional); **C** = fator uso e manejo do solo (adimensional) e **P** = fator práticas conservacionistas (adimensional).

O fator R foi obtido do estudo de (Aquino *et al.*, 2012), que elaboraram um mapa de distribuição espacial da erosividade das chuvas para o sul de Minas Gerais com base em dados de 54 estações pluviométricas, utilizando o índice de Fournier ajustado para a região e interpolação por krigagem. O valor obtido e utilizado para a área de estudo foi de  $6.500\ MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$ .

O fator K foi determinado com base nas classes de solo presentes na área, a partir de valores da literatura especializada. Para a área de estudo os valores do fator K estão descritos na tabela 1.

**Tabela:** Fator erodibilidade do solo (K) para as classes de solo da Sub-bacia do Córrego Estiva.

Classe de Solo	Fator K
Latossolo Vermelho	0,8
Argissolo Vermelho-Amarelo	0,7
Solos de Várzea (Gleissolos)	0,0001

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

O fator LS foi calculado a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado com base nas curvas de nível da carta topográfica de Alfenas (IBGE, 1970) na escala 1:50.000, com equidistância de 20 m. O MDE foi criado com resolução de 30 m com técnicas de interpolação no QGIS. Para o cálculo do fator LS, utilizou-se o módulo r.watershed do GRASS GIS, integrado ao QGIS, que implementa o algoritmo baseado na acumulação de fluxo e na declividade do terreno. O fator LS foi calculado conforme a metodologia de (Moore; Burch, 1986), baseada na teoria da potência unitária do escoamento, segundo a Equação 2:

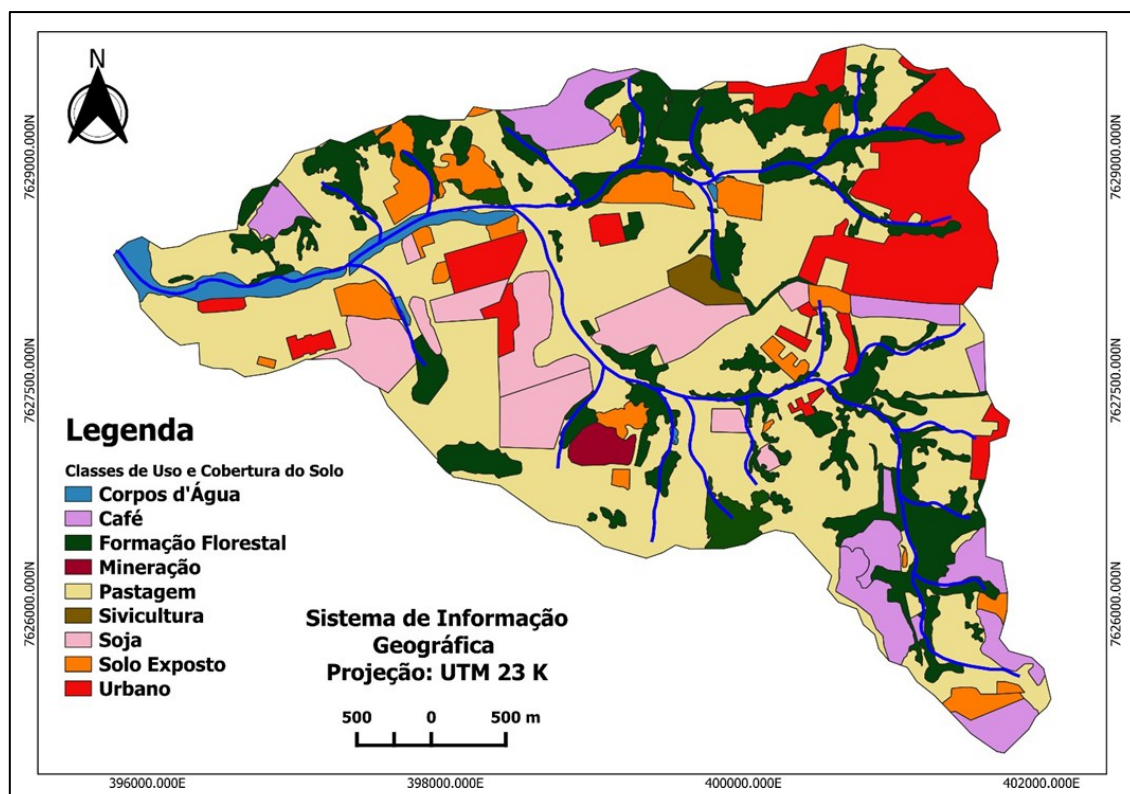
$$LS = (\text{Acumulação de Fluxo} \times \text{Tamanho da Célula} / 22,13)^{0,4} \times (\text{sen(declividade)} / 0,0896)^{1,3} \quad (2)$$

A acumulação de fluxo foi derivada do MDE utilizando o algoritmo  $D^\infty$  (Tarboton, 1997), que representa as direções de escoamento superficial. A declividade foi calculada em graus a partir do MDE.

Os fatores C e P foram atribuídos a cada classe de uso do solo com base em valores da literatura especializada (Tabela 2 e Figura 2). Para as áreas agrícolas, os valores consideram o tipo de cultura, as práticas de manejo e a densidade de cobertura vegetal ao longo do ano. Para a vegetação nativa, adotaram-se os menores valores, refletindo a máxima proteção do solo. As áreas de corpos d'água e de mineração não foram consideradas nos cálculos das perdas de solo, por não contribuírem para os processos erosivos hídricos.

**Tabela 2:** Classes de uso do solo, área e fatores da RUSLE (C e P) na Sub-bacia do Córrego Estiva.

Classe de Uso	Área (ha)	% Área	Fator C	Fator P	Fonte
Pastagem	711,17	79,29	0,061	0,5	Roose, 1977; Bertoni; Lombardi Neto, 2012
Formação florestal da Mata Atlântica e do Cerrado	7,0	0,79	0,02	0,01	Martins <i>et al.</i> (2010)
Área Urbana	109,169	12,16	0,05	0,09	Lim <i>et al.</i> (2011)
Soja	18,80	2,09	0,14	0,4	Bertol <i>et al.</i> (2001)
Café	9,39	1,05	0,08	0,5	Prochnow <i>et al.</i> (2005)
Solo Exposto	79,18	0,13	1,0	1,0	Wischmeier; Smith (1978)
Corpos d'água	21,32	2,37			
Mineração	9,76	1,03			
Silvicultura	9,26	1,09	0,3	0,5	Martins <i>et al.</i> (2010)
<b>TOTAL</b>	<b>1.502,87</b>	<b>100</b>		-	-



**Figura 2** - Mapa de uso e cobertura do solo da Sub-bacia do Córrego Estiva, Alfenas - MG, Brasil, ilustrando a distribuição espacial das classes de uso. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Os limites da TPS foram obtidos da literatura científica, conforme (Bertol; Almeida *et al.*, 2000) (Tabela 3), que considera a profundidade efetiva do solo, a relação textural entre os horizontes A e B, o teor de matéria orgânica e a permeabilidade do solo.

**Tabela 3:** Tolerância de Perda de Solo (TPS)  $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  para as classes de solo da Sub-bacia do Córrego Estiva.

Classe de Solo	TPS ( $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )	Fonte
Latossolo Vermelho	5,4 – 6,9	Mannigel <i>et al.</i> (2002); Olivetti <i>et al.</i> (2015)
Argissolo Vermelho-Amarelo	5,0 – 6,0	Mannigel <i>et al.</i> , (2002)

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

O processamento dos dados foi realizado no software QGIS versão 3.40. Os fatores da RUSLE foram integrados por álgebra de mapas por meio da ferramenta Calculadora Raster. As taxas de perda de solo foram classificadas em sete classes: Leve ( $\leq 0,02 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ), Leve a Moderada ( $0,02\text{--}0,3 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ), Moderada ( $0,3\text{--}1,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ), Moderada a Alta ( $1,8\text{--}3,0 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ), Alta ( $3,0\text{--}4,6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ), Muito Alta ( $4,6\text{--}9,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) e Extremamente Alta ( $> 9,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ). sendo ajustada aos valores obtidos na sub-bacia. As áreas em ha foram obtidas para cada classe. Os resultados foram comparados com os limites de TPS para identificação das áreas prioritárias para adoção de práticas mitigadoras da erosão.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área apresenta uso e cobertura do solo predominantemente agrícola, com 79,20% de pastagens, que representa 711,17 ha, seguidas pelas áreas urbanas com 12,16%, que ocupa 109,17 ha, e pelas formações florestais com 0,88%, que ocupa 7,92 ha (Tabela 2, Figura 2). As culturas agrícolas ocupam 4,17% da área, com destaque para a soja e milho 2,09%, 18,80 ha e o café 1,05%, 9,39 ha como principais culturas temporárias e permanentes, respectivamente. O cultivo de soja e milho tem se expandido nos últimos anos, enquanto o café permanece como cultura tradicional na região, frequentemente associado a práticas conservacionistas. Os solos expostos ocupam 0,13%, 1,16 ha e concentram-se nas áreas degradadas por manejo inadequado. As áreas urbanas de Alfenas, ocupam 12,16%, 109,169 e concentram-se nas regiões de cabeceiras, com pressão significativa sobre os recursos hídricos pelo lançamento de efluentes e do escoamento superficial de áreas impermeabilizadas. As atividades de mineração 1,09%, 9,77 ha e silvicultura 1,03%, 9,26 ha representam usos potencialmente impactantes, devido à supressão da vegetação. Os corpos d'água 2,37%, 21,32 ha incluem o curso d'água principal e pequenos reservatórios.

A presença de pastagens reflete a importância da pecuária na área, enquanto as formações florestais ocupam as encostas mais íngremes e às zonas ripárias, frequentemente fragmentadas e degradadas.

A aplicação da RUSLE na sub-bacia estimou uma perda média anual de solo de 13,32 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. A perda total anual de solo na sub-bacia é de 666.683,45 Mg ano<sup>-1</sup>. A análise detalhada das taxas de perdas de solo revelou uma distribuição irregular e assimétrica. Essa variabilidade reflete a heterogeneidade das condições de relevo, tipos de solo e usos da terra na sub-bacia. A distribuição espacial das perdas de solo (Figura 3). As áreas mais críticas estão concentradas nas encostas de maior declividade (> 15%), ocupadas por Argissolos e por usos da terra com baixa cobertura vegetal, como solo exposto, cultivos de soja e pastagens degradadas.

Ressalta-se, novamente, que as áreas de corpos d'água e de mineração por não contribuírem para os processos erosivos, enquanto para as áreas de várzea fora adotados valor de fator C = 0,001, refletindo sua proteção natural contra a erosão. A Tabela 4 apresenta a distribuição das classes de perda de solo na sub-bacia. Cumpre ressaltar que os limites das classes adotados possuem caráter relativo, sendo definidos com base na distribuição dos dados, o que influencia diretamente a proporção de área em

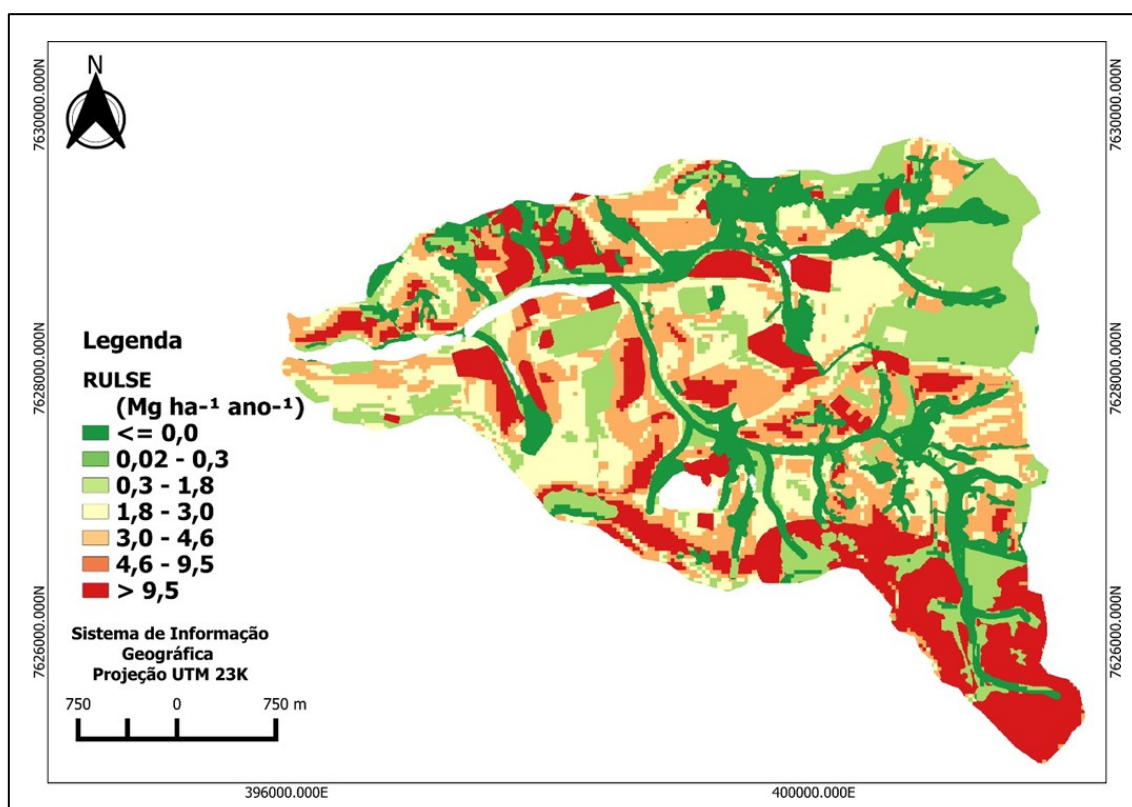
cada classe. Assim, a distribuição aproximadamente equilibrada entre as classes decorre do método de classificação empregado, não representando necessariamente uma homogeneidade nos processos erosivos.

Com o objetivo de contextualizar os resultados obtidos, a tabela apresenta uma comparação entre os limites de classificação adotados neste estudo e aqueles propostos na literatura.

**Tabela 4:** Distribuição das classes de perda de solo na Sub-bacia do Córrego Estiva e comparação com limites da literatura.

Classe	Limites na Sub-Bacia ( $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )	Limites da Literatura ( $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )
Leve	$\leq 0,02$	0 – 2,5
Leve / Moderada	0,02 – 0,3	2,5 – 5,0
Moderada	0,3 – 1,8	5,0 – 10,0
Moderado/ Alto	1,8 – 3,0	10,0 – 15,0
Alto	3,0 – 4,6	15 – 25
Muito Alto	4,6 – 9,5	25 – 100
Extremamente Alta	$>9,5$	$> 100$

Fonte: (Avanzi *et al.*, 2013) e resultados do presente estudo.



**Figura 3** – Distribuição espacial da perda de solo estimada pela RUSLE na Sub-bacia do Córrego Estiva, Alfenas - MG, Brasil, classificada em cinco classes de intensidade erosiva.

Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4. CONCLUSÃO

A aplicação da RUSLE integrada a geotecnologias mostrou-se uma ferramenta eficaz para a estimativa e espacialização das perdas de solo por erosão hídrica na Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Estiva, Alfenas - MG. A metodologia permitiu a identificação de áreas críticas e a quantificação das taxas de erosão, que fornece informações essenciais para o planejamento ambiental e a gestão territorial.

A taxa de perda média foi de  $13,32 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Já, a distribuição das perdas por classes mostrou-se equilibrada, com cada classe e assim compreendendo aproximadamente 20% da área total, indicando que 39,8% da sub-bacia apresenta perdas de moderadas a muito altas.

A comparação com os limites da TPS revelou que 19,8% da área total apresenta taxas de perdas superiores a ( $4,6-9,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), indicando um processo de degradação irreversível, no entanto, de acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura e o Painel Técnico Intergovernamental de Solos FAO, os níveis de tolerância de perda de solo são úteis para estabelecer metas de curto prazo (Mendes Junior *et al.*, 2015). Contudo, a sustentabilidade de longo prazo das terras agrícolas exige a redução das taxas de erosão do solo para próximo de zero

Os fatores que mais contribuíram para as perdas elevadas foram a combinação de alta declividade (fator LS), solos naturalmente mais suscetíveis (Argissolos), a ausência de práticas conservacionistas adequadas (fator P) e usos do solo que oferecem baixa proteção (fator C elevado). As pastagens, ocupando 47,3% da área, mostraram degradação generalizada, enquanto as áreas de solo exposto e cultivos de soja apresentaram as maiores taxas de erosão por unidade de área. As áreas identificadas como críticas devem ser consideradas prioritárias para a implementação de práticas conservacionistas, incluindo: sistemas de plantio direto e culturas de cobertura em áreas agrícolas; plantio em nível e terraceamento em declividades acentuadas; recuperação de pastagens através de manejo melhorado; recomposição da vegetação nativa, especialmente em Áreas de Preservação Permanente; e medidas de controle da erosão em áreas de expansão urbana e mineração. A adoção destas medidas é fundamental para reduzir as perdas de solo, garantindo a conservação do solo e da água na sub-bacia e mitigando os impactos negativos a jusante, como o assoreamento do Reservatório de Furnas e a degradação da qualidade da água. A metodologia desenvolvida neste estudo pode ser aplicada a outras bacias hidrográficas da região, contribuindo para o desenvolvimento de programas integrados de conservação do solo e da água.

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AQUINO, R. F.; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F.; CURI, N.; MELLO, C. R.; AVANZI, J. C. Spatial variability of the rainfall erosivity in southern region of Minas Gerais state, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 5, p. 533-542, 2012.

AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; NORTON, L. D.; BESKOW, S.; MARTINS, S. G. Spatial distribution of water erosion risk in a watershed with eucalyptus and Atlantic Forest. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 1443-1453, 2013.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A. Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 657-668, 2000.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; LEVIEN R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e ausência dos resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 409-418, 2001.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS; UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. **Carta Geológica de Alfenas**: Folha SF-23-V-D-II. Escala 1:100.000. Belo Horizonte: CPRM, 2010.

GUIÇARDI, A. C. F. **Vulnerabilidade Ambiental da Microbacia Hidrográfica do Córrego Estiva no Município de Alfenas - MG**. 2015. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta Topográfica de Alfenas – SF.23-V-D-VI-2**. Rio de Janeiro: IBGE, 1970. Escala 1:50.000.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Catálogo de Imagens CBERS-4A**. São José dos Campos: INPE, 2023.

MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. R. Fator erodibilidade e tolerância de perda de solo para solos do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 817-823, 2002.

MARTINS, S.G.; SILVA, M.L.N.; AVANZI, J.C.; CURI, N.; FONSECA, S. 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. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 517- 526, 2010.

MENDES, H. J.; TAVARES, A. S.; SANTOS JÚNIOR, W. R.; SILVA, M. L. N.; SANTOS, B. R.; MINCATO, R. L. Water erosion in Oxisols under coffee cultivation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, p. 0170093, 2018.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. G. The expansion of Brazilian agriculture: Soil erosion scenarios. **International Soil and Water Conservation Research**, Amsterdã, v. 1, n. 3, p. 37-48, 2013.

MOORE, I. D.; BURCH, G. J. Physical basis of the Length Slope Factor in the Universal Soil Loss Equation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 50, n. 5, p. 1294-1298, 1986.

OLIVETTI, D.; MINCATO, R. L.; AYER, J. E. B.; SILVA, M. L. N.; CURI, N. Spatial and temporal modeling of water erosion in dystrophic red latosol (oxisol) used for farming and cattle raising activities in a sub-basin in the south of Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 39, n. 1, p. 58-67, 2015.

PROCHNOW, D.; DECHEN, S. C. F.; MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; VIEIRA, S. R. Razão de perdas de terra e fator C da cultura do cafeeiro em cinco espaçamentos, em Pindorama (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 91-98, 2005.

RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; WEESIES, G. A.; MCCOOL, D. K.; YODER, D. C. **Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. Washington: USDA, 1997. 404p.

TARBOTON, D. G. A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. **Water Resources Research**, v. 33, n. 2, p. 309-319, 1997.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, DC: USDA, 1978. 58p.

Recebido: 01/02/2026

Aceito: 15/04/2026