

## SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DE PERDAS DE SEDIMENTOS EM ALGUMAS ÁREAS DO BIOMA CERRADO, UTILIZANDO O SOFTWARE INVEST

Carla Rodrigues Santos<sup>1</sup>, Cornélio Alberto Zolin<sup>2</sup>, Laurimar Gonçalves Vendrusculo<sup>3</sup> e Daniela Castagna<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Unemta-Sinop/MT, Av. dos Ingás, 3001 - Jardim Imperial, Sinop - MT e e-mail: carla.santos@unemat.br; <sup>2</sup>Embrapa Agrossilvipastoril, Rodovia MT-222, km 2,5 Zona Rural, Sinop - MT e e-mail: cornelio.zolin@embrapa.br; <sup>3</sup>Embrapa Agrossilvipastoril, Rodovia MT-222, km 2,5 Zona Rural, Sinop - MT e e-mail: laurimar.vendrusculo@embrapa.br; e <sup>4</sup>UFMT R. Quarenta e Nove, 2367 - Boa Esperança, Cuiabá - MT, e e-mail: danicastagna1991@hotmail.com

### RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo identificar o serviço ecossistêmico de perdas de sedimentos em alguns municípios dos estados de MG, GO, MS. A metodologia utilizada baseou-se no uso do modelo SDR do software InVEST, e utilizando as variáveis modelo digital de elevação, erosividade, erodibilidade, bacias hidrográficas, uso e cobertura do solo e a tabela biofísica como dados de referências teóricos. O estado de Goiás, apresenta uma alta dispersão dos dados, a mediana é assimétrica positiva. O estado de Mato Grosso do Sul não apresenta uma dispersão dos dados considerável e os valores estão parecidos com o estado de Minas Gerais. Em relação ao uso e ocupação do solo, as classes de uso mais representativas são Formação campestre que aparece como a maior classe de uso em todos os municípios analisados. O modelo mostrou-se coerente e sua aplicação auxilia no processo de gestão ambiental e territorial.

**Palavras-chave** — Perdas de sedimentos, uso e cobertura do solo, modelo SDR do InVEST

### ABSTRACT

*The present work aims to identify the ecosystem service of sediment losses in some municipalities of the states of MG, GO, MS. The methodology used was based on the use of the SDR model of the InVEST software, and using the variables digital elevation model, erosivity, erodibility, watersheds, land use and land cover and the biophysical table as theoretical reference data. The state of Goiás, presents a high dispersion of the data, the median is positive asymmetric. The state of Mato Grosso do Sul does not present considerable data dispersion and the values are similar to the state of Minas Gerais. Regarding the use and occupation of the soil, the most representative use classes are Formação campestre, which appears as the largest use class in all the municipalities analyzed and its application helps in the process of environmental and territorial management*

**Key words** — Sediment loss, land use and land cover, InVEST SDR model

A degradação dos solos tem aumentado em áreas rurais de forma progressiva, e as consequências são percebidas quando analisamos os corpos d'água, que se encontra assoreado e contaminado. Os reflexos dessas mudanças acabam atingindo a disponibilidade hídrica, a geração de energia, a perda de terras e áreas agricultáveis com a redução da produtividade agrícola.

Dados indicam que a perdas de solo em áreas ocupadas por lavouras e pastagens no Brasil, ocasionadas por processos erosivos, é de aproximadamente de 822,7 milhões de toneladas anuais e os danos com as perdas de nutrientes associadas são aproximadamente de 1,5 bilhões de dólares, além de quase 3 bilhões de dólares em perdas na safra, na reposição de nutrientes e queda de produtividade (PRUSKI, 2006). Os custos para mitigar esses impactos, tais como tratamento de água, recuperação dos reservatórios, manutenção das estradas, entre outros), somam mais de 1,31 bilhões de dólares anuais. Portanto, a estimativa de prejuízos ocasionados pela erosão no país, pode chegar mais de 5 bilhões de dólares/ano (PRUSKI, 2006; COOPER, 2009 apud TOMINAGA et al, 2009).

Para Guerra (1995), a erosão dos solos é um fator que deve ser incluso na agenda dos governantes, pois é um problema político, econômico e social, e seu diagnóstico é fundamental para que se elabore programas de recuperação dos solos. Sabe-se que as principais regiões que sofrem com os processos erosivos são as mesmas que possuem um dinamismo econômico estagnado e displicência da atuação do Estado, ou seja, não oferecem condições técnicas ou créditos rurais aos pequenos produtores.

Segundo Walling (1993) o processo do transporte de sedimento intercala períodos de erosão, retenção, sedimentação e transporte até que o material erodido atinja o exutório da drenagem e seja contabilizada para a produção de sedimentos (WALLING, 1983). Sendo que o uso da modelagem tem auxiliado na previsão e prevenção desses impactos, através dos estudos utilizando a Equação Universal de Solos (EUPS), que tem como parâmetro os fatores LS, onde L refere-se à extensão e S e à declividade da vertente (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2010). O presente trabalho tem como objetivo identificar o serviço ecossistêmico de perdas de sedimentos em alguns municípios dos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.

## 1. INTRODUÇÃO

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a estimativa de perdas de solos anula, foi utilizado a ferramenta *Sediment Delivery Ratio* (SDR), ou taxa de transferência de sedimento, calcula a proporção de sedimento que chega ao exultório da bacia em relação ao total de sedimento erodido na mesma bacia (NATURAL CAPITAL PROJECT, 2019). A ferramenta foi utilizada para avaliar as perdas de solos por erosão laminar a partir da aplicação da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solos, o qual a equação desenvolvida por Wischmeier & Smith (1978) é expressa da seguinte forma:  $A = R.K.L.S.C.P$

A partir da obtenção dos dados morfométricos, de precipitação (erosividade), propriedades dos solos (erodibilidade), e tipos de usos e ocupação do solo, foi possível entrar com os dados no modelo e calcular a perda de solo média anula dos municípios selecionado.

Na entrada dos dados tivemos o cuidado de colocar todos os arquivos de entrada no mesmo tamanho de cédula. Para a entrada no programa foi necessário localizar a pasta de saída para os arquivos finais, e em seguida, acrescentar os arquivos no formato *raster* do modelo digital de elevação (corrigido as depressões), do índice de erosividade da chuva, dados de erodibilidade do solo, o arquivo de uso da terra com os códigos inteiros correspondente a cada classe de uso, o arquivo shapefile de bacias e a tabela biofísica no formato (CSV), conforme a tabela 1.

O modelo faz o diagnóstico da quantidade de sedimentos erodido, e calcula a proporção de perda de solo das áreas mais elevadas da área de estudo, até atingir o exultório, a partir da estimativa de um valor de SDR (NATURAL CAPITAL PROJECT, 2019).

Classes de Usos da terra	lucode	USLE_C	Fonte
sem informacao	0	-	-
Formação Florestal	3	0.012	Oliveira (2007)
Formação Savânica	4	0.004	Donzeli et al. (1992)
Floresta Plantada	9	0.158	Formagio et al. (1996)
Campo Alagado e área pantanosa	11	0.0	-
Formação campestre	12	0.01	Bertoni e Lombardi Neto (2010)
Pastagem	15	0.0075	Oliveira (2007)
Cana	20	0.05	Bertoni e Lombardi Neto (2010)
Rios, lagos e oceanos	21	0	-
Mosaico de agricultura e Pastagem	24	0.0018	Bertoni e Lombardi Neto (2010)
Infraestrutura urbana	25	0.2	Farinasso et al. (2006)
Outras áreas não vegetadas	30	1.0	Amaral (2006)
Mineração	33	0.0	Bertoni e Lombardi Neto (2010)
Soja	39	0.1	Oliveira (2007)
Outras lavouras temporárias	41	0.20	Bertoni e Lombardi Neto (2010)

Tabela 1 – Tabela Biofísica com os fatores C

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área de estudo (figura 1) abrange aos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, pertencentes ao Projeto do Rural Sustentável - Cerrado (PRS-Cerrado), que tem como fundamento aumentar a renda de pequenos(as) e médios(as) produtores(as) no bioma Cerrado, por meio de técnicas que auxiliem na promoção de serviços ecossistêmicos.

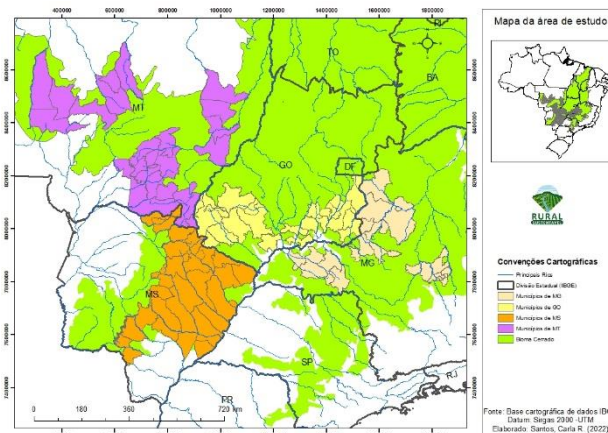


Figura 1 – Mapa de localização dos municípios que fazem parte do projeto Rural Sustentável

### 3.1.1. Serviços ecossistêmicos de Perdas de Sedimentos

A dinâmica do transporte de sedimentos é um fenômeno complexo que depende da influência de fatores geomorfológico, como a inclinação do terreno e forma do canal fluvial, padrão de drenagem, além dos fatores ambientais e antrópicos, como as características do canal, uso e cobertura do solo, tipos de solos, entre outros. Segundo Walling (1993) o processo do transporte de sedimento intercala períodos de erosão, retenção, sedimentação e transporte até que o material erodido atinja o exultório da drenagem e seja contabilizada para a produção de sedimentos (WALLING, 1983).

A aplicação do modelo de taxa de perdas de sedimentos do *InVEST* (*Sediment Delivery Ratio*) permitiu quantificar e especializar a quantidade de sedimentos produzidos durante o escoamento superficial até chegar nos cursos d'água. Investigar sobre a quantidade de perdas de sedimentos é fundamental para que os proprietários das terras possam realizar as tomadas de decisão no controle das erosões.

Com relação aos serviços ecossistêmicos de perdas de solos, observa-se que todos os Estados possuem perdas de solo (figura 2), no entanto, os estados de Goiás e Mato Grosso são os que apresentam uma maior quantidade de perdas de sedimentos. Segundo Spornl e Ross (2004) tanto o clima, juntamente com as feições litológicas, relevo, solo e cobertura vegetal, contribuem para o processo natural de perdas de solo, e somente acelera com a ocupação humana em áreas vulneráveis sob o ponto de vista agrícola.

Na figura 3, o box plot apresenta uma síntese da variação dos serviços ecossistêmicos no conjunto dos municípios dos Estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Observa-se que o Estado do Minas Gerais possui uma concentração dos seus dados, a mediana dos dados é assimétrica positiva. O estado de Goiás, apresenta uma alta dispersão dos dados, a mediana é assimétrica positiva, 75% dos dados estão entre o quartil 2 e o quartil 3, além disso, o estado apresenta uma *outliers* que indicando uma possível

discrepância dos valores. O estado de Goiás possui uma estação seca e outra chuvosa, com alta intensidade e frequência. Isso favorece a saturação do solo e o escoamento superficial, que consequentemente provoca a erosão hídrica (PRUSKI, 2006).

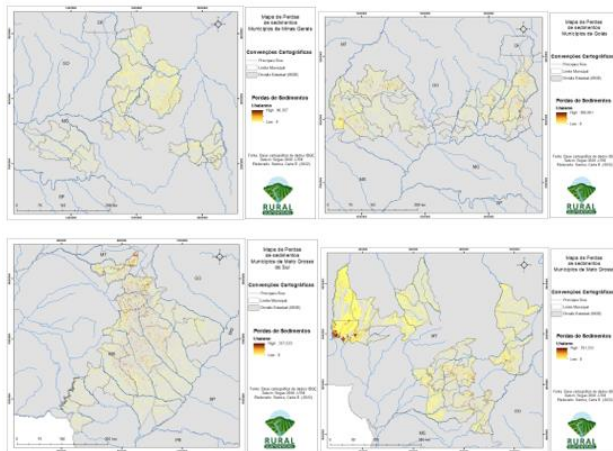


Figura 2 – Perdas de sedimentos dos municípios que fazem parte do Projeto Rural Sustentável

O estado de Mato Grosso do Sul, também não apresenta uma dispersão dos dados considerável. Os valores estão muito parecidos com o estado de Minas Gerais, a mediana é assimétrica positiva, indicando que 50% dos dados estão entre o quartil 1 e o quartil 2. Entretanto, o estado de Mato Grosso apresenta uma discrepância considerável entre os dados, a mediana é assimétrica positiva, e 75% dos dados encontram-se entre o quartil 2 e o quartil 3. O estado do Mato Grosso está situado em áreas de planalto que favorece a monocultura e a mecanização das áreas, isso contribui de alguma forma para o índice mais elevado de perdas de sedimentos (figura 3).

Se observamos na tabela 2, os municípios de Minas Gerais apresentam as seguintes médias para João Pinheiro (0,39 ton/ha.ano), Coromandel (0,34 ton/ha.ano), Paracatu (0,25 ton/ha.ano) e Guarda-Mor (0,22 ton/ha.ano). Almeida (1981) avaliou para o estado de Minas Gerais e as perdas foram avaliadas em torno de 68 mil toneladas por ano. Sabe-se que o estado de Minas Gerais a grande parte do Estado possui áreas mais declivosas, nessas áreas as taxas de erosão anual estão na faixa de 23,5 ton/ha.ano (PEREIRA, 2014), porém os municípios escolhidos estão localizados em áreas de colinas e planas, isso faz com que o índice de erosão seja menor.

Nos municípios pertencentes ao estado de Goiás (tabela 2) são Catalão (3,09 ton/ha.ano), Caiapônia (2,23 ton/ha.ano), Campo Alegre de Goiás (1,65 ton/ha.ano), Cristalina (1,68 ton/ha.ano) e Serranópolis (1,54 ton/ha.ano) são os que mais apresentaram perdas de solo. Estudos realizados por Pereira et al. (2015), as áreas onde as declividades são mais acentuadas, encontram-se os maiores índices de perdas de solo, variando de 3,3 – 10 ton/ha.ano. E em áreas com

declividades menos acentuadas as perdas de solo variam de 0 – 3,2 ton/ha.ano. Para Bertoni e Lombardi Neto (2010) o valor máximo de perdas de solo para a região variam de 4,5 – 15 ton/ha.ano.

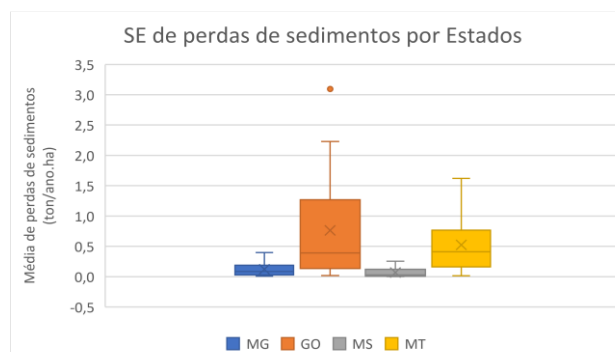


Figura 3 – Gráfico box plot da média de perdas de sedimentos nos municípios do projeto Rural Sustentável

Na tabela 2 que representam os municípios do estado do Mato Grosso do Sul, as cidades de Sonora (0,25 ton/ha.ano), Figueirão (0,22 ton/ha.ano), Alcinoópolis (0,21 ton/ha.ano), e Costa Rica (0,15 ton/ha.ano) são os municípios que possuem as maiores médias de perdas de solos dos municípios analisados. Oliveira et al. (2009) verificou para um valor médio de taxa de perdas de solo de 2,0 ton/ha.ano na APA do Lageado/MS.

E por fim, os municípios do estado de Mato Grosso (tabela 2), os municípios de Tangará da Serra (1,6 ton/ha.ano), Alto Garça (1,4 ton/ha.ano), Pedra Preta (1,05 ton/ha.ano) e Poxonéu (1,02 ton/ha.ano) possui as maiores médias de perdas de sedimentos. Segundo Neves, et al. (2011) no período de 1994 a 2003, a perda média de solo na bacia do Rio Jauru foi de 3,06 ton/ha.ano, sendo considerada uma perda nula ou moderada.

Em relação ao uso e ocupação do solo, observa-se que as classes de uso mais representativas são Formação campestre que aparece como a maior classe de uso em todos os municípios analisados, em seguida outras áreas não vegetadas nos municípios que pertencem aos estados de Goiás e Mato Grosso. Logo, a pastagem e áreas de mosaico de agricultura e pastagem predominam com maiores índices nos estados de Goiás e Mato Grosso, as demais áreas ocupam um percentual menor de perdas de sedimentos por tipo de usos.

Observa-se que Minas Gerais e Mato Grosso do Sul possui algumas propriedades que são grandes, e nessas propriedades os usos podem ser menos diversificados, Já Goiás e Mato Grosso as propriedades selecionadas são um pouco menores, e os usos nessas propriedades costuma ser mais diversificados (tabela 4).

Os valores de perdas também são explicáveis, quando relacionamos os fatores geográficos físicos, que são determinantes para a perdas de solo natural, mas que pode ser agravada devido ao tipo de ocupação e uso de sistema e manejo agrícola

SE - Perdas de sedimentos de alguns municípios							
MUNICIPIOS - MG	Média (ha)	MUNICIPIOS - GO	Média (ha)	MUNICIPIOS - MS	Média (ha)	MUNICIPIOS - MT	Média (ha)
Abateó	0,1803	Caladônia	2,231	Água Clara	0,091	Água Boa	0,100
Araçá	0,0498	Caldas Novas	1,008	Alcântara	0,211	Alto Araguaia	0,577
Brasilândia de Minas	0,2103	Campo Alegre de Goiás	1,659	Araxilândia	0,002	Alto Garças	1,438
Castanópolis	0,0799	Catalão	3,094	Bandeirantes	0,050	Alto Taquari	0,922
Condiburo	0,0783	Chapadão do Céu	0,554	Bataguassu	0,027	Barra do Garças	0,755
Coromandel	0,3499	Cristalina	1,628	Brasilândia	0,019	Campo Novo do Parecis	0,342
Cunelo	0,1236	Goiatuba	0,018	Camaquã	0,125	Campo Verde	0,316
Guarda-Mor	0,2242	Ipameri	0,997	Campo Grande	0,066	Canarana	0,086
Ituiutaba	0,0233	Itumbiara	0,023	Cassilândia	0,006	Diamantino	0,192
Jolo Pinheiro	0,3971	Jataí	0,134	Chapadão do Sul	0,014	Dom Aquino	0,769
Lagoa Grande	0,0272	Mineiros	1,175	Costa Rica	0,151	Itiquira	0,407
Monte Alegre de Minas	0,0095	Montividiu	0,183	Figueirópolis	0,229	Jaciara	0,761
Monte Carmelo	0,0880	Morrinhos	0,040	Inocência	0,016	Juscineira	0,645
Papagaios	0,0207	Ozitona	0,316	Jaraguá	0,068	Lucas do Rio Verde	0,092
Paracatu	0,2565	Palmeira	0,054	Maracajú	0,013	Nova Mutum	0,064
Paroabeba	0,0847	Perolândia	0,136	Nova Alvorada do Sul	0,011	Nova Xavantina	0,181
Patos de Minas	0,1360	Piracanjuba	0,082	Nova Andradina	0,006	Pedra Preta	1,055
Pompéu	0,1655	Pires do Rio	0,392	Paraloso das Águas	0,105	Poxoréu	1,022
Prata	0,0369	Portelândia	0,596	Paranaíba	0,010	Primavera do Leste	0,415
Sete Lagoas	0,0767	Quirinópolis	1,365	Pedro Gomes	0,124	Rondonópolis	0,493
Uberaba	0,0260	Rio Verde	0,366	Ponta Preta	0,011	Santo Antônio do Leverger	0,181
Uberlândia	0,0190	Santa Cruz de Goiás	0,926	Ribas do Rio Pardo	0,125	São Pedro da Cipa	0,765
Unaí	0,1808	Santa Rita do Araguaia	0,292	Santa Rita do Pardo	0,034	Sapezal	0,400
Vazante	0,1951	Serranópolis	1,544	Sidrolândia	0,008	Sorriso	0,061
Veríssimo	0,0297	Unaiá	0,253	Sonora	0,256	Tangará da Serra	1,620
				Três Lagoas	0,018		

Tabela 2 – SE de perdas de sedimentos de alguns municípios de Minas Gerais e Goiás

Dados estatísticos	Tamanhos das propriedades (Hectares)			
	MG	GO	MS	MT
<b>Média</b>	1222,84	416,36	2316,11	510,82
<b>Mediana</b>	106,29	55,32	499,27	28,82
<b>Desvio padrão</b>	3060,886	811,4669	3714,58	1822,03

Tabela 4 - Estatísticas das propriedades analisadas

#### 4. CONCLUSÕES

As aplicações dos modelos SDR e estoque de carbono na paisagem utilizando a plataforma InVEST permitiu avaliar os serviços ecossistêmicos de Perdas de sedimentos nos Estados e assim identificar quais deles precisam tomar medidas de prevenção para diminuir a quantidade de perdas de sedimentos.

Os mapas gerados pelo modelo apontam de forma coerente os locais mais suscetíveis aos processos erosivos, e assim mostrar a eficiência da ferramenta para estudos de diagnósticos é para sua aplicação na gestão ambiental e territorial, e assim fomentar políticas públicas que auxiliem os pequenos produtores na gestão de suas propriedades.

#### 5. AGRADECIMENTOS

O Projeto Rural Sustentável - Cerrado é financiado pela Cooperação Técnica aprovada pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), com recursos do Financiamento Internacional do Clima do Governo do Reino Unido, tendo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) como beneficiário institucional. O Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS) é o responsável pela execução e administração do projeto e a Associação Rede ILPF, por meio da Embrapa, é a responsável pela coordenação científica e apoio técnico.

#### 6. REFERÊNCIAS

[1] BERTONI, J., LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. Ícone. São Paulo. 2010

[2] 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, 340p, 1999.

[3] IBGE. Bases cartográficas contínuas, bc250, versão 2019. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-rasil.html?=&t=downloads>>. Acessado outubro de 2020.

[4] MAPBIOMAS. Uso e Cobertura da Terra. Coleção 6. Disponível em < [https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama\\_set\\_language=pt-BR](https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR)>. Acessado em agosto de 2021.

[5] NATURAL CAPITAL PROJECT. InVEST. Stanford University. 2019. Disponível em: <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>

[6] NEVES, S. M. A. DA; MOTINHO, M. C.; NEVES, R.J.; SOARES, E. R. C. Estimativa da perda de solo por erosão hídrica na bacia hidrográfica do rio Jauru/MT.2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1982-45132011000300005>. Acessado em: 19 de julho de 2022

[7] PEREIRA, J. S. Avaliação das perdas de solos por erosão laminar na área de influência da UHE Amador Aguiar I. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Uberlândia. 2014. 170f.

[8] PEREIRA, T. S. R.; SANTOS, K. A. DOS.; SILVA, B. F.; FORMIGA, K. T. Determinação e espacialização da perda de solo da bacia hidrográfica do córrego cascavel, Goiás. Ver. Geografia Acadêmica, v.9., n.2. 2015

[9] PRUSKI, F. F. Prejuízos decorrentes da erosão hídrica e tolerância de perdas de solo. In: PRUSKI, F. F. Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Editora UFV, Viçosa, 2006. p.13-23.

[10] OLIVEIRA, L. M. M. et al. Modelos de regressão linear e não linear usando variáveis meteorológicas locais na estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), comparados com métodos indiretos, na bacia experimental do riacho Gameleira. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo.

[11] ROSS, J. L. S. Geografia do Brasil. 6 ed. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo, 2014.

[12] WALLING, D.E. The Sediment Delivery Problem. Journal of Hydrology, v. 65, 1983, p.209–237.

[13] WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. USDA-ARS Agriculture Handbook, Washington DC, 1978