



Foto: Lillian Alves

COMUNICADO  
TÉCNICO

41

Campinas, SP  
Dezembro, 2017

**Embrapa**

## Perdas de água e de sedimentos em uma topossequência sob as coberturas de pastagem e de mata nativa na sub-bacia do Ribeirão das Posses, Município de Extrema, MG

Marco Antonio Ferreira Gomes  
Lauro Charlet Pereira  
Ricardo de Oliveira Figueiredo  
Sérgio Gomes Tôsto

# Perdas de água e sedimentos em uma topossequência sob as coberturas de pastagem e de mata nativa na sub-bacia do Ribeirão das Posses, Município de Extrema, (MG)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Marco Antonio Ferreira Gomes, geólogo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP. Lauro Charlet Pereira, engenheiro agrônomo, Doutor Planejamento Rural Sustentável, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP. Ricardo de Oliveira Figueiredo, engenheiro agrônomo, Doutor em Biociências e Biotecnologias, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP. Sérgio Gomes Tôsto, engenheiro agrônomo, Doutor em Desenvolvimento Econômico, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP.

O uso e a ocupação de áreas de elevada declividade favorecem as perdas de solo por erosão, que é uma das principais responsáveis pela degradação do solo, com consequências prejudiciais à produtividade agrícola, ao meio ambiente e às atividades econômicas relacionadas à agricultura. A retirada da vegetação nativa, notadamente das florestas, para o uso agrícola, sem considerar a capacidade de suporte do solo (FREITAS et al., 2012), tem como consequência imediata a sua exposição e, conseqüentemente, sua degradação pela erosão hídrica, ocasionando perdas de partículas/agregados, nutrientes, carbono orgânico (OLIVEIRA et al., 2012), além de reduzir a recarga de água (LIMA, 2013). O controle da erosão hídrica é umas das principais medidas para a conservação do solo e da água em uma sub-bacia hidrográfica, em sistemas de uso e manejo do solo de forma sustentável (PONTES et al., 2014).

A sub-bacia do Ribeirão das Posses, localizada no Município de Extrema, MG,

objeto de estudo do presente trabalho, constitui exemplo de uso e ocupação de áreas de elevada declividade e também de grande importância ambiental, não só por estar inserida nos altiplanos da Serra da Mantiqueira, local de grande fragilidade, mas também, e principalmente, por fazer parte do conjunto de nascentes que compõe os principais cursos d'água que abastecem o Sistema Cantareira e parte da bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ). A sub-bacia do Ribeirão das Posses tem 1.196,7 ha e está localizada entre as coordenadas 22°51'S e 46°14'W, com altitude que varia de 968 m a 1.420 m. A precipitação média é em torno de 1.477 mm ano<sup>-1</sup> (DA SILVA, 2013). Essa sub-bacia está incluída como área piloto no Programa Produtor de Água da Agência Nacional das Águas (ANA), o qual visa recuperar bacias hidrográficas com foco nos recursos hídricos (ANA, 2008; DA SILVA et al., 2013), e é a primeira sub-bacia a ter o Projeto Conservador das Águas

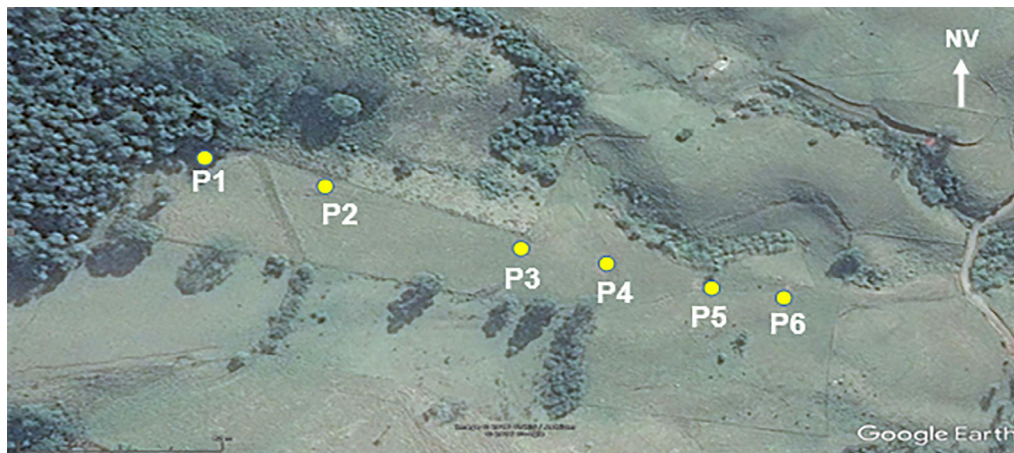
implantado no Município de Extrema (Lei Municipal nº 2.100/05).

Este trabalho levou em conta uma topossequência que contemplou dois tipos de cobertura vegetal (mata nativa e pastagem) em diferentes tipos de solos, com destaque para os Cambissolos Húmicos (CHe e CHd), Argissolos (PVA<sub>d</sub>) e Neossolos Litólicos (RL<sub>d</sub>) segundo Santos et al. (2013). Nessa topossequência com declividade variável entre 19% e 55%, a cobertura de mata corresponde a 10% da área e 90% são pastagens.

A partir da topossequência descrita, foram avaliadas perdas de água e de solo (transporte de sedimentos) no período compreendido entre maio e dezembro de 2016. Essas perdas foram comparadas entre as diferentes coberturas (mata e pastagem), e também entre os diferentes solos na mesma cobertura, como é o caso da pastagem que contempla cinco pontos (parcelas) do total de seis que compõe o esquema amostral adotado.

## Localização e caracterização da área estudada

A área estudada localiza-se na margem esquerda da sub-bacia do Ribeirão das Posses, Município de Extrema, MG, entre as coordenadas 22°52.855' e 22°52.903'S e 46°15.527' e 46°15.378'W. Foram feitos seis pontos de amostragem (configuração de uma topossequência) considerando a distribuição dos solos: P1 (CH1), 22°52'50.73"S e 46°15'32.65"O; P2 (CH2), 22°52'51.28"S e 46°15'31.53"O; P3 (PVA1), 22°52'52.56"S e 46°15'28.17"O; P4 (PVA2), 22°52'53.03"S e 46°15'26.81"O; P5 (RL1) - 22°52'53.39"S e 46°15'25.12"O; P6 (RL2), 22°52'53.51"S e 46°15'23.40"O (Figura 1). O local apresenta relevo declivoso e bastante movimentado. O uso do solo predominante é a pastagem extensiva, sem o uso de práticas conservacionistas.



**Figura 1.** Localização da área de trabalho com a indicação dos seis pontos estudados.

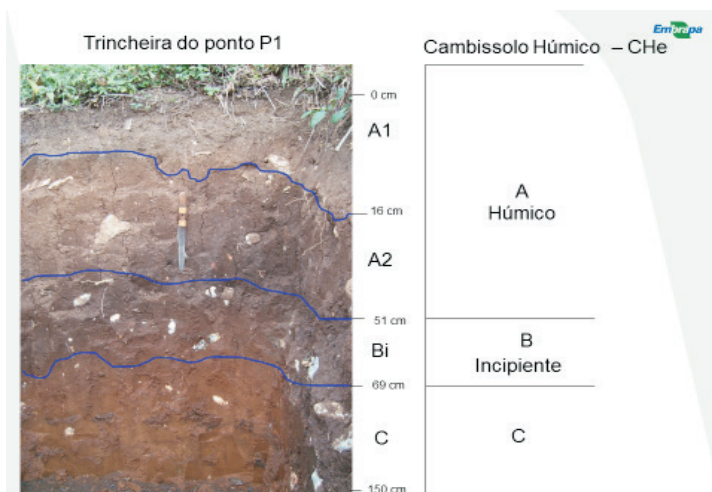
## Caracterização do solo

Os solos foram classificados segundo o levantamento feito por Da Silva et al. (2013) em Cambissolos e Argissolos (SANTOS et al., 2013) e detalhados neste trabalho (Tabela 1).

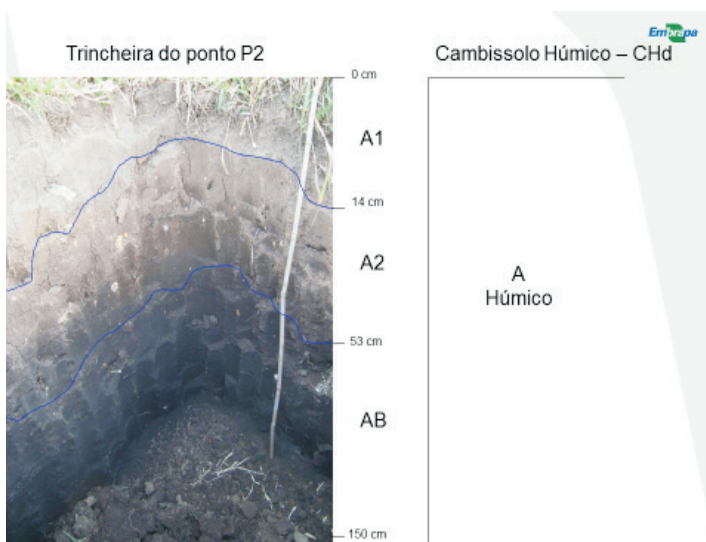
Em laboratório, foram feitas análises de densidade do solo, condutividade hidráulica e carbono orgânico, para subsidiar a discussão dos resultados das perdas de água e de sedimentos. Os perfis de cada solo com seus respectivos horizontes são descritos nas Figuras 2 a 7.

**Tabela 1.** Caracterização do solo com base em detalhamento feito em campo.

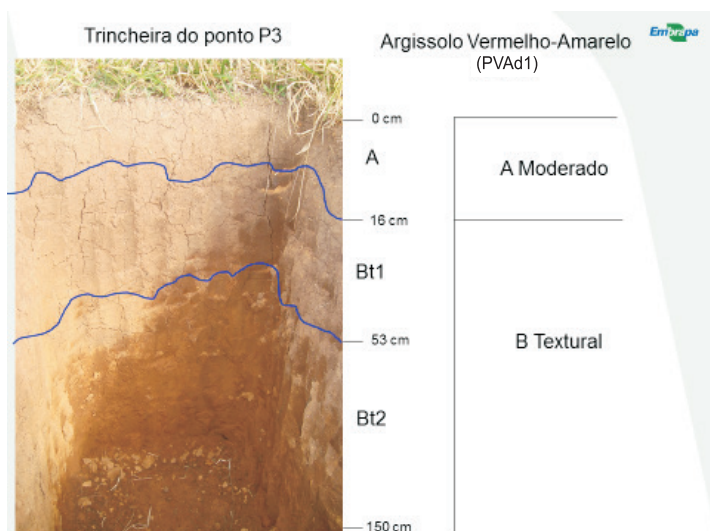
Tipo de solo		Relevo	Substrato	Área de ocorrência	Ponto/área experimental
Cambissolo Eutrófico, A	Húmico Tb húmico, textura argilosa	forte ondulado	granito gnáissico (CHe)	mata	P1
Cambissolo Distrófico, A	Húmico Tb húmico, textura argilosa	forte ondulado	granito gnáissico (CHd)	pastagem	P2
Argissolo Vermelho Tb Distrófico, A	-Amarelo moderado, textura argilosa	ondulado	granito gnáissico (PVAd1)	pastagem	P3
Argissolo Vermelho Tb Distrófico, A	-Amarelo moderado, textura argilosa	ondulado	granito gnáissico (PVAd2)	pastagem	P4
Neossolo Distrófico, A	Litólico moderado, textura argilosa	Tb suave ondulado	granito gnáissico (RLd1)	pastagem	P5



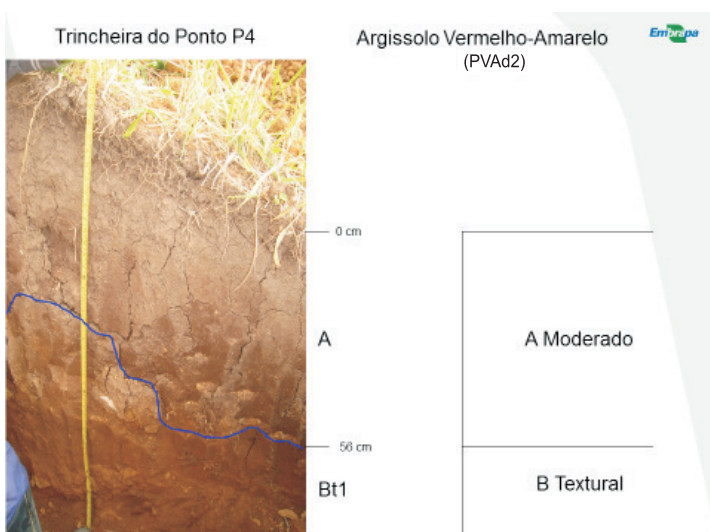
**Figura 2.** Cambissolo Húmico Tb Eutrófico, A húmico, textura argilosa, relevo forte ondulado, substrato granito gnáissico (CHE).



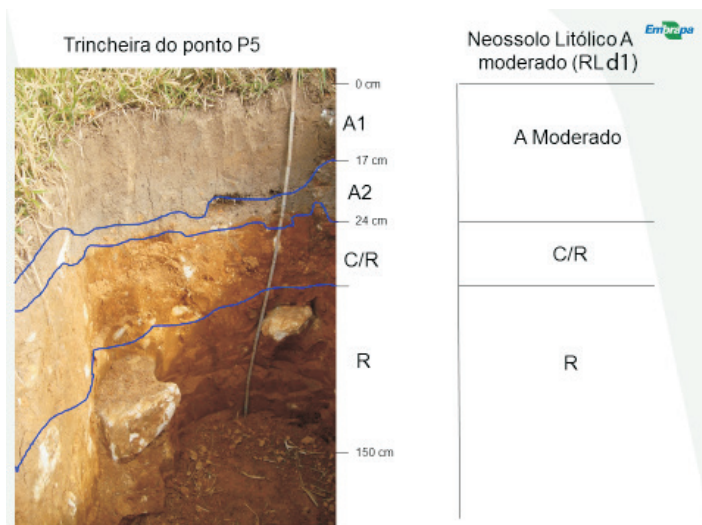
**Figura 3.** Cambissolo Húmico Tb Distrófico, A Húmico, textura argilosa, relevo forte ondulado, substrato granito gnáissico (CHd).



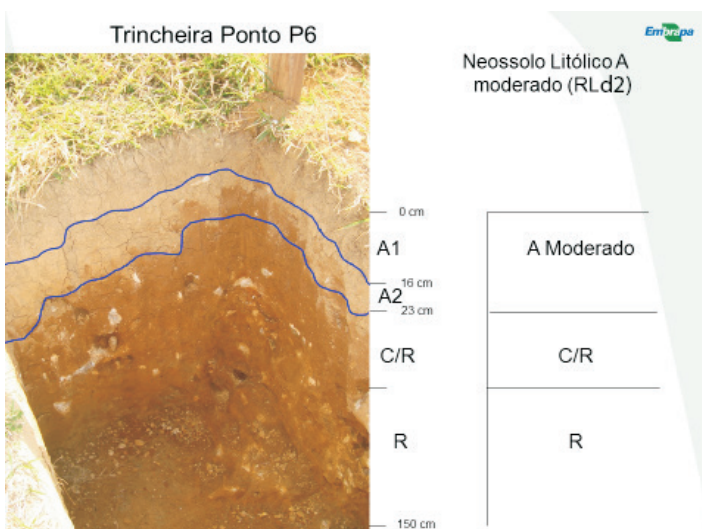
**Figura 4.** Argissolo Vermelho-Amarelo Tb Distrófico, A moderado, textura argilosa, relevo ondulado, substrato granito gnáissico (PVAd1).



**Figura 5.** Argissolo Vermelho-Amarelo Tb Distrófico A moderado, textura argilosa, relevo ondulado, substrato granito gnáissico (PVAd2).



**Figura 6.** Neossolo Litólico Tb Distrófico, A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado, substrato granito gnáissico (RLd1).



**Figura 7.** Neossolo Litólico Tb Distrófico, A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado, substrato granito gnáissico (RLd2).

## Instalação e condução do experimento

A avaliação temporal contemplou o período de sete meses, com o início das coletas de sedimento e água em 24/05/2016, com chuva acumulada desde o dia 10/05, e o término em 10/12/2016, com chuva acumulada desde o dia 01/12. O armazenamento de água e sedimento foi feito por meio de bombonas (tambores plásticos) com capacidade máxima de 50 L (Figura 8), com três repetições (três parcelas de 1 m x 1 m) por tipo de solo (seis tipos), totalizando 18 parcelas de coleta. As coletas obedeceram aos eventos de chuva, com amostragem realizada após cada evento igual ou superior a 5 mm. Os volumes de água coletados foram quantificados em ml m<sup>-2</sup> e convertidos em

m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. O sedimento foi quantificado em g m<sup>-2</sup> e convertido em kg ha<sup>-1</sup>. Assim, foi possível estimar a perda com avaliação do total de água e de sedimentos armazenados nas bombonas.

## Esquema experimental

O esquema experimental utilizado foi o de parcelas de 1 m<sup>2</sup> (calhas tipo Gerlach), com três repetições (R1, R2 e R3) por local ou ponto, considerando seis locais/pontos (P1 a P6), o P1 sob cobertura de mata nativa e os demais pontos (P2 a P6) sob cobertura de pastagem de *Brachiaria decumbens* (Bd), com a geração do fatorial: 3 (repetições) x 6 (pontos de coleta) = 18. A Figura 8 exemplifica a montagem das parcelas em cada ponto.



**Figura 8.** Parcelas do ponto P2 com cobertura de pastagem. A avaliação das perdas de água e de solo teve início somente após o recobrimento total da parcela com o capim *Brachiaria decumbens*.



## Resultados obtidos

As perdas de água (via enxurrada) e dos sedimentos (sólidos em suspensão) estudadas por hectare no período compreendido entre 24/05/2016 e

10/12/2016, considerando a precipitação de 649,3 mm, estão sintetizadas nas Tabelas 2 e 3, com projeção para o período de um ano considerando precipitação média anual de 1.477 mm para a bacia do Ribeirão das Posses.

**Tabela 2.** Perdas de água (via enxurrada) e de solos (sedimentos em suspensão) estudadas por hectare no período compreendido entre 24/05/2016 e 10/12/2016, considerando a precipitação de 649,3 mm, e projeção para o período de um ano, considerando a precipitação média de 1.477 mm\*, para a bacia do Ribeirão das Posses.

Solos	Água (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Sedimentos (kg ha <sup>-1</sup> )	Projeção anual de perdas (1.477 mm)	
			Água (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Sedimentos (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
CHe	380,09	4,71	864,61	10,71
CHd	392,49	7,10	892,82	16,15
PVAd1	437,25	16,04	994,63	36,48
PVAd2	509,95	14,96	1.160,01	34,03
RLd1	948,03	20,19	2.156,53	45,92
RLd2	901,22	23,31	2.050,05	53,02
Média	594,83	14,96	1.353,11	32,72

Fonte: \*ANA (2008) e Da Silva et al. (2013).

**Tabela 3.** Declividade (D), densidade do solo (Ds), condutividade hidráulica (K) e carbono orgânico (CO) obtidos pela média entre as profundidades de 0–20 cm e de 20–40 cm e valores de perdas de água e sedimentos por hectare no período monitorado (649,3 mm) e no período projetado para um ano (1.477 mm).

Solo	D (%)	Ds (g cm <sup>3</sup> )	K (cm h <sup>-1</sup> )	CO (g kg <sup>-1</sup> )	Água (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Sedimentos (kg ha <sup>-1</sup> )	Projeção anual de perdas (1.477 mm).	
							Água (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Sedimentos (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
CHe	55	1,1	3,39	91,69	380,09a	4,71a	864,61	10,71
CHd	53	1,2	3,25	85,29	392,49a	7,10b	892,82	16,15
PVAd1	35	1,5	1,51	68,67	437,25b	16,04c	994,63	36,48
PVAd2	23	1,4	1,85	61,06	509,95c	14,96c	1.160,01	34,03
RLd1	21	1,6	0,96	63,71	948,03d	20,19d	2.156,53	45,92
RLd2	19	1,8	0,85	55,92	901,22d	23,31d	2.050,05	53,02
Média	--	--	--	--	594,83	14,96	1.353,11	32,72

Projeção para toda a bacia do Ribeirão das Posses (1.200 ha):

a) Perda de água (via enxurrada):  
 $1.200 \times 1.353,11 = 1.623.732 \text{ m}^3$ ;

b) Perda de solo (sedimentos em suspensão):  $1.200 \times 32,10 = 38.520 \text{ kg}$ .

A Tabela 2 apresenta as perdas de água e o transporte de sedimentos por hectare no período de sete meses para cada tipo de solo e a projeção para um ano. Observa-se que, para a água, a média dos valores obtida dos seis solos foi de  $594,83 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , e a de sedimentos foi da ordem de  $14,96 \text{ kg ha}^{-1}$ , no período de sete meses.

Considerando a avaliação por ponto e por metro quadrado durante os sete meses, tem-se os seguintes valores de perda de sedimentos: P1 =  $0,47 \text{ g L}^{-1}$ ; P2 =  $0,71 \text{ g L}^{-1}$ ; P3 =  $1,60 \text{ g L}^{-1}$ ; P4 =  $1,49 \text{ g L}^{-1}$ ; P5 =  $2,02 \text{ g L}^{-1}$  e P6 =  $2,33 \text{ g L}^{-1}$ . Esses valores relativos aos sedimentos, aparentemente baixos, não levaram em conta o comprimento de rampa para efeito de avaliação de perdas de solo, não devendo, portanto, ser interpretados como tal. Trata-se da produção de sedimentos a partir de um solo sob cobertura de mata nativa (P1) e de pastagem (P2 a P6), esta com altura média de 15 cm durante todo o período estudado. Assim, esses resultados têm por premissa contribuir para estudos mais específicos em relação a perdas de solo, quando então devem ser usadas equações pertinentes, por exemplo a *Universal Soil Loss Equation* (Usle) /

*Revised Universal Soil Loss Equation* (Rusle).

No sentido de endossar os valores obtidos neste trabalho, estudos feitos por Pinese et al. (2006) mostraram que, em área de vegetação natural (mata), os valores de transporte de sedimentos variaram de  $0,06 \text{ g L}^{-1}$  a  $0,07 \text{ g L}^{-1}$  e que, nas áreas de pasto, as variações foram mais amplas, com valores entre  $0,1 \text{ g L}^{-1}$  e  $12,47 \text{ g L}^{-1}$ , para precipitação total em torno de 345 mm no período de 23/02 a 23/03. Embora esse valor de precipitação seja quase metade daquele obtido na sub-bacia do Ribeirão das Posses, ainda assim os valores de sedimentos obtidos nesse caso estão condizentes com os valores obtidos por aquele autor. Já para o período de 12 meses (1 ano), os valores médios alcançaram  $1.353,11 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de água e  $32,72 \text{ kg ha}^{-1}$  de sedimentos.

A Tabela 3, por sua vez, apresenta adicionalmente os parâmetros físicos densidade do solo (Ds), condutividade hidráulica (K) e carbono orgânico (CO), com o intuito de contribuir para a interpretação dos dados. De fato, quando se faz uma análise comparativa entre os solos, considerando as perdas de água e de sedimentos, fica evidente que Ds, K e CO interferem muito mais no processo do que a declividade, embora este parâmetro seja de grande importância em estudos dessa natureza. Para o solo sob cobertura de mata nativa (CHe), por exemplo, esse cenário fica mais evidente, pois a declividade muito elevada (55%) não interferiu diretamente nas perdas em questão. Porém, quando

ocorre mudança para pastagem e também do tipo de solo (CHe, CHd, PVAd1, PVAd2, RLd1 e RLd2), as perdas apresentam relação direta com os três parâmetros Ds, K e CO. A avaliação das médias pelo Teste de Tukey no nível de 5% indica que existem pelo menos quatro diferenciações entre as perdas de água e de sedimentos, o que evidencia a influência de cada solo, de acordo com suas propriedades.

Como os solos estudados são predominantes na sub-bacia do Ribeirão das Posses, foi feita uma projeção expedita para toda a sua extensão (1.200 ha), a qual resultou em valores de perdas de água anuais da ordem de 1.623.732 m<sup>3</sup> e de sedimentos da ordem de 32.520 kg.

## Considerações finais

O cenário e os resultados expostos permitem observar que o tipo de solo e seu manejo (cobertura vegetal) influenciam diretamente na perda de água e de sedimentos em suspensão. Tal cenário indica que o uso adequado, de acordo com a aptidão, é premissa fundamental para a sustentabilidade do sistema. As baixas taxas de transporte de sedimentos identificadas são atribuídas principalmente à cobertura permanente do solo, exemplificada no ponto P1 pela mata nativa e nos demais pontos (P2 a P6) pela pastagem, cuja altura média foi de 15 cm durante todo o período de realização do estudo. Tal cenário contribuiu para a eliminação ou

atenuação do impacto da gota de chuva, cujas evidências foram observadas principalmente pela baixa ou quase nula turbidez da água acumulada nos recipientes de coleta (bombonas).

A conclusão alcançada, portanto, é de que, na sub-bacia estudada, em especial nas áreas de ocorrência de pastagem, as perdas de água requerem reavaliação das práticas adotadas, para tornar mais eficiente sua infiltração. Essa eficiência contribui não só para o recarregamento do lençol freático, como também interfere de forma positiva no fluxo preferencial em direção ao curso d'água (Ribeirão das Posses), tornando seu volume mais estável/uniforme ao longo do ano. Essa condição, por consequência, contribui de forma positiva para a vazão do Rio Jaguari, a qual, por sua vez, influencia no aumento da disponibilidade hídrica para o Sistema Cantareira.

É recomendável, portanto, não só um estudo específico sobre perda de solo, com adoção de parcelas de dimensões adequadas, mas também uma reavaliação/readequação do manejo da área de pastagem com a sugestão de implantação de terraços em patamar (quanto à forma), recomendável para declividade acima de 20% (LIMA et al., 2010), principalmente para minimizar as perdas de água, via enxurrada, que são mais expressivas do que as perdas de solo por meio do transporte de sedimentos.

## Referências

ANA. Agência Nacional de Águas. **Programa produtor de água**. 2008. Disponível em: <<http://produtordeagua.ana.gov.br/>>. Acesso em: 26 ago. 2009.

DA SILVA, M. A.; DE FREITAS, D. A. F.; SILVA, M. L. N.; OLIVEIRA, A. H.; LIMA, G. C. L.; CURTI, N. Sistema de informações geográficas no planejamento de uso do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 2, p. 316-323, 2013.

FREITAS, D. A. F.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; CURTI, N. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista de Ciências Agrônômicas**, v. 43, p. 417-428, 2012.

LIMA, G. C. **Variabilidade espacial dos atributos físicos e químicos e índice de qualidade dos solos da Sub-Bacia das Posses, Extrema (MG), sob diferentes agroecossistemas**. 2013. 140 p. (Tese de Doutorado em Recursos Ambientais e Uso da Terra) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LIMA, J. M.; OLIVEIRA, G. C.; MELO, C. R. **Conservação do solo e da água**. Lavras: UFLA - Departamento de Ciência do Solo, 2010. 62 p. (Notas de aulas práticas. Disciplina GCS 104). Disponível em: <[http://www.dcs.ufla.br/site/\\_adm/upload/file/slides/matdispo/geraldo\\_cesar/notas\\_de\\_aula-pratica.pdf](http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/slides/matdispo/geraldo_cesar/notas_de_aula-pratica.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2017.

OLIVEIRA, A. H.; SILVA, M. A.; SILVA, M. L. N.; AVANZI, J. C.; CURTI, N.; LIMA, G. C. Caracterização ambiental e predição dos teores de matéria orgânica do solo na sub-bacia do Salto, Extrema, MG. **Semana: Ciências Agrárias**, v. 33, p.147-160, 2012.

PINESE, J. F. J.; GARBIN, E. J.; RODRIGUES, S. C. Análise do transporte de sedimentos com diferentes tipos de uso do solo em calhas de Gerlach (1966) na Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia – MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6., 2006, Goiânia. **Anais/resumos...** Goiânia: IAG, 2006. 9 p.

PONTES, L. M.; BISPO, D. F.; SILVA, M. L. N.; BATISTA, P. V. G.; CÂNDIDO, B. M.; SILVA, T. P. Monitoramento da erosão hídrica na sub-bacia das Posses, Extrema, MG, Brasil. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 20., CONGRESO PERUANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 16., 2014, Cusco. **Educator para preservar el suelo y conservar la vida en la tierra**: [anales]. Cusco: Sociedade Latinoamericana de la Ciencia del Suelo: Sociedade Peruana de la Ciencia del Suelo, 2014.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Monitoramento por Satélite**  
Av. Soldado Passarinho, 303 -  
Fazenda Chapadão  
CEP 13070-115, Campinas, SP  
Fone: (19) 3211-6200  
Fax: (19) 3211-6222  
[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

**1ª edição**  
1ª impressão (2017): online



Comitê Local de Publicações da Embrapa Monitoramento por Satélite

Presidente  
*Sérgio Gomes Tósto*  
Secretária-executiva  
*Bibiana Teixeira de Almeida*  
Membros  
*André Luiz dos Santos Furtado, Bibiana Teixeira de Almeida, Carlos Fernando Quartaroli, Daniela Maciel Pinto, Fabio Enrique Torresan, Gustavo Bayma Siqueira da Silva, Janice Freitas Leivas, Marcelo Fernando Fonseca, Vera Viana dos Santos Brandão*

Supervisão editorial  
*Suzilei Carneiro*  
*Bibiana Teixeira de Almeida*  
Revisão de texto  
*Bibiana Teixeira de Almeida*  
Normalização bibliográfica  
*Vera Viana dos S. Brandão*  
Tratamento das ilustrações  
*Alexandre R. da Conceição*  
Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*  
Editoração eletrônica  
*Alexandre R. da Conceição*  
Foto da capa  
*Lilian Alves*