



PERDAS DE SOLO EM PASTAGENS NATURAIS NO CENTRO LESTE PAULISTA ⁽¹⁾

Edvania Aparecida Corrêa ⁽²⁾, Isabel Cristina Moraes ⁽²⁾, Antonio Aparecido Couto Junior ⁽³⁾, Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

⁽²⁾ Doutoranda em Geografia pela Universidade Estadual Paulista, IGCE/UNESP/Rio Claro, edvianiacorrea@ig.com.br, bel.moraes@gmail.com; ⁽³⁾ Mestrando em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista, IGCE/UNESP/Rio Claro, acjunior_2003@hotmail.com; ⁽⁴⁾ Professor Titular do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento da Universidade Estadual Paulista, IGCE/UNESP/Rio Claro, sanjos@rc.unesp.br.

RESUMO: Considerando os impactos gerados pela erosão hídrica do solo e a expressiva utilização de terras brasileiras com pastagem, o objetivo do presente artigo foi o de avaliar as perdas de solo por erosão hídrica em áreas com pastagem natural e comparar tais perdas com áreas desprovidas de vegetação. Os dados foram avaliados considerando os limites toleráveis de perdas. Foram instaladas 3 parcelas de monitoramento de erosão hídrica do solo na bacia hidrográfica do córrego Monjolo Grande, localizada em Ipeúna/SP. Foram coletados os dados de precipitação e obtido os valores de erosividade mensal e anual. Foram realizadas análises físicas e químicas do solo. Para o cálculo do fator tolerância de perdas de solo foram utilizadas metodologias adaptadas para os solos brasileiros. Quando da comparação entre as parcelas com pastagens e a parcela desprovida de vegetação, tem-se que as gramíneas apresentaram-se como uma cobertura eficiente frente aos processos de erosão hídrica do solo. As parcelas cobertas por pastagens apresentaram perdas inferiores aos limites de tolerância de perdas. Apesar das perdas registradas estarem associadas a um ano com índices pluviométricos atípicos, as perdas registradas na parcela desprovida de vegetação demonstram que a área de estudo apresenta elevada susceptibilidade natural a erosão. Assim, um adequado planejamento do uso da terra com a adoção de adequadas práticas conservacionistas deve ser adotado, evitando-se assim a ocorrência de feições erosivas lineares verificadas em campo e a consequente degradação dos solos.

Termos de indexação: erosão hídrica do solo, parcelas de monitoramento de erosão, atributos físicos e químicos dos solos.

INTRODUÇÃO

A substituição da vegetação natural por práticas agrícolas constitui-se em um dos principais agentes intensificadores dos processos de erosão hídrica do solo. Neste contexto, avaliando o cenário brasileiro nos últimos 30 anos, tem-se verificado um elevado crescimento na utilização das terras pelas atividades

agropecuárias. Conforme IBGE (2006), as áreas destinadas a pastagens ocupavam, em 1970, 52,4% e em 2006, 58,6% do território nacional. Consta-se que a maior parte da produção de carne e leite no estado de São Paulo é realizada quase exclusivamente a pasto (Peres et al., 2011) denotando a utilização de extensas áreas voltadas a pecuária.

No cenário brasileiro, estima-se que a cada ano são perdidas em torno de 600 milhões de toneladas de solo agricultável, sendo que para o Estado de São Paulo este valor é estimado em 194 milhões de toneladas por ano (Veiga Filho et al., 1992).

No Brasil, poucos autores têm obtido valores de perdas de solo para sistemas agrícolas. Em áreas de pastagem, Dechen et al., (1981) apontaram perdas variando de 0,1 a 35,0 t ha⁻¹ ano⁻¹, sendo os menores valores correspondentes ao cultivo de gramínea e os maiores ao de leguminosas. Também em pastagens nativas localizadas em Latossolo Vermelho-Escuro e Cambissolo, Bono et al., (1996) registraram perdas de 39,7 t ha⁻¹ ano⁻¹ nos Cambissolos.

No entanto, o aumento das taxas de erosão hídrica do solo não está relacionado somente a mudança no uso da terra. A erosão hídrica enquanto problemática ambiental é também influenciada pelo uso desordenado da terra e a adoção de práticas inadequadas de conservação do solo ou ausência dessas. Neste contexto, a tolerância de perdas de solo é a representação da quantidade limítrofe de solo que pode ser removida pela erosão hídrica, sem que afete os níveis iniciais de fertilidade e produtividade, por um longo período de tempo (Bertoni & Lombardi Neto, 2010; Wischmeier & Smith, 1965).

A FAO (1965) recomenda que para solos rasos e impermeáveis, os valores limítrofes de perdas variam de 2 a 4 t ha⁻¹ ano⁻¹. No Brasil, Bertoni & Lombardi Neto (2010) obtiveram valores limítrofes variando de 4,2 a 15 t ha⁻¹ ano⁻¹. Também Bertol & Almeida (2000) e Mannigel et al., (2002) estimaram valores variando de 2,0 a 11,6 t ha⁻¹ ano⁻¹ e de 2,68 a 12,45 t ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. A avaliação das perdas de solo, quando comparadas as perdas limítrofes, pode indicar a inadequação dos usos da terra e a degradação dos solos.



Considerando os impactos gerados pela erosão hídrica do solo, bem como a expressiva utilização de terras brasileiras com pastagem, o objetivo do presente artigo foi o de avaliar as perdas de solo por erosão hídrica em áreas com pastagem natural e comparar tais perdas com áreas desprovidas de vegetação. Os dados foram avaliados considerando os limites toleráveis de perdas obtidos para os Cambissolos Háplicos.

MATERIAL E MÉTODOS

As parcelas experimentais de monitoramento de erosão foram instaladas na bacia hidrográfica córrego Monjolo Grande localizada no município de Ipeúna, centro leste do Estado de São Paulo, Brasil.

Tal área apresenta topografia pouco acidentada, com relevo predominantemente formado por colinas, interflúvios com áreas de 1 a 4km², topos aplainados e vertentes com perfis convexos e retilíneos. Nas bordas ocidentais, as quais estão localizadas no *front* das cuestas arenito basáltica, ocorrem pequenos morros residuais com altitudes alcançando a cota de 900 metros, vertentes de alta declividade e drenagem densa e entalhada.

Tem-se o predomínio de Neossolos Quartzarênicos ocorrentes nas áreas de interflúvios e de Argissolo Vermelho Amarelo nas médias e baixas vertentes, com declividades de até 20%. Nas áreas localizadas próximas ao *front* das cuestas arenito basáltica e nos locais de maiores declividades localizados ao longo dos canais de 1^o ordem, tem-se a ocorrência de Neossolos Litólicos e Cambissolos (Corrêa, 2014; Moraes, 2014). Todos os solos desta área apresentam textura variando de média a arenosa, os quais são originados predominantemente dos arenitos das formações Botucatu e Pirambóia. Quanto a predisposição natural a erosão, esta bacia apresenta 40% de sua área com perdas acima de 100 ton.ha⁻¹.ano⁻¹. Tais áreas encontram-se localizadas em relevos ondulados a fortemente ondulados, onde os valores de declividade são superiores a 8% e há a ocorrência de solos mais vulneráveis aos processos de erosão hídrica do solo (Corrêa, et. al., 2015).

Foram instaladas 3 parcelas de monitoramento de erosão do solo de 20 m² (2,00 x 10,00 metros) obedecendo o sentido do declive, sendo 2 em pastagem natural (P1 e P2) e 1 desprovida de vegetação (SD). Todas as parcelas foram instaladas sobre Cambissolo háplico, Ta eutrófico, típico, A moderado, textura franco arenosa, com declividade variando de 6 a 12%. As parcelas foram delimitadas por chapas galvanizadas de 40 cm de altura, sendo 10 cm enterrados no solo e o restante acima da superfície. Também foram compostas pela calha de Gerlach (Guerra, 2005) e por tanques armazenadores de água. As amostras de água e de sedimentos foram coletadas após cada evento erosivo, conforme metodologia descrita em Cogo (1978), por um período de 12 meses.

Os dados de precipitação foram coletados a partir da estação meteorológica modelo Davis Vantage Pro 2 Plus instalada na bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande. Com base em Wischmeier (1959), Lombardi Neto (1977) e Cabeda (1976) foram selecionadas as chuvas erosivas e obtida a energia cinética das gotas de chuva (Bertoni e Lombardi Neto, 2010). O índice de erosividade de cada evento selecionado foi obtido a partir da formulação proposta por Bertoni e Lombardi Neto (2010). A erosividade mensal e anual foi obtida a partir da somatória da erosividade de todas as chuvas consideradas erosivas

Foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0 a 60 cm. Foram realizadas as análises granulométricas pelo método da Pipeta (Embrapa, 1997) e análises químicas – pH em CaCl₂, matéria orgânica, Al, H+Al, K, Ca e Mg trocáveis, calculando-se soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica a pH 7 (CTC) e saturação por bases (V%) e por alumínio (m%) (Embrapa, 1997). Também foram obtidos os valores de densidade do solo (método do torrão parafinado); (Embrapa, 1997).

Para o cálculo do fator tolerância de perdas de solo foram utilizadas metodologias adaptadas para os solos brasileiros. Assim, conforme apresentado por Martins et al., (2010), foi realizada a média dos valores obtidos a partir das metodologias propostas por Lombardi Neto e Bertoni (1975), Bertol e Almeida (2000) e Galindo e Margolis (1989).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A erosividade registrada no período de 2013/2014 foi de 4564 MJ/ha/ano na bacia hidrográfica do córrego Monjolo Grande. Moraes e Corrêa (2010), utilizando registros climáticos de 30 anos, obtiveram um mapa de erosividade a partir da interpolação de 45 postos pluviométricos localizados na região de Ipeúna (SP/Brasil). Os valores de erosividade variaram de 7000 a 7800 MJ/ha/ano para a bacia hidrográfica do córrego Monjolo Grande.

Os meses de maiores índices pluviométricos (dez/2013 e jan/fev/2014) apresentaram redução de aproximadamente 30% do total mensal de precipitação quando da comparação com a média histórica para o estado de São Paulo (CORRÊA, 2014). Assim, os valores estimados de perdas de solo estão associados aos valores menores de erosividade.

Todas as parcelas experimentais estão localizadas em solos de textura franco arenosa, nos quais a quantidade de areia total é superior a 70% e a de areia fina superior a 50%. A maior quantidade de areia fina e os baixos teores de matéria orgânica fazem com que as partículas do solo sejam menos estáveis à ação de destacamento das gotas chuvas (Tabela 1). Associada a estes fatores, a baixa profundidade efetiva e a declividade superior a 6%

prejudicam a infiltração da água da chuva, favorecendo assim a formação do escoamento superficial e o transporte de partículas. Considerando estes aspectos, tem-se que as perdas totais de solo na parcela SD foi de $74,03 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Tabela 2).

Tabela 1 - Características granulométricas dos solos presentes nas parcelas de monitoramento de erosão do solo.

	Prof. cm	Areia Grossa -----%	Areia Fina -----%	Silte -----%	Argila -----%
SD	0-20	23,4	55,2	5,5	16
	20-40	25,2	52,2	4,5	18,2
	40-60	26,3	48,7	4,2	20,8
P1	0-20	25,1	54,1	1,6	19,3
	20-40	33,5	46,5	2,4	17,7
	40-60	32,8	47,5	2,9	16,8
P2	0-20	19,6	55,7	1,2	23,5
	20-40	17,3	56	8,1	18,6
	40-60	14,8	58,3	9,5	17,4

Tabela 2. Características físicas e químicas dos solos, tolerância de perda e perdas de solo registradas nas parcelas de monitoramento de erosão do solo.

	Dens. kg/dm ³	Prof. efetiva mm	MO g.kg	Tolerância de perda ----- t ha ⁻¹ ano ⁻¹ -----	Perda de solo -----
SD	1,51	700	1,8	5,25	74,03
P1	1,34	700	2,6	5,47	1,49
P2	1,44	700	1,7	5,61	1

Dens.: Densidade do solo; MO: Matéria orgânica

As parcelas P1 e P2 apresentaram perdas de $1,49$ e $1,00 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ respectivamente. Os valores estimados de tolerância de perdas de solo foram de $5,47$ e $5,61 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ respectivamente para as parcelas P1 e P2. Assim, tem-se que as perdas registradas foram inferiores aos limites indicados. Quando da comparação com as perdas registradas na parcela SD, tem-se que as gramíneas apresentaram-se como coberturas eficientes na proteção frente aos processos erosivos.

É válido ressaltar que as perdas de solo obtidas junto as parcelas de monitoramento de erosão constituem uma estimativa aproximada das perdas reais. Tais parcelas, por constituírem somente um transecto isolado da vertente, não representam todo o escoamento superficial que se origina no topo e percorre toda a extensão da vertente (Mendes, 1990). O fator extensão de vertentes, o qual é responsável pelo aumento da velocidade do escoamento superficial, é limitado somente ao

tamanho da parcela experimental, que no caso do presente trabalho, foi de 10 metros.

Em campo foram observadas inúmeras feições erosivas lineares próximas as parcelas P1 e P2 (figura 1). Tais feições são provenientes do aumento da quantidade e da velocidade do escoamento superficial originado no interflúvio com conseqüente aprofundamento erosivo linear nos segmentos convexos/côncavo da vertente. Mesmo as gramíneas oferecendo elevada proteção ao solo e eficiência na retenção do escoamento superficial, as características de declividade (acima de 6%), baixa profundidade efetiva do solo e elevada quantidade de areia fina associados a ausência de efetivas práticas conservacionistas constituem os fatores responsáveis pelo surgimento de ravinas.



Figura 1. Feições erosivas lineares em áreas de pastagens localizadas na média e baixa vertente

CONCLUSÕES

As parcelas cobertas por pastagens na bacia hidrográfica do córrego Monjolo Grande apresentaram perdas inferiores aos limites de tolerância de perdas. No entanto, os valores de perdas são uma estimativa, visto que não representam o escoamento superficial de toda vertente. Assim, o destacamento de partículas e o transporte de sedimentos realizados pela concentração do escoamento superficial na média e baixa vertente não são representados nas parcelas. Resultado desta limitação, tem-se que as áreas adjacentes as parcelas apresentaram, ao longo do ano experimental, aprofundamento de feições erosivas.

Apesar das perdas registradas estarem associadas a um ano com índices pluviométricos atípicos, as perdas registradas na parcela SD demonstram que a área de estudo apresenta elevada susceptibilidade natural a erosão. Assim, um adequado planejamento do uso da terra com a adoção de adequadas práticas conservacionistas deve ser adotado, evitando-se assim a ocorrência



de feições erosivas lineares e a consequente degradação dos solos.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelas bolsas de doutorado concedida e pelo apoio financeiro por meio do auxílio à pesquisa, processo Fapesp nº 2012/19935-7; à Prefeitura Municipal de Ipeúna e à Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI, pelo apoio e suporte às atividades de campo.

REFERÊNCIAS

- 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, 657-668, 2000.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 7. ed. São Paulo: Editora Ícone. 2010.
- BONO, J.A.M.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; EVANGELISTA, A.R.; CARVALHO, M.M. & SILVA, M.L.N. Cobertura vegetal e perdas de solo por erosão em diversos sistemas de melhoramento de pastagens nativas. *Past. Trop.*, 18:2-8, 1996.
- CABEDA, M. S. V. Computation of storm EI Values. West Lafayette: Purdue University, 1976. 6p. (unpublished).
- COGO, N. P. et al. Retomada, redefinição e intensidade da pesquisa em erosão do solo no Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15. 2004, Santa Maria - RS. Anais. Curitiba: UFSM, 2004. p.1-18.
- CORRÊA, E. A. Avaliação da cultura de cana-de-açúcar como fator protetor em termos da erosão hídrica do solo e a sua associação com a resposta espectral por meio de diferentes sensores. Relatório interno. Rio Claro, SP, 2014.
- CORRÊA, E. A. ; PINTO, S. A. F. ; COUTO JUNIOR, A. A. Espacialização temporal das perdas de solo em uma microbacia hidrográfica com predomínio de solos arenosos. *Geografia* (Rio Claro. Impresso), 40: 101-118, 2015.
- DECHEN, S.C.F.; LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O.M. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em Latossolo Roxo. *R. Bras. Ci. Solo*, 5:133-137, 1981.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2 ed. Rio de Janeiro, 212 p. 1997.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Soil Erosion by water: some measures for its control on cultivated lands. Rome: FAO, 284p., 1965.
- GALINDO, I.C.L.; MARGOLIS, E. Tolerância de perdas por erosão para solos do Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.13, n.1, 95-100, 1989.
- GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: *Geomorfologia – Exercícios, Técnicas e Aplicações*. Orgs. S.B. Cunha e A. J. T. Guerra. Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2 ed. 2005, p. 139-155.
- IBGE. Censo Agropecuário. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.
- LOMBARDI NETO, F. Rainfall erosivity - its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brasil. 1977. Dissertação (Master of Science) - Purdue University, West Lafayette, 1977.
- LOMBARDI NETO, F. & BERTONI, J. Tolerância de perdas de terras para solos do Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo, 12p. (Boletim Técnico, 28). 1975.
- MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. P.; MORETI, D. & MEDEIROS, L. R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 24, n. 5, 1335-1340, 2002.
- MENDES, I.A. A dinâmica erosiva do escoamento pluvial da bacia do Córrego Lafon, Araçatuba-SP. 1993. 171f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MORAES, I. C. Análise de desempenho dos modelos de perda de solo MEUPS e WEPP: contribuição a aplicação em bacias hidrográficas. Relatório interno. Rio Claro, SP, 2014.
- MORAES, I. C. ; CORREA, E. A. Avaliação de métodos de estimativa espacial para a interpolação de dados de erosividade em uma bacia hidrográfica utilizando métodos de geostatística e técnicas de geoprocessamento. In: 3º SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2010, Cáceres. Anais, 2010.
- PERES, R. M. JUSTO, C.L. COUTINHO FILHO, J. L. V. Recuperação da produtividade das pastagens no estado de São Paulo: Integração agricultura e pecuária, uma das alternativas. *Pesquisa & Tecnologia*, vol. 8, n. 2, 2011.
- VEIGA FILHO, A. A.; SOUZA, M. V. M.; MARTINB, N. B.; YANAGUISH, C. T.; MATSUNAGA, M. Análise de investimentos em adoção de tecnologias e conservação do solo no estado de São Paulo. *Agricultura em São Paulo*, SP, 39 (1):133-154, 1992.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountain. Washington, DC: ARS/USDA, 1965.
- WISCHMEIER, W. H. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. *Soil Science Society of America Proceedings*, v.23, p.246-249, 1959.