

Perdas de solos e produção de sedimentos para diferentes usos do solo em uma sub-bacia em Ilha Solteira-SP⁽¹⁾.

Carla Deisiane de Oliveira Costa⁽²⁾; Marlene Cristina Alves⁽³⁾; Antônio Paz González⁽⁴⁾; José Manuel Mirás Avalos⁽⁴⁾; Hélio Ricardo Silva⁽³⁾; Antônio de Pádua Sousa⁽²⁾

⁽¹⁾ Trabalho realizado no exterior, como parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, financiado pela CAPES, no Programa CAPES DGU Brasil – Espanha; ⁽²⁾ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP/FCA, Botucatu - SP, carladeisiane@hotmail.com, padua@fca.unesp.br; ⁽³⁾ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP/FE/IS, Ilha Solteira - SP, mcalves@agr.feis.unesp.br, hrsilva@agr.feis.unesp.br; ⁽⁴⁾ Universidade da Coruña - UDC, A Coruña, Espanha, tucho@udc.es, jmirasa@udc.es.

RESUMO: A perda de solos por processos erosivos tem sido a principal causa da perda da capacidade produtiva destes, e consequente contaminação dos cursos de água, devido à produção e deposição de sedimentos. A sub-bacia Jardim Novo Horizonte localizada no Município de Ilha Solteira, Estado de São Paulo, apresenta problemas ambientais, como erosão do solo e assoreamento dos rios, além da escassez de vegetação nativa. Diante disso, este trabalho teve por objetivo estudar a influência de diferentes cenários de uso e ocupação do solo sobre a perda de solos e a produção de sedimentos na sub-bacia Jardim Novo Horizonte. Para realizar as simulações foi utilizado o modelo LISEM. Os cenários simulados foram o uso atual, e 4 cenários teóricos homogêneos para os usos amostrados, pastagem, manga, cultura anual e vegetação natural degradada. Além disso, simulou-se um cenário com vegetação natural, para fins de comparação com os outros cenários. O cenário com cultura anual apresentou os maiores valores de desagregação pela gota de chuva e pelo fluxo, maiores perdas de solo e deposição de sedimentos para os dois eventos de precipitação. Os cenários com vegetação natural e a vegetação natural degradada apresentaram menores perdas de solo e deposição de sedimentos quando comparados com os cenários de uso antrópicos (cenário atual, milho e manga).

Termos de indexação: Erosão, deposição de sedimentos, LISEM.

INTRODUÇÃO

A perda de solos por processos erosivos tem sido a principal causa da perda da capacidade produtiva destes solos, e, além disso, como efeito indireto, o assoreamento e contaminação dos cursos de água, devido à produção e deposição de sedimentos. Sendo assim, de grande importância os estudos realizados com o intuito de prever estes efeitos e minimizar as suas consequências.

De acordo com Martins et al. (2003), a avaliação das perdas de solo é de fundamental importância na

adoção de práticas que visem minimizar a degradação do solo, uma vez que o uso e a ocupação deste, juntamente com as características topográficas e climáticas irão determinar o balanço sedimentar da bacia hidrográfica.

Além disso, de acordo com Moro (2011), a estimativa da produção de sedimentos, tanto na escala de pequenas como de grandes bacias, é uma informação de fundamental importância para auxiliar na gestão dos recursos naturais, especialmente para fins de qualidade dos cursos de água.

Os modelos de predição de perdas de solos e produção de sedimentos vêm sendo utilizados com o intuito de prever estes efeitos em uma bacia. De acordo com Merritt et al. (2003), existem inúmeros modelos para a estimativa de perdas de solos e produção de sedimentos, geralmente estes se distinguem em termos de complexibilidade, processos e parâmetros considerados, e dados requeridos para uso, calibração e validação do modelo, sendo que, o mais adequado dependerá da finalidade e das características da área de estudo.

Dentre os modelos que vem sendo utilizados está o LISEM (Limburg Soil Erosion Model). O LISEM é um modelo espacialmente distribuído, de base física, com a finalidade de simular a desagregação e a deposição de sedimentos durante um único evento independente de precipitação em uma bacia hidrográfica.

A sub-bacia Jardim Novo Horizonte apresenta grande importância, pois está localizada nas proximidades da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, Estado de São Paulo. Esta região apresenta problemas ambientais, como erosão do solo e assoreamento dos rios, além da escassez de vegetação nativa. Todos estes problemas foram ocasionados pela falta de planejamento ambiental e pelo manejo inadequado dos recursos naturais.

Nesse sentido, observa-se, a importância de estudos realizados nestas áreas, visando quantificar as perdas de solos e a produção de sedimentos. Este trabalho teve por objetivo estudar a influência de diferentes cenários de uso e ocupação do solo sobre a perda de solos e a produção de sedimentos na sub-bacia Jardim Novo Horizonte.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na sub-bacia Jardim Novo Horizonte, que está localizada no município de Ilha Solteira, noroeste do Estado de São Paulo, possui 2.200 ha de área. As coordenadas geográficas são 20° 25' de latitude Sul e 51° 15' de longitude Oeste de Greenwich e altitude média de 320 metros.

A classificação climática da região, de acordo com Köppen, é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. As médias anuais são: temperatura de 23°C, precipitação pluvial de 1.370 mm e a umidade relativa do ar entre 70 e 80%. A vegetação original da região é de Cerrado. Os solos mais representativos da sub-bacia são: Latossolo Vermelho distrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, representando 70 e 30% da área total, respectivamente (Queiroz, 2008), ambos de textura média.

Com relação às classes de uso e de ocupação dos solos, aproximadamente 50% do total da área estão ocupadas com pastagens, em pequenas porcentagens, com apenas 3,82% encontra-se com vegetação nativa, além disso, também em pequenas porcentagens se encontram as culturas anuais (milho) e as culturas perenes (manga), que juntas perfazem 10,8%, uma pequena área com vegetação natural degradada, com 1,41%, e a área urbana, que representa 10,6%.

Foram realizados amostragens de solos para análise de algumas variáveis de entrada necessários ao modelo. Estas amostragens foram realizadas em dez locais ao longo da sub-bacia, sendo seis localizados no Latossolo Vermelho distrófico e quatro no Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico. Os usos e ocupações amostrados no Latossolo foram: um local com cultura da manga, quatro locais com pastagem e a cultura anual com solo preparado para a implantação da cultura do milho. No Argissolo os usos e ocupações foram: dois locais com pastagem, a cultura anual com solo preparado para a implantação da cultura do milho e a vegetação arbórea degradada com pequenos fragmentos remanescentes de áreas com vegetação nativa que se encontra em uma área de transição entre o Argissolo e o Latossolo. Para cada uso e ocupação do solo, foram realizadas coletas, nas profundidades de 0,0 a 0,10 e de 0,10 a 0,20 m, e foram realizadas no campo, a avaliação da condutividade hidráulica saturada.

Para realizar as simulações foi utilizado o modelo LISEM, que simula para um evento de precipitação a hidrologia, a perda de solos e o transporte de

sedimentos. Os mapas de entrada básicos utilizados foram: Modelo Numérico do Terreno (MNT), Mapa de Uso do Solo, Mapa de Solo e Mapa de Drenagem, e por meio destes, foram feitos os demais mapas necessários como dados de entrada do Modelo LISEM.

Os cenários simulados foram projetados considerando os usos da sub-bacia em estudo, sendo eles: uso atual do solo, e 4 cenários teóricos homogêneos para os usos amostrados, pastagem, manga, cultura anual e vegetação natural degradada. Além disso, simulou-se um cenário com vegetação natural, com parâmetros de entrada obtidos na literatura. Optou-se considerar a sub-bacia com 100% vegetada com cada um dos cenários propostos, e estes foram comparados ao cenário atual, possibilitando verificar os efeitos de diferentes atividades agrícolas, e também condições de vegetação natural, nas variáveis hidrológicas.

Os parâmetros de entrada analisados foram a condutividade hidráulica, o teor de água antecedente, o teor de água na saturação e o D_{50} (diâmetro mediano das partículas do solo). A tensão na frente de molhamento foi calculado através da fórmula proposta por Rawls et al., 1983, que leva em consideração a porosidade total, e os teores de areia e argila.

Os outros parâmetros necessários como dados de entrada, que não foram avaliados, como o índice de área foliar (IAF), altura da vegetação, coeficiente de Manning e a rugosidade superficial foram obtidos na literatura.

Os dados climáticos também foram obtidos na literatura, utilizando os resultados encontrados por Martinez Júnior & Magni (1999), que propôs uma relação intensidade, duração e frequência para as precipitações no Estado de São Paulo. Com estes resultados foi simulada uma intensidade de precipitação sintética, o qual foi utilizada para as simulações no LISEM. Esta precipitação sintética apresenta uma duração total de 6 horas, com intervalos de 10 minutos, para dois períodos de retorno, de 2 e de 25 anos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **tabela 1** estão os resultados obtidos para os cenários simulados, para uma intensidade de precipitação máxima (I_{max}) de 100,5 mm h⁻¹ para um período de retorno de 2 anos, e de 155,9 mm h⁻¹ para 25 anos.

A interceptação foi maior para a vegetação natural e pastagem devido ao maior índice de área foliar e maior fração de solo coberto pela vegetação destes usos (**tabela 2**); e menor para o milho e para a cultura da manga, sendo estes valores menores

que o uso atual do solo. De acordo com Gomes et al. (2008), a remoção de mata natural promove uma redução na interceptação em mais de 2%, o que contribui para o aumento do escoamento superficial, potencializando os impactos ambientais.

A infiltração foi maior para a vegetação natural e para o milho, no caso deste cenário, isto ocorreu devido ao preparo do solo, pois com o revolvimento do solo há aumento temporário da condutividade hidráulica e da infiltração. O menor valor de infiltração foi observado para o solo cultivado com manga, devido à degradação do solo desta área, solos degradados apresentam menor porosidade e consequentemente menores valores de condutividade hidráulica e infiltração de água.

Quanto ao escoamento superficial, os maiores valores foram observados para o solo cultivado com manga e para a vegetação degradada, devido aos menores valores de infiltração, e, além disso, para a área cultivada com manga um dos menores valores de interceptação. Os menores valores de escoamento superficial foi observada para a vegetação natural e para o cenário atual.

A desagregação pela gota de chuva foi menor para a pastagem, devido a maior cobertura do solo, proporcionando maior proteção à sua superfície, seguido do cenário atual, e isso ocorreu, pois 50% da sub-bacia é vegetada com pastagem. O maior valor foi observado para o milho, devido a menor cobertura do solo, pois este havia sido preparado e, todavia, a cultura ainda não tinha sido implantada.

A desagregação pelo fluxo foi menor para a vegetação natural, e maior para o milho, devido ao preparo do solo e ausência de cobertura, como mencionado anteriormente, seguido do cenário atual. Além disso, ao baixo valor do coeficiente de Manning para o cenário atual e principalmente para o milho (**tabela 2**), pois há uma relação inversamente proporcional entre o coeficiente de Manning e a velocidade do fluxo.

A deposição do solo seguiu a mesma tendência, com maior valor para o milho e cenário atual, e menor para a vegetação natural. E isso reflete aos maiores valores de desagregação pelo fluxo para os cenários do milho e o uso atual.

Com relação às perdas de solo total e a perda de solo média, observa-se maiores valores para o milho, pastagem, cenário atual e manga, respectivamente, sendo os menores valores para a vegetação natural e a vegetação degradada, e isso reflete o manejo inadequado dos solos das áreas pelo uso antrópico.

Observa-se uma mesma tendência dos resultados para os dois períodos de retorno, sendo os maiores valores observados para o período de

retorno de 25 anos, devido a maior intensidade das precipitações.

De acordo com Gomes et al. (2008), a simulação hidrológica é uma ferramenta imprescindível para a preservação e manutenção dos recursos naturais, solo e água, pois permite uma aproximação do comportamento hidrológico de bacias hidrográficas a situações extremas em diferentes usos. Neste trabalho, pode-se observar que, considerando a sub-bacia 100% vegetada com cultura anual, haveria maiores perdas de solos e produção de sedimentos para os dois eventos de precipitação.

CONCLUSÕES

O cenário com cultura anual apresentou os maiores valores de desagregação pela gota de chuva e pelo fluxo, maiores perdas de solo e deposição de sedimentos para os dois eventos de precipitação. Os cenários com vegetação natural e a vegetação natural degradada apresentaram menores perdas de solo e deposição de sedimentos quando comparados com os cenários de uso antrópicos (cenário atual, milho e manga).

REFERÊNCIAS

GOMES, N.M. et al. Aplicabilidade do LISEM (Limburg Soil Erosion) para simulação hidrológica em uma bacia hidrográfica tropical. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:2483-2492, 2008.

MARTINEZ JÚNIOR, F. & MAGNI, N. L. G. Equações de chuvas intensas do Estado de São Paulo. São Paulo: DAEE, 1999. 141p.

MARTINS, S.G. et al. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:395-403, 2003.

MERRITT, W. S. et al. A review of erosion and sediment transport models. *Environmental Modelling & Software*, 18:761-799, 2003.

MORO, M. Avaliação do modelo LISEM na simulação dos processos hidrossedimentológicos de uma pequena bacia rural localizada nas encostas basálticas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRS, 2011. 133p. Tese de Doutorado.

QUEIROZ, H. A. Caracterização fisiográfica e de alguns atributos físicos e químicos dos solos da microbacia Jardim Novo Horizonte, em Ilha Solteira, SP. Ilha Solteira: UNESP/FE/IS, 2008. 61 p. Dissertação de Mestrado.

RAWLS, W.J. et al. Agricultural management effects on soil water process Part I: Soil water retention and green and ampt infiltration parameters. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 26:1747-1752, 1983.

Tabela 1. Resultados da simulação para os diferentes cenários avaliados na sub-bacia Jardim Novo Horizonte, Ilha Solteira, SP.

	Cenário atual	Pastagem	Milho	Vegetação degradada	Vegetação natural	Manga
2 anos						
Precipitação total (mm)	157,86	157,86	157,86	157,86	157,86	157,86
Interceptação total (mm)	2,08	2,34	0,78	2,28	3,28	1,32
Infiltração total (mm)	39,61	38,14	39,90	29,35	48,93	23,91
Escoamento superficial (mm)	116,08	117,26	117,20	125,86	105,44	132,28
Desagregação pela gota de chuva (t)	1.455,84	248,10	2.902,15	2.074,35	2.038,73	2.628,35
Desagregação pelo fluxo (t)	395.243,97	236.177,60	1.276.854,27	138.753,39	94.176,86	180.318,53
Deposição (t)	395.554,08	198.031,23	1.164.568,58	115.684,88	78.867,51	148.707,70
Perda de solo total (t)	37.146,64	38.398,49	115.168,08	25.143,84	17.347,88	34.241,42
Perda de solo média (kg ha ⁻¹)	58.665,87	60.642,92	181.885,50	39.709,78	27.397,60	54.077,63
25 anos						
Precipitação total (mm)	254,22	254,22	254,22	254,22	254,22	254,22
Interceptação total (mm)	2,08	2,34	0,78	2,28	3,28	1,32
Infiltração total (mm)	41,08	39,58	41,16	30,39	51,01	24,74
Escoamento superficial (mm)	210,90	212,13	212,26	221,12	199,65	227,75
Desagregação pela gota de chuva (t)	2.395,50	406,75	4.829,05	3.397,75	3.367,81	4.272,66
Desagregação pelo fluxo (t)	728.574,34	374.015,52	2.099.801,09	220.249,25	160.149,82	278.595,52
Deposição (t)	657.409,15	298.594,98	1.861.625,73	175.884,14	128.339,78	219.177,01
Perda de solo total (t)	73.560,34	75.838,04	242.964,93	47.765,25	35.179,79	63.698,57
Perda de solo média (kg ha ⁻¹)	116.174,19	119.771,38	383.715,67	75.435,89	55.559,61	100.599,46

Tabela 2. Características referentes ao solo e ao tipo de vegetação para os diferentes cenários avaliados na sub-bacia Jardim Novo Horizonte, Ilha Solteira, SP.

Características	Pastagem	Milho	Vegetação degradada	Vegetação natural	Manga
Solo					
Rugosidade do solo*	0,70	1,47	1,36	1,36	0,73
Coefficiente de Manning*	0,23	0,07	0,30	0,30	0,30
Condutividade hidráulica (mm h ⁻¹)**	1,76	2,78	0,80	2,10	0,80
D ₅₀ (µm)**	161,53	186,17	169,63	169,63	145,57
Teor de água na saturação (cm ³ cm ⁻³)**	0,392	0,398	0,430	0,430	0,340
Teor de água inicial (cm ³ cm ⁻³)**	0,154	0,163	0,145	0,145	0,155
Coesão do solo (kPa)*	3,55	3,00	12,40	12,40	3,73
Tensão da frente de molhamento (cm)**	10,59	6,24	12,50	12,50	11,50
Vegetação					
Índice de área foliar (IAF)*	2,93	2,69	2,80	5,00	2,38
Fração do solo coberto por vegetação*	1,00	0,35	1,00	1,00	0,63
Altura da vegetação (m)*	0,20	1,82	6,0	6,0	3,55
Coesão das raízes (kPa)*	3,32	0,22	1,45	10,00	2,80

* Dados obtidos na literatura, ** Dados avaliados.