

## IX-007 - EXPERIMENTOS DE CAMPO PARA COMPREENSÃO E QUANTIFICAÇÃO DO TRANSPORTE DE SEDIMENTOS GERADOS EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA DO NORTE DO PARANÁ

**Rosane Freire<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental. Mestre e Doutora em Engenharia Química. Professor Assistente Doutor da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

**Marco Henrique Melleti de Abreu**

Geógrafo. Mestrando do Programa de Pós Graduação em Geografia Física na Universidade de São Paulo.

**Welliton Leandro de Oliveira Boina**

Engenheiro Ambiental. Mestre e Doutorando em Engenharia Urbana na Universidade Federal de São Carlos.

**Edvard Elias de Souza Filho**

Geólogo. Mestre e Doutor em Geociências. Professor Associado da Universidade Estadual de Maringá.

**Célia Regina Granhen Tavares**

Engenheira Química. Mestre e Doutora em Engenharia Química. Professora Titular da Universidade Estadual de Maringá.

**Roselene Maria Schneider**

Engenheira Química. Mestre e Doutora em Engenharia Química. Professora Adjunta da Universidade Federal do Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Roberto Simonsen, 305 – Vila Santa Helena - Presidente Prudente- SP - CEP: 19060-900 – Brasil – Tel: +55 (18) 3229-5759 – email: rosane@fct.unesp.br

### RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar indiretamente o processo erosivo na bacia hidrográfica do Ribeirão Maringá por meio da tolerância de perda de solo e do potencial de arraste de sedimentos. Foram construídas quatro parcelas de 2 m por 12,5 m, dispostas em posição paralela à inclinação da vertente, que apresentava declividade constante de 9%. Em nenhuma delas foi adotada qualquer prática conservacionista. À jusante da parcela foi instalado um coletor de água de escoamento superficial, chamado de sedimentador (S), com capacidade de 1000L. O monitoramento da perda de solo nas parcelas foi realizado por meio da manutenção de uma parcela com solo exposto, outra com vegetação (*Brachiaria decumbens*) e as outras com ciclos de cultivo. O sistema de irrigação proporcionou uma chuva simulada com intensidade média de 50 mm h<sup>-1</sup>. A quantificação da tolerância de perda de solo por erosão foi realizada utilizando o método dos pinos. Determinou-se o potencial de arraste de sedimento (PAS) por meio da razão entre a perda de solo e o deflúvio. Ao todo houve uma movimentação do solo, no sentido de arraste, com redução de 60 cm do nível do solo em relação as condições originais, indicando uma perda na ordem de 1916,19 Mg.ha<sup>-1</sup>. Considerando o efeito de todo o deflúvio ocorrido e todo o solo carregado para os sedimentadores, a parcela 1 apresentou o maior potencial de arraste (PAS) de 6,26 kg.ha<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>. Em seguida, os cultivos temporários (soja e trigo) apresentaram PAS de 1,25 kg.ha<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>, a parcela com cultivo perene de milho apresentou um PAS de 1,15 kg.ha<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup> enquanto que a parcela com pastagem (*Brachiaria*) apresentou o menor potencial de arraste, com 0,35 kg.ha<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>. Com a finalidade de evitar a instalação de processos erosivos, a manutenção do solo com pastagem ou mesmo vegetação nativa se mostrou mais adequada para a bacia no ribeirão Maringá. Esta prática deveria ser seguida pelos agricultores da bacia, principalmente em períodos de entressafra.

**PALAVRAS-CHAVE:** Erosão, meio ambiente, assoreamento, tolerância de perda de solo.

### INTRODUÇÃO

Em termos gerais, a água é vista sob três aspectos distintos: um deles diz respeito ao seu controle contra inundações (CEMBRANO et al., 2004; STEVAUX et al., 2009), outro se relaciona à água como um recurso hídrico e, portanto, com seus diferentes usos (CHIEW, 2003; WURBS, 2005; SHARMA & SHAKYA, 2006; UCHEGBU, 2009; GARCÍA-GARIZÁBAL & CAUSAPÉ, 2010) e um terceiro, e mais atual, refere-se à água em termos de sua qualidade (MCDOWELL & SRINIVASAN, 2009; TEN VELDHUIS et al., 2010; DU et al., 2010).

Abordando o primeiro aspecto, tem-se que, muitas vezes, o que se observa em obras urbanas de controle de inundação de grandes centros urbanos é que essas simplesmente aceleram o escoamento da água de um ponto para outro da bacia, sem considerar as características geomorfológicas da região.

Nas áreas utilizadas para práticas agrícolas, modificações na superfície do solo são realizadas para que se possam introduzir as diferentes culturas. Em geral, a modificação da cobertura do solo modifica a rugosidade deste, fazendo com que haja um aumento ou redução do escoamento superficial em eventos pluviométricos. Quando a rugosidade é aumentada, pela presença de plantas ou pelo terraceamento, menores cargas de constituintes superficiais do solo podem potencialmente alcançar os rios (SUTTON & FICHER, 2009).

Considerando regiões com baixas rugosidades (solo exposto), altas velocidades da água são esperadas em eventos de chuva. Dessa forma, todo e qualquer corpo que estiver no caminho da água poderá ser levado das vertentes ao rio.

Considerando a quantificação do material carreado em áreas agrícolas, a previsão de perda de solo por modelos empíricos, como a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), ainda é atraente porque a abordagem empírica pode produzir dados razoavelmente confiáveis, pelo menos em certas condições, com um esforço praticamente sustentável em termos de recolha de dados de entrada (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2010). Contudo, avaliações experimentais da medida de erosão, conforme as normas estabelecidas pela EUPS, além de demandarem excessivos gastos, exigem muito tempo para suas determinações, uma vez que trabalham com o processo direto da causa e efeito (MANNINGEL et al., 2002). Como alternativa, o uso dos métodos indiretos de predição é incentivado.

A tolerância de perda de solo (TP) pode ser considerada como um procedimento de medida indireta da quantidade de solo perdida por erosão. É expressa em massa de solo perdido por unidade de área da superfície (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2010). O uso dos pinos de erosão possibilita avaliar diretamente a mudança de nível da superfície do solo relacionada ao escoamento superficial provocado pelos eventos pluviométricos. Trata-se de um método simples e eficiente para estimar a erosão do solo, sendo amplamente empregado em trabalhos técnicos (BORGES, 2009; SCHNEIDER et al., 2009).

Outra forma de avaliar o processo erosivo considerando o efeito da precipitação é por meio da estimativa do potencial de arraste de sedimentos (PAS). O PAS corresponde à perda de solo em massa por área superficial e altura de enxurrada (mm) (MARTINS et al., 2013), indicando a intensidade do processo erosivo na área em estudo (SILVA et al., 2004). Os resultados gerados informam o grau de suscetibilidade do solo para ser carreado ao longo da vertente (gerar sedimentos).

Com o exposto, esse trabalho tem por finalidade apresentar um estudo de acompanhamento do processo de geração de sedimentos na vertente da bacia hidrográfica do Ribeirão Maringá, Maringá-PR.

Trabalhos recentes mostraram que a bacia hidrográfica sofre pressões das atividades humanas tanto do meio urbano, como do meio rural. Em especial, na área rural pode ser observado o uso do solo destinado à produção agrícola intensiva, proporcionando maior degradação, por exemplo, de seus atributos físicos (compactação, redução da infiltração, destruição da estrutura natural) e o aporte de materiais sólidos e outras substâncias, como as formas nitrogenadas e fosforadas e agroquímicos para o curso d'água, comprometendo a qualidade do sistema fluvial (SCHNEIDER, et al. 2011). Quantificar esses sedimentos, direta ou indiretamente, passa a ser, então, fundamental para o gerenciamento da qualidade ambiental da bacia hidrográfica em estudo.

## OBJETIVO

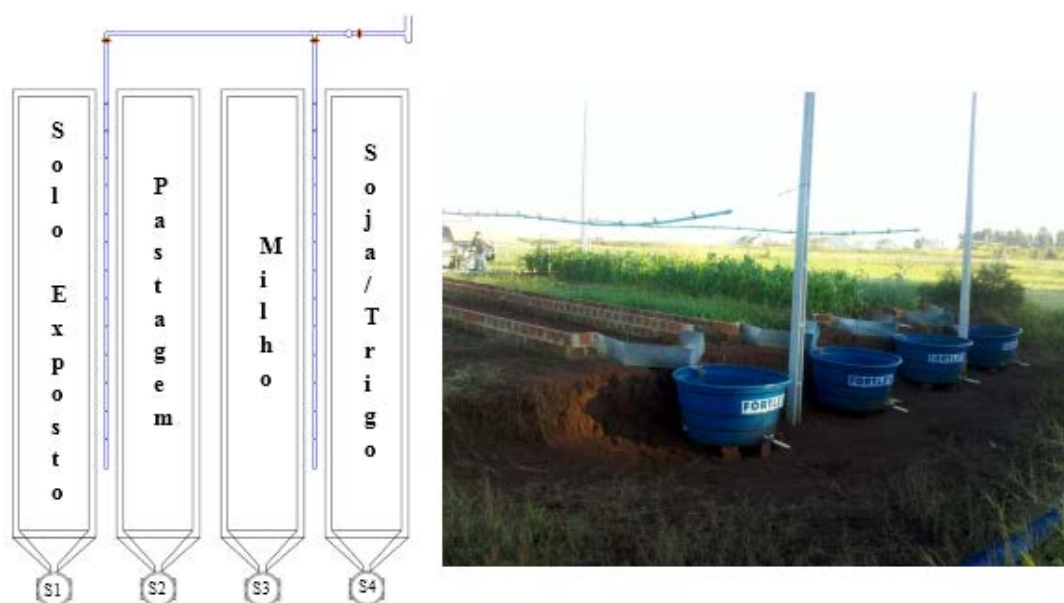
O objetivo desse trabalho foi avaliar indiretamente o processo erosivo na bacia hidrográfica do Ribeirão Maringá por meio da tolerância de perda de solo e do potencial de arraste de sedimentos.

## METODOLOGIA

Para representar satisfatoriamente a região da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá quanto ao potencial erosivo, foram construídas parcelas experimentais de erosão, como preconizado na metodologia descrita por Wischmeier e Smith (1978). Foram quatro parcelas de 2 m por 12,5 m, dispostas em posição paralela à

inclinação da vertente, que apresentava declividade constante de 9%, instaladas no Centro de Tecnologia de Irrigação (CTI/UEM). Em nenhuma delas foi adotada qualquer prática conservacionista.

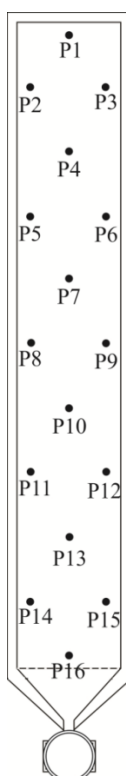
À jusante da parcela foi instalado um coletor de água de escoamento superficial, chamado de sedimentador (S), com capacidade de 1000L. Tais sedimentadores permitiram avaliar o volume escoado e verificar a quantidade materiais carregados pela água da chuva natural ou pela água aspergida pelo sistema de irrigação (Figura 1).



**Figura 1: Posicionamento dos sedimentadores da área de estudo.**

O monitoramento da perda de solo nas parcelas foi realizado por meio da manutenção de uma parcela com solo exposto, outra com vegetação (*Brachiaria decumbens*) e ciclos de cultivo. Os ciclos foram compostos por culturas do período chuvoso (verão) com cultivo de milho e soja, e culturas típicas do período de estiagem (inverno) com o cultivo do milho safrinha e trigo (Figura 1). Em um primeiro momento, houve a necessidade de realizar um estudo preliminar para avaliar a necessidade de futuras adaptações em campo. Neste ciclo preliminar, houve apenas o cultivo de milho e, por isso, foi denominado “ciclo piloto”.

A quantificação da tolerância de perda de solo por erosão foi realizada por meio da determinação de mudanças no nível da superfície do solo, utilizando o método dos pinos, de acordo com a metodologia citada por Guerra (2005). Foram utilizados dezesseis pinos de metal, de 40 cm de comprimento, cravados no solo da Parcela 1, até 10 cm de profundidade, no sentido da declividade. A distribuição superficial dos pinos foi realizada como apresentado na Figura 2.



**Figura 2: Distribuição dos pinos da Parcela 1.**

O monitoramento da variação da altura dos pinos foi realizado de modo sistemático após os eventos de precipitação e as leituras eram feitas diretamente nos pinos, com aproximação de 1 mm. A perda superficial de solo ou a tolerância à erosão era calculada pela Equação 1 (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2010):

$$T_p = 10^4 \cdot H \cdot D_s \quad \text{equação 1}$$

em que:

$T_p$  = Tolerância de perda ou perda de solo superficial ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ );  
 $H$  = alteração do nível da superfície do solo medida nos pinos (m);  
 $D_s$  = densidade do solo ( $1,41 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ).

Determinou-se o potencial de arraste de sedimento (PAS) por meio da Equação 2:

$$\text{PAS} = \frac{\text{Fator A}}{D} \quad \text{equação 2}$$

em que:

PAS = potencial de arraste de sedimento ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$ );  
 Fator A = perda de solo ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ );  
 D = deflúvio ou volume coletado no sedimentador (mm).

A perda de solo (Fator A), transportados pelo escoamento superficial, por área da parcela (método direto) foi estimada utilizando a Equação 3.

$$\text{Fator A} = \frac{C \times V}{A} \quad \text{equação 3}$$

em que:

Fator A = perda ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ );  
 $i$  = sólidos totais, metais, nutrientes, etc.  
 $C$  = concentração de sedimentos ( $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ );  
 $V$  = volume contido no tanque de sedimentação (L);

A = área da parcela (ha).

A concentração de sedimentos foi obtida seguindo a metodologia para a determinação de sólidos totais em águas (APHA, 1998). A perda de sólidos totais por área monitorada em relação ao volume escoado ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) foi considerada numericamente equivalente ao Fator A da EUPS.

O cálculo para a quantificação da solução água-solo transportado para o sedimentador (S) foi realizado medindo-se a altura da lâmina d'água, com auxílio de uma trena. Posteriormente, essa medida foi aplicada na equação de volume, considerando as dimensões oferecidas pelo fabricante e ainda, que o sedimentador possui forma próxima a um cilindro.

Os dados de precipitação pluviométrica que ocorreram durante a realização dos experimentos eram fornecidos pela Estação Climatológica da Universidade Estadual de Maringá (ECUEM), localizada a 1,8 km da área experimental, representando, portanto, satisfatoriamente as condições do local de estudo.

O sistema de irrigação foi proposto para obter maior controle de intensidade pluviométrica nos ensaios de campo. O sistema era composto por duas linhas principais de 12 metros, com 13 aspersores cada. O sistema proporcionou uma chuva simulada com intensidade média de  $50 \text{ mm h}^{-1}$ , cujo coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) foi de 100%, a 2,5 bar.

O monitoramento compreendeu o período de março de 2011 a agosto de 2012.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tolerância de perda por área superficial expressa a movimentação do solo dentro da parcela indicando a suscetibilidade do solo ao arraste superficial. Na Tabela 1 estão apresentados os resultados gerais obtidos na Parcela 1. O sinal negativo indica a perda e o positivo o acúmulo de solo dentro da parcela. O acúmulo de solo refere-se à porção de solo que se manteve dentro da área da parcela mesmo com o deslocamento da sua posição original, ou seja, a energia do fluxo de escoamento não foi suficiente para o transporte desses materiais aos sedimentadores.

**Tabela 1: Tolerância de perda de solo (TP).**

Ciclo	Período	Tolerância de Perda de Solo (Mg ha <sup>-1</sup> )	
		H1 (m)	S1
1º	Piloto (Estiagem) 29/09/2011*	-0,01	-15,28
		-0,06	-77,55
TP (kg ha <sup>-1</sup> )		-0,07	-92,78
2º	Chuvoso 16/03/2012*	-0,19	-267,90
		-0,09	-1198,50
TP (kg ha <sup>-1</sup> )		-0,28	-1466,40
3º	Estiagem	-0,18	-249,57
	14/06/2012*	-0,10	-135,36
	23/08/2012*	0,01	12,69
TP (kg ha <sup>-1</sup> )		-0,26	-372,24
TP (kg ha <sup>-1</sup> )		-0,60	-1916,19

Nota: \* - simulação de chuva.

Ao todo houve uma movimentação do solo da Parcela 1, no sentido de arraste, com redução de 60 cm do nível do solo em relação as condições originais, indicando uma perda na ordem de  $1916,19 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Em termos anuais, considerando nesse caso os ciclos de cultivo do período chuvoso e de estiagem, o solo em estudo apresentou variação de nível em 54 cm e uma tolerância de perda de  $640, 225 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . A Figura 3 mostra a formação de canais de escoamento-depósito (perda-acúmulo) identificado no sistema de pinos instalados.





**Figura 3: Imagem dos canais preferenciais de escoamento formados.**

Este valor elevado de TP sugere suscetibilidade desse sistema à erosão, contudo, a partir dos valores apresentados na Tabela 1 não é possível afirmar que todo esse material tenha sido verdadeiramente transportado aos sedimentadores. Assim, estudos que levam em consideração apenas este tipo de metodologia na previsão de erosão não são suficientes para a quantificação e compreensão do processo de perda de solo.

Desse modo, o conhecimento sobre a movimentação do solo dentro da parcela (acúmulo e perda) se faz importante na avaliação dos resultados encontrados, mas mostra apenas a atuação do processo na vertente. A quantificação do material total efetivamente transportado aos sedimentadores, ou seja, a perda de solo (Fator A) nos ciclos experimentais encontra-se apresentada na Tabela 2.

**Tabela 2: Perda de solo (Fator A).**

Tabela 2. Perda de solo (Fator A).					
Ciclo	Período	Fator A (kg ha <sup>-1</sup> )			
		S1	S2	S3	S4
1º	Piloto (Estiagem) 29/09/2011*	25,5	23,8	26,6	35,0
		46,4	4,95	5,35	2,89
A Período (kg ha <sup>-1</sup> )		72,0	28,8	31,9	37,9
2º	Chuvoso 16/03/2012*	177,4	15,4	45,5	22,5
		4,3	2,0	1,6	2,8
A Período (kg ha <sup>-1</sup> )		181,6	17,4	47,1	25,3
3º	Estiagem	2054,1	20,5	58,9	31,4
	14/06/2012*	311,7	2,3	35,2	2,6
	23/08/2012*	56,1	3,9	5,0	9,6
A Período (kg ha <sup>-1</sup> )		2421,9	26,8	99,1	43,6
Fator A Total (kg ha <sup>-1</sup> )		2675,4	72,9	178,1	106,8

Nota: \* - simulação de chuva.

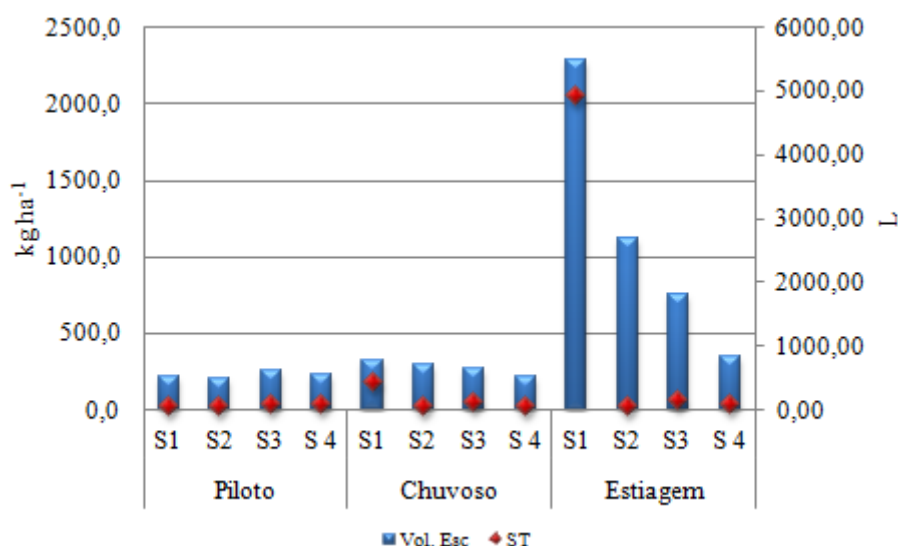
Em uma primeira análise, observou-se o efeito da vegetação na retenção de material carreado em todos os ciclos experimentais. No ciclo piloto foram obtidas perdas de 72 kg.ha<sup>-1</sup> para a parcela com solo exposto enquanto que as demais, os valores de perda variaram de 28,8 a 37,9 kg.ha<sup>-1</sup>. Estes resultados refletem de modo satisfatório o tipo de manejo aplicado neste período do experimento.

Considerando a ordem de grandeza em termos de perda por área superficial, no ciclo chuvoso foram computados 181,6 kg.ha<sup>-1</sup> de solo transportado pela parcela em que não houve qualquer tipo de cultivo, seguido pela parcela em que houve cultivo perene de milho, com 47,1 kg.ha<sup>-1</sup>, e depois o cultivo da soja, apresentando 25,3 kg.ha<sup>-1</sup>, e a área com pastagem, apresentando os menores valores de perda, com 17,4 kg.ha<sup>-1</sup>.

Os resultados obtidos neste ciclo contrariam aqueles apresentados por Sala e Gasparetto (2010) que indicaram que as áreas da bacia com o cultivo de soja eram mais suscetíveis à ação do processo de erosão. Contudo, os efeitos das precipitações ocorridas neste período sobre os resultados aqui apresentados devem ser considerados. Uma avaliação melhor sobre este assunto é abordado adiante, na apresentação dos resultados encontrados para o potencial de arraste de sedimentos (PAS).

No período de estiagem, foram computados 2421,9 kg.ha<sup>-1</sup> de solo transportado pela parcela em que não houve qualquer tipo de cultivo, seguido pela parcela em que houve cultivo perene de milho, com 99,1 kg.ha<sup>-1</sup>, e depois o cultivo do trigo, apresentando 43,6 kg.ha<sup>-1</sup>, e a área com pastagem, apresentando novamente os menores valores de perda, com 26,8 kg.ha<sup>-1</sup>.

Interessante observar que, quantitativamente, foram obtidos valores mais significativos de perdas no ciclo de estiagem. Como já discutido, neste período experimental ocorreram eventos atípicos de precipitação e que refletiram de forma direta no transporte de solo. Na Figura 4 é possível observar a relação entre o volume escoado e a quantidade de sólidos totais (ST) presentes na solução água-solo dos sedimentadores.



**Figura 4: Relação entre o volume escoado (Vol. Esc.) e sólidos totais (ST) presentes na solução água-solo.**

Em termos gerais e considerando o período anual (chuvoso e estiagem), foram computadas perdas na ordem de 2,60 Mg.ha<sup>-1</sup> na parcela com solo exposto; 0,13 Mg.ha<sup>-1</sup> na área com cultivo perene do milho; 0,08 Mg.ha<sup>-1</sup> na parcela com cultura temporária e 0,04 Mg.ha<sup>-1</sup> na parcela com pastagem.

No que se refere à carga transferida das vertentes da bacia ao curso d'água principal, estimou-se que anualmente foram exportados 17.728,2 Mg de solo provenientes das áreas agrícolas.

No trabalho de Cogo et al. (2003) foram observadas perdas anuais de 80 Mg.ha<sup>-1</sup> em parcela erosiva construída em um solo muito argiloso em preparo convencional, sem cultivo e estabelecido no sentido do declive. Perdas na ordem de 13,0 Mg.ha<sup>-1</sup> foram encontradas pelos autores na parcela em preparo convencional com o cultivo da soja.

Os resultados apresentados pelos referidos autores mostraram valores muito superiores aos obtidos no presente trabalho e novamente evidencia a importância de uma análise detalhada sobre o efeito do potencial de arraste de sedimento que o solo em estudo apresenta em função dos eventos de precipitação, bem como sua resistência à erosão, representada na estimativa da erodibilidade.

Os resultados obtidos para o potencial de arraste do sedimento (PAS) por milímetro de água escoado podem ser observados na Tabela 3. Resultados estes que serão utilizados na análise da ação da chuva sobre o efeito de transporte de solo.

**Tabela 3: Potencial de Arraste de Sedimentos (PAS).**

Ciclo	Período	Potencial de Arraste de Sedimentos ( $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ )			
		S1	S2	S3	S4
1º	Piloto (Estiagem) 29/09/2011*	1,21	1,21	1,06	1,61
		1,56	1,66	1,46	1,57
	PAS ( $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ )	1,41	1,27	1,11	1,61
2º	Chuvoso 16/03/2012*	1,68	0,20	0,93	0,94
		3,09	2,16	2,38	2,02
	PAS ( $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ )	1,69	0,23	0,95	1,00
3º	Estiagem	9,34	0,19	0,81	0,95
	14/06/2012*	7,57	1,26	18,21	1,34
	23/08/2012*	6,77	2,84	2,73	5,23
	PAS ( $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ )	8,99	0,24	1,30	1,19
<b>PAS Total (<math>\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}</math>)</b>		<b>6,26</b>	<b>0,35</b>	<b>1,15</b>	<b>1,25</b>

Nota: \* - simulação de chuva.

Considerando o efeito de todo o deflúvio ocorrido e todo o solo carregado para os sedimentadores, por ordem de grandeza, a parcela 1 apresentou o maior potencial de arraste (PAS) de  $6,26 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ . Em seguida, os cultivos temporários (soja e trigo) apresentaram PAS de  $1,25 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ , a parcela com cultivo perene de milho apresentou um PAS de  $1,15 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$  enquanto que a parcela com pastagem (*Brachiaria*) apresentou o menor potencial de arraste, com  $0,35 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ .

Em relação à área com presença da vegetação, a forma e o porte da planta explicam a diferença encontrada para os cultivos temporário, perene e pastagem visto que todas estavam submetidas ao mesmo tipo de solo e a mesma intensidade de chuva.

Carvalho et al. (2007) determinaram um PAS de  $7,2 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$  para a parcela com o cultivo de café e de  $225,1 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$  para a parcela com solo descoberto. No estudo de Silva (2006), o autor obteve um PAS de  $22,1 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$  para uma área sem cobertura vegetal e de  $9,2 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$  com cobertura por pastagem.

De fato, os resultados apresentados na Tabela 3 são inferiores aos trabalhos supracitados o que conduz a concluir que o solo em estudo apresenta maior resistência à erosão. Sobre este aspecto é necessário avaliar melhor os fatores atuantes no processo de perda de solo e, o equacionamento por meio da EUPS pode fornecer importantes considerações.

## CONCLUSÃO

Em relação à perda de solo, no ciclo anual verificou-se um elevado valor de tolerância de perda de solo em comparação com as perdas monitoradas com o método direto. O potencial de arraste de sedimento pela ação da água da chuva indicou maior vulnerabilidade à erosão na parcela com solo exposto e menor potencial erosivo na parcela com pastagem.

De modo geral, em relação ao tipo de manejo instalado nas parcelas e os valores de perdas obtidos, 75,6% dos materiais transportados foram oriundos da parcela com solo exposto, 9,7% foram do cultivo perene (milho), 9,6% foram da cultura temporária (soja/trigo) e 5,1% foram da área com pastagem.

Em termos de práticas conservacionistas com a finalidade de evitar a instalação de processos erosivos, a manutenção do solo com pastagem ou mesmo vegetação nativa se mostrou mais adequada para a bacia no ribeirão Maringá. Esta prática deveria ser seguida pelos agricultores da bacia, principalmente em períodos de entressafra.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, 1998, 1600 p.
2. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 4ª ed. São Paulo: Ícone, 2010. 355p.
3. BORGES, P. A evolução dos processos erosivos na bacia do Ribeirão Alam Grei – SP: uma contribuição ao planejamento ambiental. 2009. 121p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro.
4. CARVALHO, R., SILVA, M. L. N., AVANZI, J. C., CURI, N., SOUZA, F. S. Erosão hídrica em latossolo vermelho sob diversos sistemas de manejo do café no sul de Minas Gerais. Ciência e Agrotecnologia. Lavras, v. 31, n. 6, p. 1679-1687, 2007.
5. CEMBRANO, G.; QUEVEDO, J.; SALAMERO, M.; PUIG, V.; FIGUERAS, J.; MARTI, J. Optimal control of urban drainage systems. A case study, Control Engineering Practice, v. 12, n.1, p.1-9, 2004.
6. CHIEW, F. H. S.; ZHOU, S. L.; MCMAHON, T. A. Use of seasonal streamflow forecasts in water resources management, Journal of Hydrology, v.270, n.1-2, p.135-144, 2003.
7. COGO, N. P., LEVIEN, R., SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. Revista Brasileira de Ciências do Solo. v. 27, n.1, p. 743-753, 2003.
8. DU, N.; OTTENS, H.; SLIUZAS, R. Spatial impact of urban expansion on surface water bodies - A case study of Wuhan, China, Landscape and Urban Planning, v.94, n.3-4, p.175-185, 2010.
9. GARCÍA-GARIZÁBAL, I.; CAUSAPÉ, J. Influence of irrigation water management on the quantity and quality of irrigation return flows, Journal of Hydrology, v. 385, p. 36-43, 2010.
10. GUERRA, A. J. T. Experimentos e monitoramento em erosão dos solos. Revista do Departamento de Geografia. USP. São Paulo, v. 1 n. 16 p. 32-37, 2005.
11. MCDOWELL, R. W.; SRINIVASAN, M. S. Identifying critical source areas for water quality: 2. Validating the approach for phosphorus and sediment losses in grazed headwater catchments, Journal of Hydrology, v.379, n.1-2, p.68-80, 2009.
12. MANNIGEL, R., CARVALHO, M. P., MORETI, D., MEDEIROS, L. R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. Acta Scientiarum, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.
13. MARTINS J. A. Escoamento Superficial. In: PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. Hidrologia Básica. São Paulo: Edgard Blücher, 2013. 278p.
14. SALA, M. G.; GASPARETTO, N. V. L. Fragilidade ambiental dos solos em bacias hidrográficas de pequena ordem: o caso da bacia do ribeirão Maringá – PR. Boletim de Geografia, v. 28, n. 2, p. 113-126, 2010.
15. SCHNEIDER, R. M.; FREIRE, R., COSSICH, E. S.; SOARES, P. F.; FREITAS, F. H.; TAVARES, C. R. G. Estudo da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de dois córregos da bacia hidrográfica do rio Pirapó. Acta Scientiarum. Technology. UEM. Maringá, v. 33 , p. 295-303, 2011.
16. SCHNEIDER, R. M.; RIGON, B. T. C.; COSSICH, E. S.; TAVARES, C. R. G.; SOUZA FILHOS, E. E.; SOARES, P. F. Utilização de pinos na medida de erosão marginal dos córregos mandacaru e romeira para avaliação da ação antrópica da cidade de Maringá, PR – Brasil. In: IDE, C. N.; VAL, L. A. A.; RIBEIRO, M. L. Produção de sedimentos e seus impactos ambientais, sociais e econômicos. Campo Grande: Editora Oeste, 2009. p. 613 – 630 (2009).
17. SHARMA, R. H.; SHAKYA, N. M. Hydrological changes and its impact on water resources of Bagmati watershed, Nepal, Journal of Hydrology, v.327, n.3-4, p.315-322, 2006.
18. SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. Erosão e hidrosedimentologia em bacias hidrográficas. São Carlos: RiMa, 2004.
19. SILVA, P. M. O. Modelagem do escoamento superficial e da erosão hídrica na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marcela, Alto Rio Grande, MG. 2006, 166p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras, Lavras.
20. STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M.; HERMANN, M. L. P.; AQUINO, S. Floods in Urban Areas of Brazil. Developments in Earth Surface Processes, v.13, p.245-266, 2009.
21. SUTTON, A. J.; FISHER, T. R. Historical changes in water quality at German Branch in Choptank river basin. Water, Air and Soil Pollution, v. 199, n. 4, pp. 353-369, 2009.

22. TEN VELDHUIS J. A. E.; CLEMENS, F. H. L. R.; STERK, G.; BERENDS, B.R. Microbial risks associated with exposure to pathogens in contaminated urban flood water. Water Research, v.44, p. 2910-2918, 2010.
23. UCHEGBU, S. N. Effective planning and management as critical factors in urban water supply and management in Umuahia and Aba, Abia State, Nigeria, Physics and Chemistry of the Earth, v.34, n.1-2, 2009, p.23-27, 2009.
24. WISCHMEIER, WALTER. H. E SMITH, DAWNING. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: Agriculture Handbook, n. 537, U.S. Department of Agriculture. 1978.
25. WURBS, R. A. Modeling river/reservoir system management, water allocation, and supply reliability, Journal of Hydrology, v.300, n.1-4, p.100-113, 2005.