



**IMPACTO DE CHUVAS INTENSAS NA EROSÃO HÍDRICA EM SOLO COM
TRATAMENTO DE LODO DE ESGOTO**

JÚLIA DA S. **TOLEDO**¹; ISABELLA CLERICI **DE MARIA**²; SONIA CARMELA FALCI
DECHEN³
Nº 12132

RESUMO

Com o objetivo de estudar o impacto das chuvas intensas na erosão hídrica em solo, este trabalho propôs a determinação de parâmetros de intensidade e erosividade de chuvas ao longo de uma série de 11 anos de dados em Campinas-SP e a avaliação das relações entre as chuvas intensas, as perdas de água e de solo por erosão em solo com tratamentos de lodo de esgoto. As precipitações foram monitoradas por dois pluviógrafos. O escoamento superficial de água e as perdas de terra foram determinados em parcelas de 100 m² com solo uniforme e em declive de 10%, com três tratamentos: duas doses de lodo de esgoto e somente adubação química. O volume total de chuvas erosivas foi, em geral, menor do que o total de chuvas não erosivas. As chuvas erosivas no período de 12 anos representam cerca de 10% do número total de chuvas e um volume de 45% do total de precipitação. As perdas de água e de terra por erosão foram menores com o tratamento do lodo de esgoto. A aplicação do lodo de esgoto ao solo reduziu o impacto das chuvas erosivas na erosão do solo.

1 Bolsista CNPq; Graduação de Eng. Ambiental, Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUCCAMP), Campinas – SP, julia.s.toledo@hotmail.com.

2 Orientadora: Pesquisadora Científica, IAC, Campinas – SP.

3 Colaboradora: Pesquisadora Científica, IAC, Campinas – SP.

ABSTRACT:

In order to study the impact of intense rains on soil erosion, this project proposed to assess parameters of intensity and erosivity of rainfall over a time series of data in Campinas-SP, and to evaluate the relationship between intense rains and superficial runoff and soil losses in a soil with sewage sludge treatments. Rainfalls were monitored by two rain gauges. Runoff water and soil losses were collected in plots with 100 m² with uniform soil and slope of 10%, with three treatments: two doses of sewage sludge and chemical fertilizer only. As a result, it can be concluded that treatments with sewage sludge reduced loss of water and ground with respect to the treatment without sewage sludge thus concluding that reduces the erosive impact of rainfall on soil erosion.

INTRODUÇÃO

A erosão é um dos problemas mais prementes da humanidade: ela já arruinou milhões de hectares de terras antes cultiváveis e já reduziu muitos outros a uma situação definitivamente submarginal. O solo perdido pela erosão hídrica é geralmente mais fértil, contendo os nutrientes das plantas, húmus e algum fertilizante. ((BERTONI E LOMBARDI NETO, 1990)

Em muitas regiões ainda se pratica o uso irracional do solo, ao lado do uso indiscriminado do fogo, do pastoreio esgotante, da exploração desmedida das matas. Quando a cobertura vegetal é total ou parcialmente removida, o impacto da gota da chuva e o resultante desprendimento das partículas de solo são os principais fatores da erosão do solo por ação das chuvas. Assim, inicia a erosão, provocando grande dano ao solo, enchentes ocorrem com maior frequência e com maior intensidade. (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1990). Essas chuvas ocasionam à erosão acelerada, a sedimentação, a devastação dos campos, a destruição de rios, lagos, de casas e estradas, a perda de vidas ((BOSSCHE et. al. 2000).

No Brasil, a erosão hídrica é uma das principais causas da degradação do solo. Ela se processa por meio da desagregação que é ocasionada tanto pelo impacto direto das gotas de chuva como pelas águas e pelas águas que escorrem na superfície. Em ambos os casos é uma intensa forma de energia cinética (LEPSCH, 2002).

Grande parte de estudos sobre erosão foram conduzidos em parcelas de dimensões entre 100 e 2000m², sob chuva natural, medindo-se perdas de solo, de água e de elementos arrastados ou dissolvidos, tendo como base a equação universal de perdas de solo (USLE, WISCHMEIER & SMITH, 1978), que considera o efeito da chuva como a média do volume e da intensidade anual. Mas existem poucos estudos destacando o efeito das chuvas intensas.

Existem diferentes formas de prevenir a erosão na área agrícola, entre elas o plantio de gramíneas e outras espécies, que protegem o solo de forma eficaz pela cobertura que proporcionam. A erosão também pode ser prevenida com a recuperação das propriedades físicas e da fertilidade do solo, através de adubações química ou orgânica, segundo ZOCCAL et al. (2007).

O uso agrícola do lodo de esgoto tem-se mostrado uma alternativa promissora de reciclagem de esgoto doméstico e industrial, promovendo a melhoria das propriedades do solo devido ao elevado conteúdo de matéria orgânica e potencial como fertilizante, fornecendo nutrientes e elevando a produção (JORGE et al., 1990; BETTIOL & CAMARGO, 2000). Por ser rico em matéria orgânica e em macro e micronutrientes para as plantas recomenda-se sua aplicação como fertilizante ou condicionador da terra. Solos com agregados mais estáveis estão menos sujeitos à compactação e à erosão.

O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto de chuvas intensas nas perdas de terra e água por erosão determinadas em parcelas. Os objetivos específicos foram: determinar as intensidades máximas e os índices de erosividade ao longo de uma série histórica de eventos; determinar a variação temporal desses índices; relacionar os índices obtidos com as perdas de terra e água; avaliar o efeito condicionador de solo do lodo de esgoto na redução da erosão.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área de estudo

A área monitorada está localizada em Campinas-SP, no Centro Experimental Central/IAC/SAA, coordenadas geográficas 22°51'S e 47°04'W, a 650m de altitude. Segundo a Classificação Climática de Köpen o clima de Campinas-SP é do tipo Cwa,

definido como subtropical temperado de inverno seco onde a temperatura média do mês mais frio é superior a 18° e a do mês mais quente ultrapassa 22°.

Precipitação

A quantidade de água de chuva foi registrada por dois pluviógrafos de carta instalados próximos às parcelas de avaliação de erosão (Figura 1). O pluviógrafo possui um receptor afunilado e um registrador da chuva, que consta um cilindro oco e um equipamento de relojoaria que registra a chuva dentro de vinte e quatro horas. Dentro deste cilindro oco, existe um flutuador que movimenta a pena registrando a intensidade da chuva. E através de um sifão a água é esgotada quando atinge 10 mm para que a pena volte a margem inicial continuando o registro acumulado (Figura 2).



FIGURA 1. Pluviógrafo do IAC



FIGURA 2. Pluviógrafo do IAC

As cartas, ou pluviogramas, foram digitalizadas de Outubro de 2001 à Junho de 2012 e através do programa Vextractor, um software de vetorização de imagens, foram coletados vetores de milimitragem de chuva em função do tempo para obtenção de parâmetros de intensidades de chuva e de energia cinética para cálculo de erosividade e arquivos climáticos específicos para uso no modelo de erosão.

Perdas de terra e água

Estão instaladas parcelas com área útil de 100m² (4 x 25m), em declive uniforme de 10%, com soleira e paredes divisórias de alvenaria, providas de sistema coletor de sedimento e enxurrada, algumas vezes cultivadas com milho no verão (Figura 3). As

parcelas possuem diferentes tratamentos de solo, definidas em função da análise química do lodo, onde quatro parcelas não recebem nenhum tratamento, somente adubação química, chamadas de L0; quatro parcelas com tratamento de lodo de esgoto 10mg/ha dose recomendada pela CETESB, 1999, chamadas de L1 e outras quatro parcelas com dosagem em dobro, 20mg/ha, chamadas de L2 (Figura 4).



FIGURA 3. Parcelas de erosão hídrica do IAC

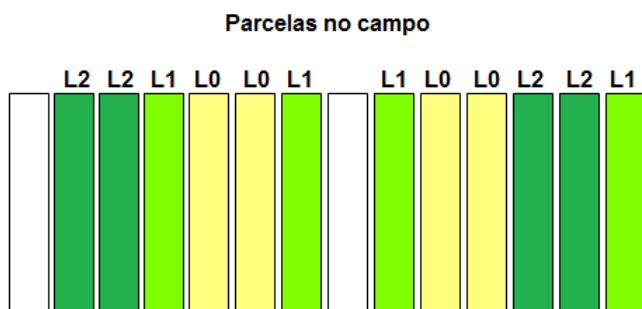


FIGURA 4. Identificação de cada tratamento nas parcelas de erosão hídrica do IAC

Os sistemas coletores armazenam em um tanque de concreto de 500L impermeabilizado a água e o sedimento que escoam das parcelas, para que suas quantidades sejam determinadas. A enxurrada é medida manualmente através de uma régua em milímetros. E a medida de sedimentos, se houver, é feita através de uma pá que possui cerca de 2L.

Segundo WISCHMEIER & SMITH (1958), o EI30 é o índice que representa o efeito da chuva nas perdas de terra. Para sua obtenção há necessidade de se obter dados de energia cinética e intensidade de chuva para um longo período de tempo. O EI30 é calculado por:

$$EI30 \left(\text{MJ} \cdot \frac{\text{mm}}{\text{ha} \cdot \text{h}} \right) = EC * I30.$$

Sendo:

$$EC = (0,199 + 0,0873 * \text{LOGI}) P * I < 76 \text{mm/h} \text{ ou } EC = (0,283) P * I > 76 \text{mm/h}$$

Ec = energia cinética por mm de chuva, em $\text{MJ ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$; P = precipitação, em mm;

I = intensidade de chuva, em mm h^{-1} .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os totais anuais de precipitação, de 2001 a 2012, são apresentados na figura 5. Vale destacar que os dados estão colocados do mês de Julho de um ano ao mês de Junho do ano seguinte, pelo fato das intensidades das chuvas serem maiores de Novembro a Março, exceto no primeiro ano em foram consideradas as chuvas a partir de Outubro. O volume total de chuvas erosivas foi, em geral, menor do que o total de chuvas não erosivas. Seis anos apresentaram valores totais anuais maiores do que 1.500mm, sendo os anos mais chuvosos 2004/2005, 2009/2010 e 2011/2012. Os anos mais chuvosos apresentam maior proporção de chuvas intensas ou erosivas.

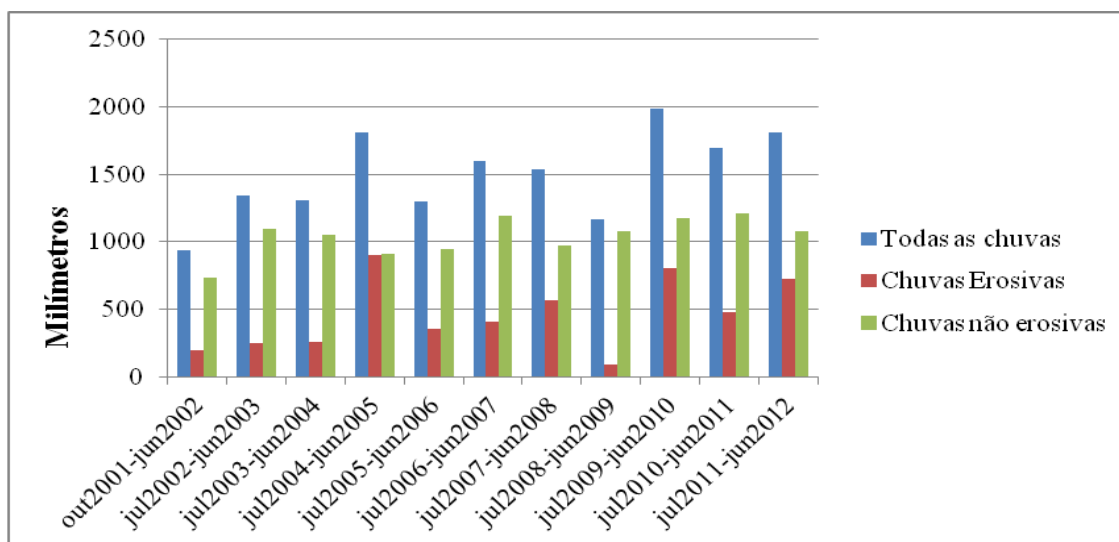


FIGURA 5. Valores do total de precipitação anual entre 2001 e 2012 e a comparação entre as chuvas erosivas e não erosivas de Campinas – SP.

O efeito das chuvas intensas, maiores que 40mm, nas perdas por erosão, foi avaliado nas parcelas com os tratamentos com adubação mineral (L0) e lodo de esgoto (L1 e L2). As figuras 6 e 7 apresentam os resultados das perdas de água e de solo, respectivamente, resultantes das chuvas intensas ao longo dos anos.

As perdas de água por enxurrada (Figura 6) foram mais elevadas no tratamento L0, principalmente a partir do ano 2004/2005. No ano de 2009/10 ocorreram os valores mais extremos de perdas de água. E as perdas nos dois tratamentos com lodo de esgoto tenderam a ser semelhantes ao longo dos anos, diminuindo o volume água ao longo do tempo. BOSSCHE et al. (2000) descreveram um experimento onde a aplicação de lodo diminuiu o volume total de enxurrada de 290 para 134 t/ha, valores proporcionais aos encontrados neste estudo.

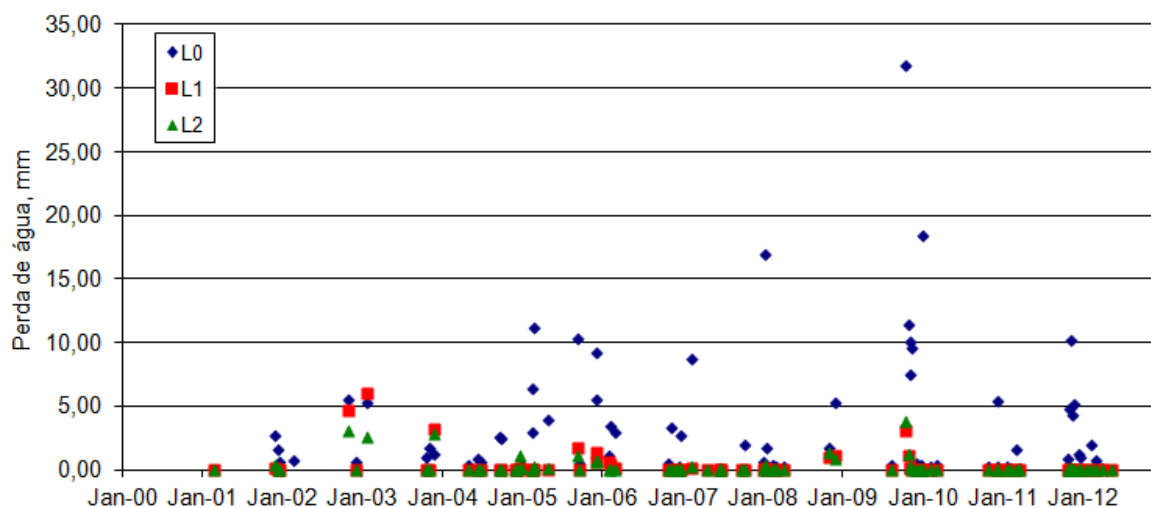


FIGURA 6. Perda de água por enxurrada nos tratamentos sem lodo de esgoto (L0), com uma dose de lodo de esgoto (L1) e duas doses (L2) ao longo do tempo.

É importante destacar, que nos dois primeiros anos de aplicação de lodo, 2001/2002 e 2002/2003, acima de 50% do volume de água perdido por enxurrada ocorreram nos dois primeiros meses após a aplicação do lodo, para todos os tratamentos. Isso indica que esse é um período crítico no que se refere às perdas por enxurrada, e essas perdas foram significativamente reduzidas pelos tratamentos que receberam lodo nesse período. (GALDOS, 2003)

As perdas de terra (Figura 7) concentraram-se entre 2002/03 e 2006/07 e no ano 2009/10 e os valores extremos de perda de solo foram obtidos no tratamento L0.

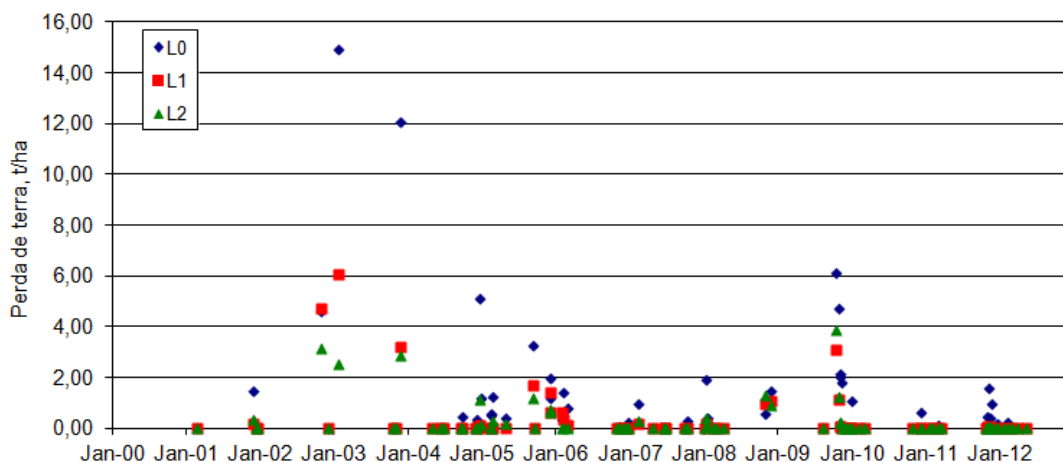


FIGURA 7: Perdas de terra por erosão nos tratamentos sem lodo de esgoto (L0), com uma dose de lodo de esgoto (L1) e com duas doses (L2) ao longo do tempo.

As perdas de terra nos tratamentos L1 e L2 se mantiveram semelhantes, e menores que L0, apresentando tendência de redução ao longo do tempo. Os anos com maiores perdas foram 2002/2003 a 2005/06 e 2009/2010.

As perdas de terra e de água não apresentaram correlação significativa com os totais de precipitação para cada chuva individual. As perdas de terra das chuvas erosivas foram correlacionadas com o índice EI30 (WISCHMEIER & SMITH, 1958), que é o índice que representa o efeito da chuva anual no modelo USLE. O resultado é apresentado na figura 9.

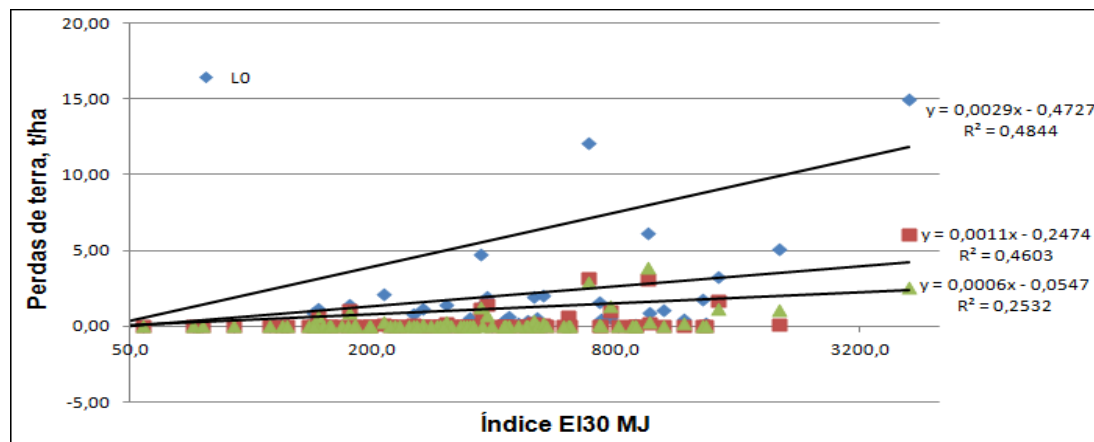


Figura 9. Perdas de terra das chuvas erosivas em função do índice EI30.

A correlação entre o EI30 e as perdas de terra também foi baixa, com valores do coeficiente r^2 menores que 0,50. Observa-se, entretanto, que para um mesmo valor de EI30, a perda no tratamento L0 foi maior, significando maior perda de terra por erosão. Observa-se também que os valores do coeficiente 'b' foram maiores em L0 (0,0029) e menores (0,0006) em L2, indicando um maior controle de erosão no tratamento L2.

De uma forma geral, o tratamento sem lodo de esgoto (L0), somente com adubação química, foi o que mais apresentou maior erosão do solo, resultando em maiores perdas de terra e de água ao longo dos anos.

Os tratamentos L1 e L2 apresentaram pouca diferença entre si, principalmente nas chuvas menos intensas. A diferença entre esse dois tratamentos aumenta nas chuvas de maior erosividade (Figura 9). O tratamento L2 se mostrou a melhor opção para controlar as perdas por erosão.

As aplicações do lodo determinam o aumento de matéria orgânica na superfície do solo, contribuindo para a formação de agregados estáveis e de maior tamanho. Esse efeito pode melhorar a estabilidade da estrutura do solo, resultando em maior resistência à erosão e maior capacidade de retenção de umidade (KOCSSI & DE MARIA, 2007).

Pode-se presumir que o lodo de esgoto pode ser utilizado como condicionador do solo na agricultura, na recuperação de áreas desgastadas por manejo inadequado ou, até mesmo, na recuperação de áreas degradadas.

7. CONCLUSÕES

As chuvas erosivas no período de 12 anos representam cerca de 10% do número total de chuvas e um volume de 45% do total de precipitação.

As perdas de água e de terra por erosão foram menores com o tratamento do lodo de esgoto.

A aplicação do lodo de esgoto ao solo reduziu o impacto das chuvas erosivas na erosão do solo.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ – PIBIC, pela bolsa concedida.

Ao CPDSRA - IAC, pela oportunidade de estágio.

À orientadora, Dra. Isabella Clerici De Maria, pela paciência e aprendizado concedido.

7. BIBLIOGRAFIA:

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. conservação do solo. são paulo: ícone, 355p, 1990.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 312p.

BOSSCHE, H.V.; AUDIC, J.M.; HUHYARD, A.; GASCUEL-ODOUX, C.; TROLARD, F.; BOURRIE, G. Phosphorus losses from sewage sludge disposed on a field: evidence from storm event simulations. Water Science and Technology, Oxford, v.42, no. 9, p.179 – 186, 2000.

GALDOS, M.V. Perdas de fósforo e metais pesados por enxurrada em solo com aplicação de lodo de esgoto e cultivado com milho, 2003. 57f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) – Instituto Agronômico de Campinas – IAC, Campinas 2003.

GUERRA, A.J.T., SILVA A.S., BOTELHO R.G.M., SALOMÃO F.X.T. Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, cap 7, p.229 - 339, 1999

JORGE, J.A.; CAMARGO, O.A. & VALADARES, J.M.A.S. Condições Físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro quatro anos após aplicação de lodo de esgoto e calcário. R. Bras. Ci. Solo, 15:237-240, 1991.

KOCSSI, M.A., DE MARIA, I.C. & DECHEN, S.C.F. Agregação do solo em área que recebeu lodo de esgoto. Bragantia vol. 66 no. 2, Campinas – 2007.

LEPSCH, Igo F. Formação e Conservação do Solo. São Paulo; Oficina de Textos, 178p, 2002

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses - A guide to conservation planning. Washington, D.C., USDA, Agricultural Handbook 537, 1978.

ZOCAL, J.C. Adequações de Erosões – Causas, consequências e controle da erosão rural, Caderno de estudos em conservação do solo e água, São Paulo, Codasp, Mai. 2007, vol. 1 no. 1