

XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

ESTIMATIVAS DA PERDA DE SOLO COM O USO DE DIFERENTES MÉTODOS INTEGRADOS ÀS GEOTECNOLOGIAS

Caio Arlanche Petri⁽¹⁾; Vandoir Bourscheidt⁽²⁾

(1) Graduando no curso de Bacharelado em Gestão e Análise Ambiental; Departamento de Ciências Ambientais; Universidade Federal de São Carlos; São Carlos, SP; caioarlanchepetri@gmail.com;

(2) Professor Adjunto; Departamento de Ciências Ambientais; Universidade Federal de São Carlos; São Carlos, SP; vandoir@ufscar.br.

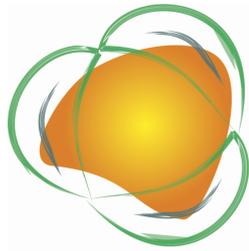
Eixo Temático: Gerenciamento de Recursos Hídricos e Energéticos

RESUMO – Como consequência do acelerado desenvolvimento urbano, são frequentes as situações em que a cobertura original do solo é removida, e camadas suscetíveis à erosão ficam expostas por períodos de tempo consideráveis. Desta forma, é importante que existam estudos de acompanhamento dos processos erosivos nestas localidades. O projeto utilizou diferentes métodos de análise do terreno para calcular a perda de solo por erosão em uma área com supressão da vegetação nativa, no município de Jundiaí/SP. Para as estimativas, foi aplicada a Equação Universal de Perdas de Solo e um monitoramento através de estacas inseridas no terreno, ao longo de um ano. Também foi realizada uma análise granulométrica do solo para o conhecimento da suscetibilidade erosiva natural. Tendo realizado o processamento de dados com o auxílio de softwares SIG, os resultados se apresentam na forma de mapas de perda de solo, e auxiliam na compreensão dos impactos resultantes da remoção de vegetação em ambientes urbanos.

Palavras-chave: Erosão. Estacas. SIG. EUPS.

Abstract – As a result of the accelerated urban development, cases of original soil cover removal are frequent, and susceptible layers get exposed to erosion for considerable periods of time. Thus, it is important to have monitoring studies of erosion in these locations. In this paper we use different terrain analysis methods to calculate the loss of soil by erosion in an area with suppressed native vegetation in Jundiaí/SP. To estimate erosion, we used the Universal Soil Loss Equation (USLE) and the monitoring of rods inserted into the ground over a year. A granulometric analysis of soil was also performed to evaluate natural erosion susceptibility. Having performed data processing with GIS software, the results are presented in the form of soil loss maps, and help in understanding the impacts resulting from the removal of vegetation in urban environments.

Key words: Erosion. Soil Loss. Geographic Information Systems. Universal Soil Loss Equation.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Introdução

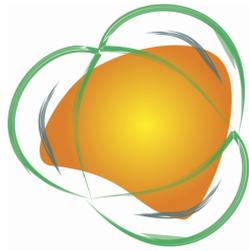
De acordo com Pedro e Lorandi (2004), “O elevado crescimento populacional das áreas urbanas tem acelerado a implantação de novos loteamentos, que pelo caráter emergencial ou especulativo geralmente têm sido realizados de maneira não planejada”. Assim, o crescimento das cidades acaba por ocasionar, com certa frequência, processos erosivos em lotes durante o processo de implantação. Estes autores citam ainda a importância e tendência de uso da Equação Universal da Perda de Solo (EUPS) como ferramenta para quantificar as perdas locais com base em informações do ambiente. As estimativas calculadas por esta equação permitem um entendimento avançado da dinâmica erosiva local.

A utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) possibilita acompanhamento e diagnósticos detalhados da área de estudo, com a compilação de dados de diferentes fontes. Barbosa *et al* (2015) e Brito *et al* (1998) utilizam softwares SIG para a aplicação da EUPS em diferentes municípios, o que se tornou, nos últimos anos, o método mais eficiente e rápido de obter diagnósticos detalhados da perda de solo. O diferencial do trabalho desenvolvido é a dimensão territorial abordada. Aqui, a área de estudo é significativamente menor, exigindo informações com maior nível de detalhe, algumas coletadas diretamente em campo. O diferente dimensionamento exigiu também que outro método – o monitoramento por estacas – fosse aplicado para efeitos comparativos.

Reunindo pesquisa bibliográfica e coletas de dados no campo, o projeto buscou diagnosticar a perda de solo na área de estudo utilizando diferentes técnicas. Com o processamento priorizado em softwares SIG, a área de estudo foi monitorada pelo período de um ano. A utilização de dois diferentes métodos permite um diagnóstico mais completo, assim como pode indicar a eficiência dos SIGs e da EUPS na estimativa da perda de solo em áreas de pequena extensão territorial.

Material e Métodos

A região escolhida para a análise e monitoramento da perda de solo localiza-se no município de Jundiaí/SP, em área urbana e em grande parte com seu solo exposto. Cercada por vegetação, a área teve sua cobertura original removida e sofre, ao longo de anos, processos erosivos significativos (Figura 1).



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

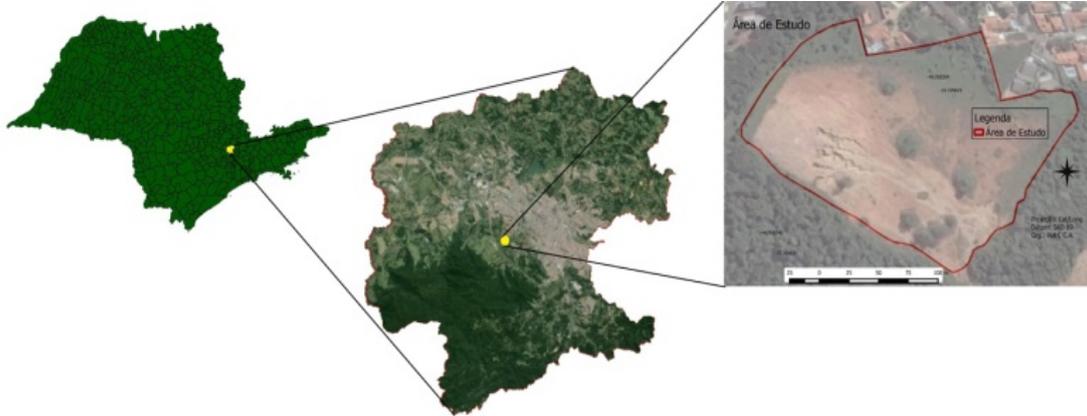


Figura 1: Área de estudo localizada no município de Jundiá-SP.

O primeiro método escolhido para a estimativa da perda de solo foi a colocação de estacas em pontos estratégicos do terreno, uma adaptação da metodologia utilizada por Zaines *et al* (2004) e Wolman (1959). O monitoramento foi bimestral, tendo sido anotados os valores das estacas em relação ao solo. Assim, a diferença medida entre períodos de coleta representa a perda, ou acúmulo, de solo em cada estaca. Foram instaladas doze estacas pela extensão da área de estudo. As proporções escolhidas foram de 45 cm, deixando uma extensão de 10 cm exposta para monitoramento e localização. A localização de cada estaca foi marcada com GPS, para posterior integração em ambiente SIG. Os valores obtidos nas coletas foram utilizados na elaboração de mapas.

O segundo método escolhido foi a EUPS. Em termos gerais, é uma equação utilizada para a estimativa da perda de solo por processos erosivos (WISCHMEIER e SMITH, 1978). Desse modo, a EUPS pode ser descrita por:

$$E = R * K * (SL) * (CP)$$

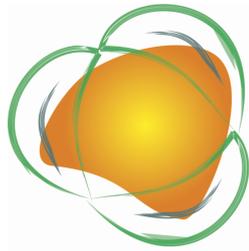
Onde:

- E: Representa o valor de erosão a ser calculado, em T/(ha.ano);
- R: Fator de erosividade da chuva, considerando valores pluviométricos regionais, em MJ.mm/ha.h.ano;
- K: Fator de erodibilidade do solo, considerando o tipo de solo presente na área de estudo, em t.ha.h/ha.MJ.mm;
- SL: Fator topográfico, considerando a declividade do terreno e o comprimento de rampa;
- CP: Fator de cobertura do solo e práticas conservacionistas, considerando para o cálculo o tipo da cobertura, produtiva ou não.

O fator R foi calculado a partir de dados de precipitação locais (CEMADEM, 2016), com interpolação de dados de diferentes estações pluviométricas. O cálculo do fator R (LOMBARDI NETO e MOLDENHAUER, 1992) se dá por:

$$R = 68,730 (p^2/P)^{0,84}$$

Onde:



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

R = média mensal do índice de erosão em MJ.mm/ha.h.ano;
p = precipitação média mensal em milímetro;
P = precipitação média anual em milímetro.

O fator K foi obtido por uma combinação do mapa “Pedologia do Estado de São Paulo”, em escala 1:750.000 (IAC, 2002), com uma análise granulométrica tátil visual (MACHADO e MACHADO, 2001). Desta forma, foram combinadas a tipologia principal de solo com a textura encontrada localmente, para então admitir o valor de erodibilidade (MANNIGEL *et al*, 2002).

A combinação dos fatores S e L foi obtida pela geração de mapa de declividade do terreno, com cartas topográficas e marcação de pontos com GPS, e pela adoção de um comprimento de rampa médio de 140 metros para a área de estudo, valor calculado pela combinação de sentidos de fluxo em ambiente SIG. Para integrar as informações em ambiente SIG, a seguinte expressão (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985) foi utilizada:

$$LS = 0.00984 * (L^{0,63}) * (S^{1,18})$$

Os fatores C e P foram obtidos pela elaboração de mapa de uso e ocupação do solo no entorno, e posterior adoção de valores correspondentes para cada uso (STEIN *et al*, 1987).

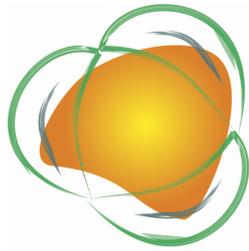
Resultados e Discussão

Ao longo de um ano de monitoramento, mudanças significativas foram observadas nos valores das estacas. A Tabela 1 contém os valores anotados em cada coleta realizada em campo, e a Figura 2a apresenta os valores interpolados de acordo com a posição das estacas.

Tabela 1: Valores coletados das estacas durante o monitoramento (bimestral).

Estacas	05/2015	07/2015	09/2015	11/2015	01/2016	04/2016
1	10 cm	10,6 cm	11 cm	11 cm	11 cm	12 cm
2	10 cm	9,6 cm	10 cm	9,8 cm	9,8 cm	9,8 cm
3	18 cm*	18 cm	18,8 cm	19 cm	18,5 cm	18 cm
4	10 cm					
5	10 cm	9,5 cm	10,5 cm	11 cm	11 cm	11,5 cm
6	9,5 cm*	9,0 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm
7	10 cm	10,2 cm	12,9 cm	13 cm	11,5 cm	19 cm
8	10 cm	9 cm	12,5 cm	15,5 cm	19 cm	22,3 cm
9	10 cm	5,8 cm	14,5 cm	16 cm	19,2 cm	25 cm
10	10 cm	10 cm	**	10 cm	8 cm	5,7 cm
11	10 cm	10 cm	4,8 cm	2 cm	0 cm	-2,4 cm***
12	10 cm	11 cm	9 cm	7,1 cm	6,5 cm	4,9 cm

*Estacas que apresentaram dificuldade de instalação, permanecendo em um valor inicial diferente de 10 cm. **Estaca foi encontrada destruída (recolocada). ***Estaca recolocada após atingir seu nível máximo.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Durante a análise de solo, seis diferentes pontos de coleta foram adotados, levando em consideração sua coloração e nível de impacto dos processos erosivos (Figura 2b). Neste levantamento, foram obtidas quatro diferentes texturas de solo: Argiloso Siltoso Marrom; Argiloso Siltoso Vermelho; Siltoso Arenoso Amarelo e Arenoso Siltoso.

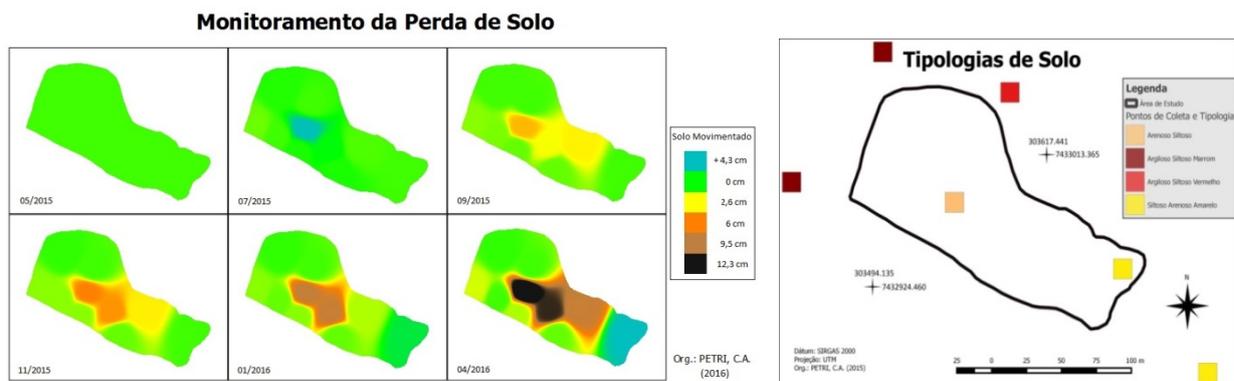
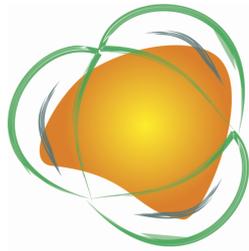


Figura 2: (a) Mosaico do monitoramento da perda de solo ao longo de um ano; (b) Locais de coleta e tipologias de solo encontradas utilizando a análise tátil-visual de amostras.

As variações observadas na Figura 2a apresentam relação com a variação da precipitação acumulada (CEMADEM, 2016) durante os meses de execução do monitoramento (Figura 3). Esta observação indica a importância da ação da precipitação nos processos erosivos, juntamente com os demais fatores, principalmente os relacionados com as alterações de uso do solo. A média da perda de solo na área de estudo, considerando os valores acumulados de um ano, foi de 3,6 cm.

Quanto à aplicação da EUPS, foi possível estimar as perdas de solo ao longo de um ano, com os valores de acúmulo da precipitação e estabelecimento de todas as variáveis. Para a compilação das variáveis da equação, os dados foram processados em ambiente SIG, passando pela “rasterização” de camadas, adoção de coeficientes adequados e aplicação das expressões necessárias, para então realizar a multiplicação de fatores referentes à EUPS. A unidade do resultado final, ton/ha.ano, fora convertida para $\text{Kg/m}^2\cdot\text{ano}$, com a finalidade de facilitar a interpretação dos resultados, entendendo que a área de estudo possui proporções relativamente pequenas. A Figura 4 apresenta o mapa de perdas de solo para a área de estudo e seu entorno, em valor acumulado anual.

A representação gráfica da EUPS aplicada apresenta valores máximos de erosão anual muito elevados para alguns pontos. Isso se deve, principalmente, à elevada declividade calculada com GPS nas regiões com ravinas. O valor médio extraído da USLE para a área de estudo é de $328,8 \text{ Kg/m}^2\cdot\text{ano}$. Considerando que o solo da área de estudo possui o peso de $1.125,0 \text{ Kg/m}^3$, valor pesado a partir das



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

coletas de solo realizadas, podemos concluir que a perda de solo anual possui o valor médio de 29,2 cm para a área de estudo.

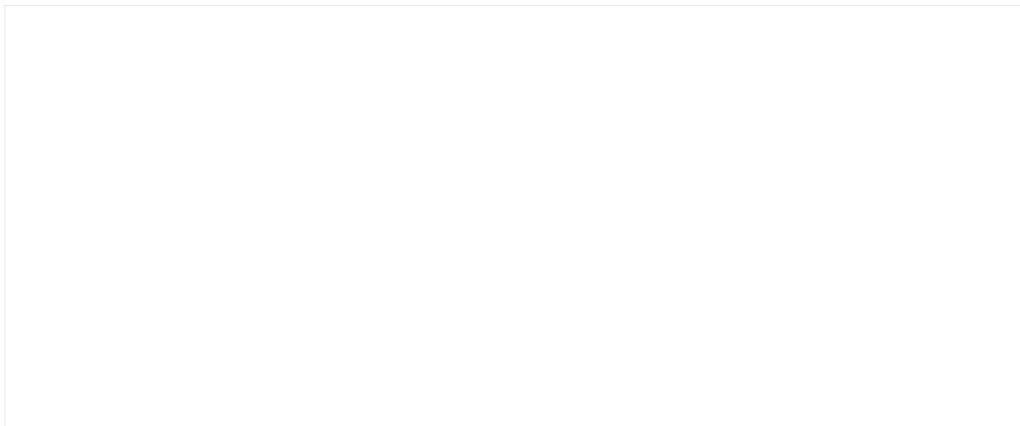


Figura 3: Gráfico da precipitação e do monitoramento por estacas e pela USLE.

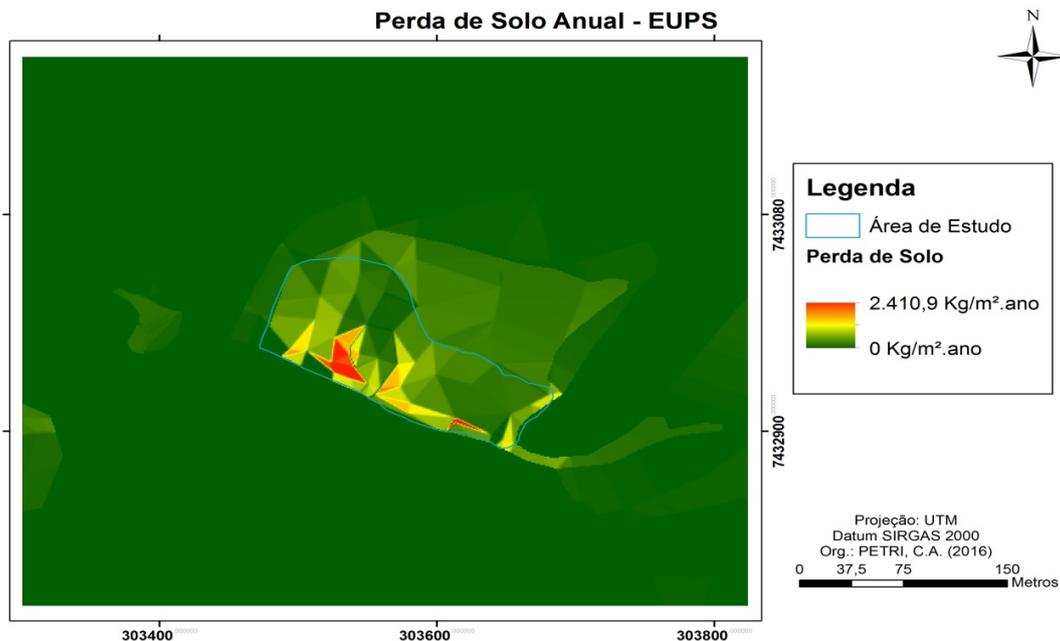
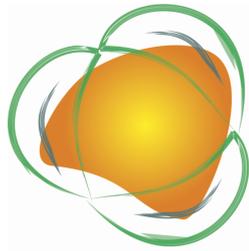


Figura 4: Perda de solo anual calculada pela EUPS.

Conclusões

Com os resultados obtidos, é possível afirmar, de maneira geral, que os métodos escolhidos para a análise da área de estudo apresentaram resultados consistentes, porém com uma evidente diferença de proporção da perda de solo entre os dois métodos adotados. Entretanto, se considerarmos o fator R (erosividade da chuva) apresentado por Bertoni e Lombardi Neto (1985), o resultado final da USLE apresentará uma perda de solo na ordem de dez vezes menor, valor



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

este que se alinha significativamente aos resultados obtidos no monitoramento das estacas. Não obstante, os resultados apresentaram evidências de uma perda de solo significativa ao longo de um ano, se relacionando à precipitação mensal acumulada. O estudo também evidencia os impactos das alterações na cobertura do solo sobre os processos erosivos.

Agradecimento

Os autores agradecem à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo financiamento do trabalho de Iniciação Científica (Processo 2015/00705-0).

Referências

BARBOSA, A.F.; OLIVEIRA, E.F.; MIOTO, C.L.; PARANHOS FILHO, A.C. Aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (USLE) em Softwares Livres e Gratuitos. Anuário do Instituto de Geociências. UFRJ. v. 38, n. 1, p. 170-179, 2015.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. Piracicaba, Livroceres, 392 p., 1985.

BRITO, J.L.S.; LIMA, S.C.; SHIKI, S.; MOREIRA, M.R. Uso do Geoprocessamento na Estimativa da Perda de Solos por Erosão Laminar em Iraí de Minas – MG. Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (INPE) - Santos/Brasil, p.501-512. 1998.

CEMADEM (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais). Mapa interativo. Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo/>>. Acesso em: 16 abr. 2016.

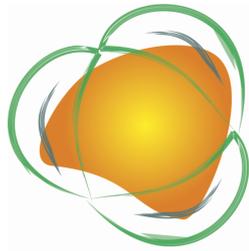
INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. Pedologia do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/serviceTranslator/rest/getXml/Geoserver_WMS/G_PedologicoIAC/1435666706895/wms>. Acesso em: 16 abr. 2016.

MACHADO, S.L; MACHADO, M.F. Mecânica dos Solos I: Conceitos Introdutórios. Material didático relativo à disciplina de mecânica dos solos. Universidade Federal da Bahia – Escola Politécnica. Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais (Setor de Geotecnia). 2001.

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. Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.

PEDRO, G.F; LORANDI, R. Potencial Natural de Erosão na Área Periurbana de São Carlos-SP. Revista Brasileira de Cartografia, n. 56/01, p. 28-33, 2004.

SILVA, E. P; COUTINHO, R. Q; LIMA FILHO, M; NEUMANN, V. H; LIMA, R. P. Avaliação do Processo Evolutivo e da Dinâmica Erosiva: um Estudo de Caso no Parque Metropolitano



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Armando de Holanda Cavalcanti – Cabo de Santo Agostinho – PE/Brasil. Estudos Geológicos, v. 23, n.1, p. 53-75, 2013.

STEIN, D. P.; DONZELLI, P. L.; GIMENEZ, A. F. PONÇANO, W. L. LOMBARDI NETO, F. Potencial de erosão laminar, natural e antrópico na Bacia do Peixe-Paranapanema. Anais do IV Simpósio Nacional de Controle de Erosão - Marília, SP. p. 105-135, 1987.

WISCHMEIER, W.H; SMITH, D.D. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. Washington: USDA. Agricultural Handbook, n. 537, 58 p., 1978.

WOLMAN, M.G. Factors Influencing Erosion of a Cohesive River Bank. American Journal of Science. v. 257, n. 3, p. 204-216, 1959.

ZAIMES, G.N; SCHULTZ, R.C; ISENHART, T.M. Stream Bank Erosion Adjacent to Riparian Forest Buffers, Row-crop Fields, and Continuously-grazed Pastures Along Bear Creek in Central Iowa. Journal of Soil and Water Conservation, v. 59, n.1, p.19-27, 2004.