

VI-046 – CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA EM SOLOS SOB DIFERENTES USOS E MANEJOS**Luiz Augusto Manfré⁽¹⁾**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – *Campus* Sorocaba. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Doutorando em Geoprocessamento pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EP/USP.

Rodrigo Custódio Urban

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – *Campus* Sorocaba. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Alexandre Marco da Silva

Ecólogo pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – *Campus* Rio Claro. Mestre e Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Professor da Universidade Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – *Campus* Sorocaba.

Liane Yuri Kondo Nakada

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – *Campus* Sorocaba. Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Endereço⁽¹⁾: Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, PTR, LabGeo. Av. Prof. Almeida Prado, Travessa 2, n. 83 – Cidade Universitária. CEP 05508-900 - São Paulo, SP – Brasil. Tel: 11 3091-5716. Email: luizmanfre@usp.br

RESUMO

Devido à relação do uso do solo com a capacidade de infiltração de água no mesmo, estudos dessa característica em bacias de manancial são bastante importantes. O presente estudo teve como objetivo mensurar a condutividade hidráulica em solos sob diferentes usos, nas bacias hidrográficas dos rios Paio e Sorocabaçu, inseridas no município de Ibiúna (SP). Os ensaios realizados demonstraram que solos de pastagem são mais susceptíveis a processos erosivos que os solos de reflorestamento e vegetação nativa. O resultado subsidia o planejamento do uso e ocupação das áreas de estudo, ao considerar a maior capacidade de infiltração dos solos de pastagem para limitação da ocorrência desse tipo de cobertura em áreas com declividade acentuada, fato que pode alterar a dinâmica hidrossedimentar das bacias hidrográfica.

PALAVRAS-CHAVE: Solo Agrícola, Infiltração nos solos, Escoamento Superficial.

INTRODUÇÃO

Dentre as diversas atividades vitais à sobrevivência humana, a agricultura merece atenção especial, pois é essencial para a produção de alimentos. Esta atividade depende diretamente do solo e geralmente proporciona exaustão e poluição deste recurso. Além disso, a prática agrícola tem sido realizada em áreas muito próximas a cursos d'água, sobre solos pouco maduros e em áreas de altas declividades, tornando estas áreas suscetíveis aos processos erosivos e à contaminação dos mananciais e demais recursos naturais.

Os solos são muito diversificados em sua composição e características físicas, químicas, hidráulicas e biológicas. Esse sistema é composto por partículas minerais de vários tamanhos e formatos, matéria orgânica em diferentes estágios de decomposição, raízes, artrópodes e microorganismos, além de uma fração fluida, mais notadamente água e gases (YARON *et al.*, 1996).

De acordo com Hudson (1977) *apud* Cogo, Levien e Schwarz (2003) o processo de erosão hídrica do solo pela água da chuva é consequência da pluviosidade, solo, topografia, cobertura, manejo e práticas conservacionistas de suporte. Isoladamente, a cobertura do solo é o fator de influência mais importante do processo, no entanto, rugosidade, propriedades físicas superficiais e sub-superficiais também favorecem os processos erosivos (SCHICK *et al.*, 2000).

Perdas de solo, água, nutrientes e matéria orgânica por erosão hídrica são fortemente influenciadas por sistemas de manejo do solo, os quais, quando mal utilizados, podem acarretar a degradação de agroecossistemas.

Sistemas convencionais de manejo do solo podem favorecer as perdas de nutrientes por erosão hídrica, aumentando os riscos ambientais (HERNANI, KURIHARA E SILVA, 1999).

Com o objetivo de avaliar a distribuição de classes texturais e sua correlação com a infiltrabilidade de uma área aluvial, no Agreste do Pernambuco, Montenegro e Montenegro (2006) realizaram ensaios de condutividade hidráulica e granulometria. Foram encontradas altas correlações entre a condutividade hidráulica e a textura dos solos, o que permite a representações de distintos padrões para o potencial de lixiviação.

Klein e Libardi (2002) avaliaram as alterações da condutividade hidráulica de um LATOSSOLO ROXO ácrico, submetido a diferentes sistemas de uso e manejo, no município de Guaíra (SP). Os manejos realizados no solo alteraram drasticamente este atributo, em consequência do aumento da densidade, sendo que, a estrutura do solo foi afetada até a camada 0,4 m. Desta forma, as alterações na estrutura do solo, com aumento da densidade, redução da porosidade total e alteração na distribuição dos diâmetros, diminuíram a condutividade hidráulica dos solos estudados.

Tendo em vista a dependência do uso com a capacidade de infiltração de água no solo, estudos sobre esta característica, em bacias de manancial são de extrema importância. O objetivo deste trabalho foi mensurar a condutividade hidráulica em solos sob diferentes usos, nas bacias hidrográficas dos rios Paiol e Sorocabuçu, inseridas no município de Ibiúna (SP).

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido nas bacias hidrográficas dos rios Paiol e Sorocabuçu, localizados no município de Ibiúna – SP (Figura 1), à montante da represa de Itupararanga, importante manancial de abastecimento da UGRHI-10.

As duas bacias hidrográficas estudadas localizam-se totalmente na zona rural, com predominância de usos agrícolas, destacando-se a horticultura. Na bacia hidrográfica do rio Paiol, são praticados cultivos convencionais, enquanto que na bacia hidrográfica do Alto rio Sorocabuçu são praticados cultivos orgânicos.

As bacias hidrográficas estão inseridas na Serra de Paranapiacaba, cujo clima é predominantemente temperado quente e úmido, de acordo com Köppen (1948). A temperatura média anual é 19,3°C e a altura pluviométrica anual é 1.428 mm (EMBRAPA, 2003).

O embasamento geológico é essencialmente cristalino, datado do período pré-cambriano a paleozóica (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRA DE IGUAPE E LITORAL SUL, 2008). O solo da região é principalmente composto por ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS, LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS e CAMBISSOLOS (ROSS e MOROZ, 1997) e a vegetação original é ombrófila densa montana (VELOSO, RANGEL FILHO e LIMA, 1991).

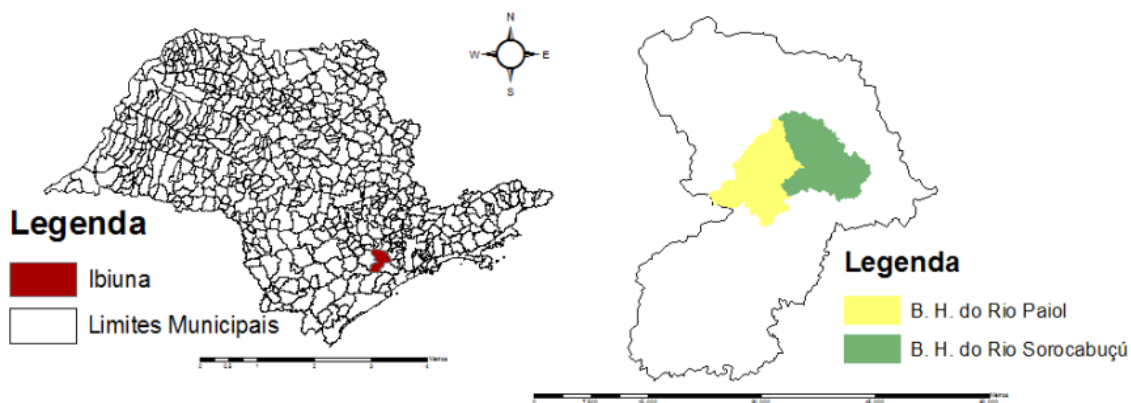


Figura 1 – Localização do município de Ibiúna e das bacias hidrográficas dos rios Paiol e Sorocabuçu.
Fonte: Manfré *et al.*, 2010.

A condutividade hidráulica dos solos foi aferida com o auxílio de uma adaptação do permeâmetro de Guelph, feita com base em García-Sinovas *et al.* (2001), seguindo o princípio básico da “Garrafa de Mariotte”. Desta forma, com material de baixo custo, foi possível construir um modelo de permeâmetro, semelhante ao original, que forneceu os valores de condutividade hidráulica para os tipos de uso do solo encontrados nas áreas de estudo.

Os ensaios de condutividade hidráulica foram realizados em triplicata, tendo sido escolhidos pontos representativos de cada uso do solo encontrado em cada bacia estudada, totalizando dez pontos de amostragem.

Utilizou-se um anel de 25 cm de diâmetro, enterrado a 15 cm de profundidade, para aferir a condutividade hidráulica superficial. As medições foram realizadas, com carga hidráulica de 5 cm efetuando-se as leituras a cada 30 segundos, encerrando-se o ensaio ao se completar cinco leituras consecutivas iguais. Desta forma, obteve-se a taxa constante de infiltração e calculou-se a condutividade hidráulica do solo saturado para cada uso, de acordo com a equação abaixo.

$$K = \frac{C \times Q}{\left(2\pi H^2 + \pi A^2 C + \frac{2\pi H}{\alpha}\right)} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde,

K é a condutividade hidráulica

Q é a vazão necessária para manter a altura da coluna d’água constante.

H é a altura da coluna d’água.

C é o coeficiente de forma, que considera a textura do solo.

A é o raio de amostragem do solo.

α é um parâmetro de descrição da macroporosidade do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios de infiltração permitiram o cálculo da vazão e da condutividade hidráulica de acordo com o uso do solo (Tabela 37). Os ensaios realizados em solos de cultivo orgânico e convencional não permitiram a identificação de fluxo constante, impossibilitando o cálculo da vazão e, consequentemente, da condutividade hidráulica. O que pode ser explicado pelo método do ensaio, que consistiu na avaliação da infiltração de água na camada superficial do solo, que, em áreas agrícolas sofre tratamento mecânico, para aumento do número de vazios. Desta forma, não foi possível observar diferenças quanto à condutividade hidráulica entre solos de cultivo orgânico e cultivo convencional.

Tabela 1 – Vazão e condutividade hidráulica de acordo com o uso do solo nas bacias hidrográficas dos rios Paíol e Sorocabaçu, Ibiúna (SP).

Coberturas do Solo	Bacia Hidrográfica do Rio Paíol		Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu	
	Q (cm/s)	K (m/s)	Q (cm/s)	K (m/s)
Pastagem	2,57	4,17 x10 ⁻⁶	2,31	3,75 x10 ⁻⁶
Reflorestamento	4,36	7,09x10 ⁻⁶	4,87	7,92 x10 ⁻⁶
Vegetação	5,13	8,34x10 ⁻⁶	5,39	8,76 x10 ⁻⁶
Cultivo Orgânico	-	-	-	-
Cultivo Convencional	-	-	-	-

Observando a Tabela 1, nota-se que houve grande diferença na vazão e consequentemente na condutividade hidráulica, entre os solos sob vegetação nativa, reflorestamento e pastagem, para as duas bacias. Não houve grandes variações entre os valores observados para os solos sob mesmo uso. Sendo assim, foram obtidos valores de vazão e condutividade hidráulica menores para solos de pastagem, comparando-se com os valores obtidos para solos de reflorestamento e solos de vegetação.

Nota-se que, apesar de menor que os valores obtidos para solos de vegetação nativa, os solos de sob reflorestamento apresentaram condutividade hidráulica muito superior aos valores apresentados pelos solos sob pastagem. Destaca-se que, o reflorestamento amostrado na bacia do rio Paiol consistia em um plantio de eucalipto e que o reflorestamento amostrado na bacia do rio Sorocabaçu era composto por *pinus*. O que, pode explicar a diferença de 0,51 cm/s para as vazões obtidas. Pinheiro, Teixeira e Kaufman (2009) estudaram a condutividade hidráulica em diferentes usos de solo, e também obtiveram valores mais elevados para solos sob reflorestamento de *pinus*.

Os baixos valores de condutividade hidráulica dos solos sob pastagem podem ser atribuídos ao intenso pisoteio do gado. Pinheiro, Teixeira e Kaufman (2009) atribuem esse resultado ao processo de compactação, que modifica a distribuição das partículas no solo, provocando a diminuição do tamanho dos poros e, conseqüente, redução na área da seção transversal para o fluxo de água.

A maior condutividade hidráulica obtida para os solos sob vegetação nativa também pode ser observada na literatura (ASSIS e LANÇAS, 2005; SILVA e RIBEIRO, 1997), o que evidencia a maior capacidade de infiltração de água em solos com cobertura vegetal e menor intensidade de uso. Pode-se afirmar que, comparativamente, em áreas de pastagem ocorre maior escoamento superficial, que em áreas de vegetação nativa e reflorestamento.

Desta forma, os ensaios de condutividade hidráulica evidenciaram que os solos de pastagem são mais suscetíveis à processo erosivos que solos de reflorestamento e vegetação nativa. Este é um importante resultado que subsidia o planejamento do uso e ocupação das áreas de estudo, pois, considerando a maior capacidade de infiltração dos solos de pastagem, é importante que se limite a ocorrência desse tipo de cobertura de solo em áreas com declividade acentuada, o que pode alterar a dinâmica hidrossedimentar das bacias hidrográficas.

CONCLUSÕES

Com os ensaios de infiltração de água no solo foi possível evidenciar as diferenças proporcionadas pelo uso do solo. Áreas de pastagem favorecem o processo de escoamento superficial, podendo causar assoreamento e contaminação de corpos d'água. Além disso, foi possível evidenciar a importância de áreas com cobertura vegetação nativa para a proteção dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSIS, R.L.; LANÇAS, K.P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, 2005.
2. 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 Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 743-753, 2003.
3. COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRA DE IGUAPE E LITORAL SUL. **Relatório de Situação da UGRHI – 11**. São Paulo: FUNDESPA, 2008.
4. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Banco de Dados Climáticos do Brasil**. Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 2003. Acesso em 31 jul 2009. Disponível em: <<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 10 Ago. 2009.
5. GARCÍA-SINOVAS, D.; REGALADO, C.; MUÑOZ-CARPENA, R.; ÁLVAREZ-BENEDI, J. Comparación de los permeámetros Guelph e Philip-Dunne para la estimación de la conductividad hidráulica del suelo. In: Rodríguez, J.J.L.; Sáenz-Badillos, M.Q. **Temas de investigación en zona no saturada**. Universidad Publica de Navarra, 2001. v. 1, p. 31-36.
6. HERNANI, L. C.; KURIAHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 23, p. 145-154, 1999.
7. KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L. Condutividade hidráulica de um LATOSSOLO ROXO, não saturado, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, p. 945-953, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v32n6/12738.pdf>>. Acesso em: 16 Ago 2010.

8. KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fundo de Cultura Econômica, Ciudad del México, 1948.
9. MANFRÉ, L.A.; RONQUIM, F.M.; OGIHARA, V.H.; SILVA, A.M.; URBAN, R.C. Potencial de Ocorrência de Avarias Ambientais em bacias hidrográficas com ocupação rural mediante análise morfométrica. **Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil**, v. 10, p. 23-32, 2010.
10. MONTENEGRO, A.A.A.; MONTENEGRO, S.M.G.I. Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 30-37, 2006.
11. PINHEIRO, A.; TEIXEIRA, L.P.; KAUFMANN, V. Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes uso e práticas de manejo agrícola. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 4, n. 2, 2009. Disponível em: <http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/211/pdf_259>. Acesso em: 28 Out 2010.
12. ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:500000**. São Paulo: FFLECH-USP, IPT/FAPESP, 1997.
13. SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT JUNIOR, A.A. Erosão hídrica em CAMBISSOLO HÚMICO alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de água e solo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 24, p. 427-436, 2000.
14. SILVA, A.J.N.; RIBEIRO, M.R. Caracterização de latossolo amarelo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas: Atributos morfológicos e físicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 1, p. 677-684, 1997.
15. VELOSO, H.P., RANGEL FILHO, A.L.R. E LIMA, J.C.A. **Classificação da Vegetação Brasileira Adaptada a um Sistema Universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.
16. YARON, B.; CALVET, R.; PROST, R. **Soil Pollution: Processes and Dynamics**. Berlin: Springer, 1996. 313 p.