

## XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE

### **AVALIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO (SUBSTRATO GRANITO) E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O ABASTECIMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA**

SOUSA, Flávio Alves de <sup>1</sup> [flaueg@hotmail.com](mailto:flaueg@hotmail.com) UEG  
RODRIGUES, Sílvia Calos<sup>2</sup> [silgel@ufu.br](mailto:silgel@ufu.br) UFU

#### **RESUMO**

O presente resumo é o fragmento de um estudo maior sobre a condutividade hidráulica dos solos e sua relação com a recarga do lençol freático e suscetibilidade erosiva dos solos em uma microbacia, na alta cabeceira do Rio dos Bois, na divisa dos municípios de Iporá-GO e Diorama-GO. Foram realizados experimentos de condutividade hidráulica do solo utilizando-se dos métodos dos anéis concêntricos e *open end hole*. Os experimentos foram realizados em um Latossolo Vermelho, formado sobre litologia granítica e cujo uso da terra era pastagem degradada. O solo apresentou infiltração moderada à superfície e alta em profundidade.

**Palavras-Chave:** infiltração, experimentos, solo

#### **EVALUATION OF HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF A RED LATOSSOIL (SUBSTRATE GRANITE) AND YOUR CONTRIBUTION FOR THE PROVISIONING OF UNDERGROUND WATER**

The present paper is a fragment of a larger study about the hydraulic conductivity of soils, and your relationship with the recharge of the water table and erosive susceptibility of the soils in a microbasin, in the discharge headboard of Rio dos Bois, in the boundary of the town of Iporá-GO and Diorama-GO. Measures of infiltration of the water were accomplished in the soil being used of the methods of *concentric rings* and *open end hole*. The experiments were accomplished in a Red Latosol, formed on granitic litology and whose use was degraded pasture. The soil presented moderate infiltration to the surface and high in depth.

**Keywords:** infiltration, experiment, soil.

#### **CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES**

Cada tipo de solo responde diferentemente à ação da infiltração com diferente condutividade hidráulica, pois cada um apresentará características como textura, estrutura, umidade e porosidade, distintas uns dos outros.

---

Professor Dr. do curso de Geografia da Universidade Estadual de Goiás – Unidade Universitária de Iporá.

Professor Dr. do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Outras variáveis influenciam na condutividade hidráulica dos solos, como por exemplo, o tipo de uso da terra, que pode tanto favorecer a infiltração, quando usado por florestas, ou dificultar a infiltração, como em lavouras, que muitas vezes provocam a compactação superficial do solo, através do uso de maquinários pesados. Menezes (2012) abordou aspectos associados à importância das florestas nativas na produção e na conservação dos mananciais hídricos, com função de interceptar a água da chuva e proporcionar condições ótimas de infiltração e reduzir o escoamento superficial.

A vegetação de maneira geral contribui para as características superficiais dos solos, influenciando a sua capacidade de infiltração e protegendo-o contra a erosão, pois a mesma protege o terreno contra o impacto direto das gotas de chuva, proporcionando a dispersão e quebra da energia das águas de escoamento superficial e aumentando a infiltração pela produção de poros no solo por ação das raízes, (Bertoni & Lombardi Neto, 1985).

Os valores de condutividade também variam conforme a profundidade, devido à diminuição da porosidade e aumento da densidade dos solos, mas o uso da terra repercute diretamente na diminuição das características de infiltração e na “conseqüente redução da recarga do sistema aquífero” Sousa (2013).

Francis (1990) *apud* Guerra (1999) destaca o efeito da cobertura vegetal sobre a infiltração em Murcia na Espanha, mostrando que em encostas intemperizadas sem vegetação, a taxa de infiltração variou de 60 a 174 mm/h, e nas encostas vegetadas com o mesmo tipo de solo a taxa variou de 138 a 894 mm/h.

Segundo Pott (2001), o conhecimento da relação solo/chuva é muito importante na escolha de um sistema de manejo adequado, o que favorece a minimização da erosão e a produtividade do solo. Cada solo apresenta uma característica em relação à infiltração, que “decrece com o tempo em função do umedecimento do perfil, assumindo um valor mínimo constante denominado de velocidade de infiltração básica (VIB)”.

O conhecimento da condutividade hidráulica dos solos ou a sua capacidade de infiltração é muito importante, pois de acordo com as características físicas de cada tipo de solo, a infiltração da água de chuva se fará de forma e intensidade diferenciada, e isso repercutirá na capacidade do solo de favorecer a percolação da água até o lençol freático e na sua suscetibilidade à erosão.

O processo de infiltração ocorre porque a água, da chuva ou da irrigação, na superfície do solo tem potencial total aproximadamente nulo e a água do solo tem potencial negativo, potencial este tanto mais negativo quanto mais seco estiver o solo. É estabelecido então, um gradiente de potencial total, que é a soma dos potenciais gravitacional e matricial. No início da infiltração, quando o solo está relativamente seco, o potencial matricial é relativamente grande em relação ao potencial gravitacional. (POTT, 2001. p.15).

Segundo Cabeda (1984) a taxa de infiltração de água no solo é isoladamente a propriedade que melhor reflete as condições físicas do solo, sua qualidade e estabilidade estrutural. Islan e Weill (2000) indicam a permeabilidade do solo à água como um atributo para avaliação da qualidade do solo, e Arzeno (1990) destaca a capacidade de infiltração de água no solo como um atributo eficaz para avaliação de manejos de solo.

A avaliação da condutividade hidráulica dos solos é também importante no trato com as condições de abastecimento do lençol freático. Uma vez conhecendo este fator, será possível aportar metodologias que favoreçam o planejamento do uso da terra no que diz respeito à potencialidade dos solos e do abastecimento de água subterrânea. Avaliar a condutividade hidráulica depende de alguns ensaios de infiltração no meio a ser testado, levando em consideração os domínios geológicos, geomorfológicos e pedológicos. Os ensaios de infiltração são classificados levando em consideração o:

[...] diferencial de pressão exercido no meio, podendo ser positivo, quando se mede a quantidade de água efetivamente infiltrada do poço para o meio em determinado tempo (testes de infiltração ou rebaixamento); ou negativo, quando se determina a quantidade de água transmitida do aquífero ao poço em dado intervalo de tempo (testes de bombeamento ou recuperação) (ABGE, 1996) *apud* Souza & Campos (2001).

Os métodos de ensaios mais comuns são o dos anéis concêntricos, e *Open and Hole*, sendo o primeiro, utilizado para medidas de infiltração superficial, e o segundo para avaliar infiltração em maior profundidade, sendo que ambos têm em comum a infiltração verticalizada, que auxilia na compreensão do comportamento da infiltração no abastecimento do lençol freático. Os experimentos de condutividade hidráulica em superfície utilizando o método dos anéis concêntricos consistem em dois anéis com diâmetros diferentes e em forma de cilindros, que são cravados no solo, apresentando um compartimento interno e outro externo.

A água infiltrada no solo a partir do compartimento externo apresenta uma tendência natural a fluir vertical e lateralmente. A saturação do solo nas porções imediatamente abaixo do compartimento externo permite que a água infiltrada a partir do compartimento interno infiltre predominantemente segundo o sentido vertical (ALMEIDA et al, 2006, p. 130).

O presente estudo visou medir a contribuição de um Latossolo Vermelho (substrato granítico) no abastecimento do lençol freático, fazendo isso através de ensaios de infiltração superficial e em profundidade denominados de ensaios de condutividade hidráulica dos solos.

## **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Os experimentos de condutividade hidráulica dos solos foram realizados em superfície utilizando o método dos anéis concêntricos adaptado de (Almeida et al,2006). A adaptação consistiu em construir os anéis com tubos de PVC, com diâmetros de 10 cm e 25 cm respectivamente, conforme metodologia adotada por Sousa (2013). A construção dos cilindros se deu por motivo de economia de água, já que os cilindros menores consomem menos água no campo.

O cilindro interno com 10 cm de diâmetro foi construído com 100 cm de altura, e o externo com diâmetro de 25 cm, foi construído com 30 cm de altura, os tubos foram cravados 7 cm no solo.

No cilindro interno foi adaptado um sistema com régua, construída a partir de uma fita métrica colada a uma tira de fórmica, contendo na sua base uma bóia construída com isopor.

Na extremidade superior do cilindro interno, foi encaixado um suporte de madeira com uma fenda central, para que a régua pudesse correr livremente, conforme a água diminuía o seu nível,

permitindo assim, a leitura da altura da água. O tempo de rebaixamento foi medido com uso de cronômetro.

Os ensaios foram feitos medindo-se a altura das colunas de água do compartimento interno no tempo inicial ( $T_0$ ) e final ( $T_f$ ), tomando o intervalo de tempo decorrido entre as medidas realizadas.

Os valores de condutividade hidráulica verticais ( $k_v$ ) foram obtidos a partir da equação abaixo extraída de Santos e Silva (2006), que foi desenvolvida em planilha de cálculo com o uso do software Excel da *Microsoft*.

$$K_v \text{ (m/s)} = U \cdot I/t \cdot \ln h_0/h_t$$

Onde:

$K_v$  = Condutividade hidráulica vertical do meio (m/s)

$U$  = fator de conversão mm/min para m/s (1/60.000)

$I$  - Profundidade de cravação do anel no solo (mm);

$h_0$  - Coluna d'água inicial;

$h_t$  - Coluna d'água final ao tempo  $t_f$  (mm ou cm)

$t$  - Tempo decorrido para o rebaixamento entre  $h_0$  e  $h_t$  (min).

As medidas de condutividade hidráulica em profundidade foram tomadas utilizando o método *Open end Hole* (ABGE, 1996).

O método citado é utilizado para obter valores de condutividades hidráulicas mais profundas, e consiste em um “conjunto de ensaios” com quatro furos verticais no solo em profundidades de 50, 100, 150 e 200 cm, perfurados com trado manual de 15 cm de diâmetro. Os furos foram revestidos com tubos de PVC de 100 mm que foram cheios de água até uma altura inicial ( $h_0$ ).

A estimativa das condutividade hidráulica vertical foi realizada aplicando-se os valores obtidos na equação abaixo através de planilha elaborada com auxílio do software Excel.

$$K \text{ (m/s)} = 2,303 \times (R/4t) \times [\log(h_0/h_t)]$$

Onde:

$R$  - Raio interno do tubo (m);

$h_0$  - Coluna d'água inicial;

$h_t$  - Coluna d'água final;

$t$  - Tempo decorrido para o rebaixamento entre  $h_0$  e  $h_t$  (seg.).

Para cada tipo de experimento foram realizadas três repetições. Foram retiradas amostras indeformadas do solo para avaliação da porosidade total e da densidade, e para isso foram utilizados anéis volumétricos de 50 cm<sup>3</sup> para coleta das amostras. A metodologia adotada foi a da Embrapa (1997), tanto para a porosidade quanto para a densidade do solo. As amostras indeformadas foram coletadas entre 0 e 20 cm e de 21 a 40 cm de profundidade.

A densidade é o resultado da massa adquirida de uma amostra de solo previamente seca em estufa, dividida pelo volume, adquirido de um anel com volume previamente conhecido. A fórmula utilizada para o cálculo está descrita abaixo.

$$D_s = m_s/V_t$$

**Onde:**  $d_s$  = densidade do solo;  $m_s$  = massa seca e  $V_t$  = volume total do solo.

Com base no cálculo da densidade, foi calculada a porosidade total, utilizando a fórmula a seguir.

$$Pt = 1 - Ds \cdot Dp \cdot 100$$

**Onde:** Pt = porosidade total; Ds = densidade do solo e Dp = densidade de partículas.

As amostras para determinação da textura do solo foram coletadas com trado coletor num total de três amostras em três pontos distintos a uma profundidade de 40 a 60cm.

Na análise textural dos solos foi utilizado o método do densímetro desenvolvido por Bouyoucos (1927) *apud* Kiehl (1979).

A determinação da densidade das partículas foi desenvolvida conforme metodologia descrita Blake & Hartge (1986) que usa como princípio de determinação da densidade de partículas do solo o volume de álcool etílico necessário para completar a capacidade de um balão volumétrico (50 ml), contendo amostra de solo seco em estufa.

Na determinação pesou-se 20g de solo seco em estufa. A massa de solo foi transferida para um balão volumétrico de 50 ml ao qual foi adicionado 25 ml de álcool etílico e a seguir feita uma agitação por 1 minuto e deixado em repouso por 20 minutos. Após este tempo foi completado o volume do balão. A equação utilizada para a determinação da densidade de partícula foi:

$$Dp = a / (50 - b)$$

**onde:**

Dp – Densidade de partículas;

a - peso da amostra seca a 105°C;

b – Volume de álcool gasto

As medidas da resistência do solo à penetração (RP) foram efetuadas a partir do ponto de coleta de amostra do solo onde foi estendida uma trena com abertura de 5 metros, e a cada 10 cm foi realizada uma determinação da RP até uma distância de 200 cm. Foram realizadas 3 repetições em cada ponto com 20 determinações, totalizando 60 determinações (3 pontos x 20 determinações). A RP foi determinado com o uso de aparelho eletrônico (penetroLOG), no qual foi acoplado um aparelho de GPS (Global Position System), para localização dos pontos. Os dados obtidos foram armazenados no Datalogger do aparelho e posteriormente analisados em gabinete. As medidas de RP, seguiram as recomendações da Embrapa (1997).

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O valor médio da condutividade hidráulica para o método dos anéis concêntricos foi de  $3,76 \times 10^{-6}$  considerado um valor moderado conforme dados de Almeida et al (2006), onde os valores de Kv para Latossolos Vermelhos do Estado de Goiás variam entre  $10^{-4}$  e  $10^{-7}$ , e mostra que o valor obtido é compatível com o intervalo obtido pelos autores.

Os valores obtidos nas três amostras estão representados a seguir

**Quadro 1.** Amostras e valores de condutividade hidráulica superficiais.

Nº da amostra	Valor de kv (m/s)
1	9,85 x 10 <sup>-6</sup>
2	1,76 x 10 <sup>-5</sup>
3	9,84 x 10 <sup>-6</sup>
<b>Média</b>	<b>3,73 x 10<sup>-6</sup></b>

Os resultados de  $K_v$  obtidos pelo método *Open and hole* que estão representados no quadro abaixo, apresentaram taxas de infiltração altas dentro dos padrões dos Latossolos Vermelhos, que segundo Almeida et al (2006) variam de  $10^{-5}$  a  $10^{-7}$ .

**Quadro 2.** Valores de condutividade hidráulica pelo método *open and hole*.

Profundidade (cm)	Valor de Kv
50	2,37 x 10 <sup>-5</sup>
100	1,30 x 10 <sup>-5</sup>
150	1,04 x 10 <sup>-5</sup>
200	1,04 x 10 <sup>-5</sup>
<b>Média entre profundidades</b>	<b>1,44 x 10<sup>-5</sup></b>

**Quadro 3.** Resumo das características físicas do solo.

Latossolo Vermelho-Escuro, Substrato granito	Argila (%)	55,8
	Silte (%)	11
	Areia (%)	31,2
	Textura	Argilosa
	Cor	3/4 -2,5YR
	RP mínima (kPa)	1773
	RP máxima (kPa)	2160
	Densidade (kg/dm <sup>-3</sup> )	1,43
	Porosidade total (%)	49,5
	$K_v$ sup. Média (m/s)	10 <sup>-5</sup>
	$K_v$ prof. Média (m/s)	10 <sup>-6</sup>
	Densidade de partícula (kg/dm <sup>-3</sup> )	2,75

O solo avaliado apresenta textura argilosa. A RP ficou inferior a 2500 kPa, portanto não impeditiva ao desenvolvimento de raízes. A densidade do solo é considerada normal para solos argilosos em condições de degradação, que podem apresentar densidade da ordem de 1,45 kg.dm<sup>3</sup>, conforme Torres e Saraiva (1999). A porosidade total é considerada alta e a densidade de partículas ficou ligeiramente acima da média geral dos solos, que é de 2,65 kg/dm<sup>-3</sup>.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa maneira o Latossolo Vermelho de origem granítica apresentou boa porosidade e permeabilidade, mesmo em profundidades maiores, inclusive é possível perceber pelos resultados obtidos, que há uma maior compactação do solo em superfície e que a permeabilidade melhorou conforme se aumentou a profundidade. Portanto é possível afirmar que este solo favorece a infiltração de água para o lençol freático uma vez que a sua permeabilidade varia de moderada a alta. Os testes também serviram para mostrar que os métodos utilizados são adequados para estudos ligados á relação solo/água no meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

- ABGE. Ensaio de permeabilidade em solos - orientações para sua execução no campo. *Boletim n.º 4*. In: Oliveira, A. M. S., Corrêa Filho, D. (Coords). São Paulo, 1996.
- ALMEIDA, L. de. et al. **Hidrogeologia do estado de Goiás e Distrito Federal**. Série geologia e Mineração n.º 1. Goiânia-GO: Secretaria da Indústria e Comércio SIC, 2006.
- ARZENO, J. L. **Avaliação física de diferentes manejos de solos em Latossolo roxo distrófico**. Piracicaba, 1990. 259p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - ESALQ/USP.
- BARTH, F. T.; BARBOSA, W. E. S. **Recursos hídricos** (1999). Disponível em <http://www.fcth.br/public/cursos/phd5028.html>
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. – **Conservação do Solo**. Piracicaba/SP: Livroceres, 1985.
- CABEDA, M. S. Degradação física e erosão do solo. In: **Simpósio de Manejo do Solo e Plantio Direto no Sul do Brasil, 1º Simpósio de Conservação do Solo do Planalto, 3. 1984, Passo Fundo. Anais**. Passo Fundo: PIVCS e UPF - Faculdade de Agronomia, 1984. p.28-33.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- GUERRA, J. T. & CUNHA, S. B. da – **Geomorfologia: Técnicas e Aplicações**. São Paulo: Bertrand Brasil, 1999.
- ISLAN, K, R.; WEIL, R. R. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny**, v.55, p.69-79, 2000.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relações solo – planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- POTT, Cristiano André. **Determinação da velocidade de infiltração básica de água no solo por meio de infiltrômetros de aspersão, de pressão e de tensão, em três solos do estado de São Paulo**. (Dissertação de Mestrado). Campinas/SP: IAC, 2001.

MENEZES, J. P. C. de. **Influência do uso e ocupação da terra na qualidade da água subterrânea e sua adequação para consumo Humano e uso na agricultura.** (Dissertação de mestrado). Porto Alegre/RS: UFES, Centro de Ciências Agrárias, 2012. 81.p

TORRES, E. & SARAIVA, O. F. – **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja.** Londrina, EMBRAPA, 1999. 58 p. (circular técnica).

SOUSA, F. A. de. **A contribuição dos solos originados sobre granitos e rochas alcalinas na condutividade hidráulica, na recarga do lençol freático e na suscetibilidade erosiva – um estudo de caso na alta bacia hidrográfica do Rio dos Bois em Iporá-GO.** (tese de doutorado). Uberlândia: UFU/IG, 2013. 207p.