

# Variação da condutividade hidráulica saturada do solo em Argissolo Vermelho em função da orientação em área de pastagem

Vogelmann, E. S.<sup>1</sup>; Uhde, L. T.<sup>2</sup>; Kaiser, D.R.<sup>2</sup>, Reichert, J. M.<sup>3</sup>;  
Reinert, D. J.<sup>3</sup>; Vieira, D. A.<sup>4</sup>; Barros, C. A. P. de<sup>4</sup>; Pereira, T. I.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), e-mail: [eduardovogelmann@hotmail.com](mailto:eduardovogelmann@hotmail.com).  
Apresentador; <sup>2</sup>UFSM, [ltuhde@gmail.com](mailto:ltuhde@gmail.com); [douglasrodrigokaiser@gmail.com](mailto:douglasrodrigokaiser@gmail.com); <sup>3</sup>UFSM,  
[jmreichert@googlemail.com](mailto:jmreichert@googlemail.com). <sup>4</sup>UFSM, [agronomo.davi@gmail.com](mailto:agronomo.davi@gmail.com), [dinhaufsm@gmail.com](mailto:dinhaufsm@gmail.com),  
[tiagoivan@yahoo.com.br](mailto:tiagoivan@yahoo.com.br).

## Introdução

A disponibilidade de água para as plantas é regulada pela precipitação e pela capacidade de armazenamento e de infiltração da água no solo. O fluxo de água no solo está diretamente relacionado com a distribuição e tamanho de poros, o que remete à necessidade de conhecer esses atributos físicos para o entendimento de diversos processos que ocorrem no solo como a infiltração a redistribuição e o suprimento de água as plantas.

Dentre as variáveis que influenciam este fluxo, a condutividade hidráulica do solo se destaca. Ela é um parâmetro que representa o movimento de água, solutos e substâncias químicas no solo. De acordo com Tavares Filho et al. (2006), o valor máximo de condutividade hidráulica é atingido quando o solo se encontra saturado, e é denominado de condutividade hidráulica saturada (Ksat). Segundo Mesquita & Moraes (2004), qualquer fator que exerça influência sobre o tamanho e a configuração dos poros do solo exercerá também influência sobre a condutividade hidráulica, sendo os macroporos responsáveis pela maior parte da movimentação saturada da água no solo.

A condutividade hidráulica é uma das propriedades do solo que melhor indicam as diferenças estruturais nas diversas camadas que constituem o perfil (Corsini,1974). Em um perfil do solo ela varia de horizonte para horizonte, e dentro de cada horizonte, varia em função da umidade.

A magnitude da condutividade depende da distribuição, forma e tortuosidade dos poros, da superfície específica e da porosidade total (Oliveira et al., 2003). De acordo com Reichardt & Timm (2004), a condutividade ainda depende da fluidez da água, que é proporcional a sua viscosidade e densidade, e da macroporosidade do solo que, por sua vez, é função da textura e da estrutura.

Algumas propriedades físicas do solo, como a textura e a estrutura, determinam o fluxo de água no perfil. Assim, Silva et al. (2005) enfatizam a importância da funcionalidade do sistema poroso do solo, englobando propriedades tais como: quantidade, tamanho, morfologia, continuidade e orientação dos poros.

A condutividade hidráulica comporta-se de maneira diferente em cada horizonte do perfil do solo e é dependente da orientação de amostragem. Assim, este trabalho tem por objetivo avaliar a

variação da condutividade hidráulica saturada em cada horizonte e para as diferentes orientações de amostragem em um perfil de Argissolo e sua relação com a porosidade e densidade do solo.

## **Material e Métodos**

O estudo foi desenvolvido no ano de 2008, em uma unidade de produção agropecuária no município de Santa Maria, RS, na região fisiográfica da Depressão Central do Estado do RS, num solo classificado como Argissolo Vermelho distrófico espessarênico (EMBRAPA, 2006). A área está situada em 100 m de altitude, sendo o clima da região enquadrado segundo classificação de Köppen na zona Cfa (Nimer, 1989), com médias anuais de temperatura de 19,3°C e precipitação anual de 1561mm.

O perfil de solo caracterizado e classificado localizava-se no topo da coxilha de uma vertente que atualmente é cultivada com a cultura da aveia (*Avena sativa*) para pastejo direto com bovinos de leite. Na ocasião da semeadura da aveia foi realizada uma gradagem superficial com grade de disco.

Foram coletadas amostras com estrutura preservada com cilindros metálicos com aproximadamente 0,057m de diâmetro e 0,04m de altura em todos os horizontes do perfil nas orientações vertical, horizontal e inclinado (45°), três repetições. As amostras foram saturadas por 48 horas e após determinou-se a condutividade hidráulica do solo saturado (Ksat) em permeâmetro de carga variável. Após, as amostras foram secas em estufa a 105° C até peso constante para determinar a densidade do solo.

Foram coletadas amostras com estrutura preservada com cilindros de tamanho idêntico utilizados para a determinação da condutividade hidráulica, as quais no laboratório foram saturadas, pesadas e submetidas às tensões de 1, 6 e 10 kPa em coluna de areia (Reinert & Reichert, 2006) e 33 e 100 kPa em Câmara de Richards, para calcular a porosidade. Após, as amostras foram secas em estufa a 105° C até peso constante para determinar a densidade do solo.

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificar a distribuição de normalidade. A Ksat teve que passar por transformação logarítmica para seguir a distribuição normal. Procedeu-se a análise de variância e comparação de médias utilizando-se o teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

## **Resultados e discussão**

A Ksat apresentou grande variação entre as diferentes orientações de coleta dos cilindros. No horizonte Ap a orientação inclinado (45°) apresentou os maiores valores de condutividade (Tabela 1). Nos horizontes AB e BA encontraram-se, no sentido horizontal, os maiores valores de Ksat, ocorrendo uma mudança na qual passa a ser o sentido horizontal o preferencial para o fluxo de água no solo ao contrário do observado no Ap, em que o fluxo horizontal apresentou os menores valores de

Ksat. Isso demonstra que o horizonte Bt1, além de apresentar os menores valores de Ksat, constitui-se em um impedimento à drenagem da água. Nos horizontes A e Bt2, o comportamento foi semelhante entre as direções de coleta, não havendo diferença significativa.

**Tabela 1.** Valores de Condutividade Hidráulica Saturada, Densidade, Porosidade Total, Macroporosidade e Microporosidade em três direções de amostragem em Argissolo Vermelho distrófico espessarênico.

Horizonte	Orientação de amostragem			CV (%)
	Inclinado (45°)	Vertical	Horizontal	
<b>Condutividade Hidráulica Saturada (mm h<sup>-1</sup>)</b>				
<b>Ap</b>	131,01 a*	22,25 ab	3,12 b	15,40
<b>A</b>	23,05 a	17,00 a	40,55 a	22,66
<b>AB</b>	3,26 b	0,72 b	86,73 a	11,76
<b>BA</b>	0,74 ab	0,20 b	3,81 a	21,60
<b>Bt1</b>	0,09 b	0,04 b	8,33 a	57,6
<b>Bt2</b>	2,74 a	0,29 a	11,3 a	39,40
<b>Densidade do solo (Mg m<sup>-3</sup>)</b>				
<b>Ap</b>	1,70 a	1,71 a	1,73 a	3,09
<b>A</b>	1,67 a	1,57 b	1,52 b	2,09
<b>AB</b>	1,66 a	1,60 ab	1,53 b	2,39
<b>BA</b>	1,58 a	1,58 a	1,51 a	3,55
<b>Bt1</b>	1,55 a	1,61 a	1,49 a	6,27
<b>Bt2</b>	1,57 a	1,61 a	1,59 a	2,71
<b>Porosidade total (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>)</b>				
<b>Ap</b>	0,37 a	0,34 a	0,35 a	4,50
<b>A</b>	0,44 a	0,43 a	0,44 a	3,96
<b>AB</b>	0,44 a	0,45 a	0,44 a	4,12
<b>BA</b>	0,43 a	0,47 a	0,43 a	4,30
<b>Bt1</b>	0,48 a	0,45 a	0,44 a	3,77
<b>Bt2</b>	0,42 a	0,45 a	0,44 a	5,02
<b>Macroporosidade (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>)</b>				
<b>Ap</b>	0,16 b	0,26 a	0,28 a	8,45
<b>A</b>	0,16 a	0,16 a	0,10 a	14,05
<b>AB</b>	0,23 a	0,10 b	0,14 b	9,57
<b>BA</b>	0,16 b	0,22 a	0,17 ab	8,52
<b>Bt1</b>	0,11 a	0,12 a	0,09 a	10,25
<b>Bt2</b>	0,10 a	0,13 a	0,10 a	9,88
<b>Microporosidade (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>)</b>				
<b>Ap</b>	0,21 a	0,09 b	0,07 b	7,51
<b>A</b>	0,28 a	0,27 a	0,34 a	9,47
<b>AB</b>	0,21 b	0,35 a	0,30 ab	8,80
<b>BA</b>	0,27 a	0,25 a	0,26 a	8,12
<b>Bt1</b>	0,37 a	0,34 a	0,35 a	10,09
<b>Bt2</b>	0,31 a	0,32 a	0,34 a	11,46

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

No horizonte Ap, observam-se altos valores de densidade do solo caracterizando um processo de compactação no horizonte superficial devido ao pisoteio dos animais. De acordo com Reichert et al. (2003), os valores de densidade encontrados estão próximos de ser limitante para o

crescimento e desenvolvimento das plantas. De maneira geral, observa-se que, nos demais horizontes, a densidade do solo não apresentou grandes diferenças entre as direções de amostragem.

No horizonte Ap, onde encontramos uma maior densidade do solo devido à compactação imposta pelo pisoteio animal, observamos conjuntamente os menores valores de porosidade total independente da orientação de amostragem. Porém, observa-se certo predomínio de macroporos. Tal fato pode ser atribuído a ação da gradagem realizada no plantio da cultura da aveia. Essa constatação é concordante com Silva et. al. (2005) que também verificou aumento da macroporosidade na camada superficial do solo propiciada pela ação do revolvimento do solo por gradagem.

Ainda no horizonte Ap, a orientação inclinada apresentou-se como forma preferencial do fluxo da água nesse horizonte, associada à elevada microporosidade e reduzida macroporosidade em relação às demais orientações de coleta. Isso concorda com o observado por Bouma (1982) o qual relata que pequenos poros podem conduzir mais quando são poros contínuos, enquanto poros maiores em uma dada seção podem não contribuir para o fluxo quando apresentam descontinuidade no solo. Assim, a classificação por tamanho não reflete o importante padrão de continuidade dos poros no solo, podendo-se inferir erroneamente conclusões sobre a condutividade hidráulica quando considerada isoladamente.

No horizonte Bt2 não houve diferença significativa nos valores de macroporosidade e microporosidade. Nos horizontes Bt1 e Bt2 encontramos os menores valores de Ksat corroborando com Barreto et al. (2001) que encontrou baixas condutividades em solos com elevado teor de argila (Tabela 2). Back et al. (1990) destaca ainda que a condutividade hidráulica depende da textura, do arranjo das partículas (estrutura), da dispersão das partículas finas, da densidade e da massa sólida. Mesquita & Moraes (2004) acrescentam ainda mineralogia e profundidade como fatores que influenciam a Ksat. Tal fato é elucidado pela discrepância de valores existentes entre os horizontes Bt1 e Bt2 que apresentaram baixos valores de Ksat independentemente da orientação da coleta dos cilindros em relação aos demais horizontes. A presença de elevados teores de argila nos horizontes modifica suas características estruturais, indicando outro componente que pode atuar indiretamente na variabilidade, sendo que, nesses horizontes, estão os maiores coeficiente de variação. Contudo, como ressaltam Mesquita & Moraes (2004), a ocorrência de coeficientes de variação elevados é devido à alta variabilidade da Ksat nos solos.

Na região compreendida entre os horizontes A e Bt1 nota-se que o fluxo de água no solo processa-se preferencialmente na orientação horizontal. Porém, ao analisarmos os valores de porosidade não observamos a mesma resposta, pois em alguns horizontes não encontramos maiores valores de porosidade total, macroporosidade ou microporosidade. Nesses horizontes quando a orientação de coleta foi horizontal, portanto, a maior condutividade encontrada pode ser atribuída à geometria e continuidade dos poros. Assim sendo, o sentido horizontal mesmo apresentando, em alguns casos, menor porosidade é capaz de promover elevado fluxo de água nos horizontes.

**Tabela 2.** Teores médios de Argila, Silte e Areia no perfil de um Argissolo Vermelho.

Horizonte	Profundidade (cm)	Areia Grossa (g.kg <sup>-1</sup> )	Areia Fina (g.kg <sup>-1</sup> )	Silte (g.kg <sup>-1</sup> )	Argila (g.kg <sup>-1</sup> )	Classe Textural
Ap	0 - 20	446	246	180	128	Franco Arenoso
A	20 -53	449	217	184	150	Franco Arenoso
AB	53 - 90	355	204	186	255	Franco Argilo Arenoso
BA	90 - 117	285	173	156	386	Argila Arenosa
Bt1	117 - 150	199	128	329	345	Franco Argiloso
Bt2	150+	226	133	146	495	Argila

## Conclusões

O pisoteio animal promoveu aumento da densidade do solo e redução da porosidade no solo, resultando em fluxo anisotrópico de água no solo, diferindo dos horizontes subjacentes.

O trabalho evidencia que a dependência entre a Ksat e propriedades freqüentemente utilizadas para descrevê-la, como a densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total podem não ser suficientes para descrever a condutividade hidráulica saturada no solo, devendo ainda ser analisada a orientação do fluxo preferencial e continuidade dos poros no solo.

A condutividade hidráulica apresenta variação ao longo do perfil, podendo apresentar grandes discrepâncias entre os valores observados em superfície e em profundidade onde se verifica o fluxo lateral de água no solo.

## Agradecimentos

À FAPERGS, ao CNPq e à UFSM.

## Literatura Citada

BACK, A.J.; FERREIRA, P.A.; SEDIYAMA, G.C.; VIEIRA, M. Sistemas de drenagem em regime variável. Revista Ceres, Viçosa, v.37, n.209, p.36-49, 1990.

BARRETO, A.N; OLIVEIRA, G.R.; NOGUEIRA, L. C.; IVO, W. M. P. de M. Revista Brasileira de Eng. Agríc. Ambiental, Campina Grande, v.5, p.152-155, 2001.

BOUMA, J. Measuring the conductivity of soil horizons with continuous macropores. Soil Science Society of America Journal, v.46, p.438-441, 1982.

CORSINI, P.C. Modificações de características físico-hídricas em perfis de série Jaboticaal e Santa Tereza, ocasionadas pelo cultivo intensivo. Científico, Jaboticabal, v.2, n.2, p.49-161, 1974.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de classificação de solos. 2ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa Solos, 2006. 306p.

- MESQUITA, M.G.B.F.; MORAES, S.O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. *Ciência Rural*, v.34, p.963-969, 2004.
- NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 442p.
- OLIVEIRA, L.F.C.; BONONO, R.; CARVALHO, D.F.; CORTÊS, F.C. Influência da condutividade hidráulica na altura do lençol freático, espaçamento de drenos e na produtividade do milho. *Bioc. Jornal*, v.19, p.35-41, 2003.
- REICHARDT, K.; TIMM, L.C. *Solo planta e atmosfera – conceitos, processos e aplicações*. Barueri - SP: Manole, 2004. 478p.
- REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Revista Ciência & Ambiente*, Santa Maria, v.27, p.29-48, 2003.
- REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo: protótipos e teste. *Ciência Rural*, v.36, p.1931-1935, 2006.
- SILVA, M.A.S.; MAFRA, A.L.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. *Ciência Rural*, v.35, p.544-552, 2005.
- TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I.C.B.; RIBON, A. A.; BARBOSA, G.M.C. Efeito da escarificação na condutividade hidráulica saturada de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.36, n.3, p.996-999, 2006.