

Ksat 2008 - Programa Computacional Auxiliar na Determinação da Condutividade Hidráulica de Solo Saturado pelo Método do Permeâmetro de Carga Decrescente

**Paulo Ivonir Gubiani⁽¹⁾; Dalvan José Reinert⁽²⁾; José Miguel Reichert⁽²⁾ &
Neiva Somavilla Gelain⁽³⁾**

- (1) Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS), Bolsista CAPES, Depto Solos, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av. Roraima prédio 42, sala 3017, Santa Maria, RS, CEP 97105-900, paulogubiani@gmail.com (apresentador do trabalho); (2) Professor Titular, Bolsista CNPq, Depto Solos, UFSM, Santa Maria, RS, CEP 97105-900, dalvanreinert@gmail.com, reichert.jm@gmail.com; (3) Graduanda do Curso de Engenharia Florestal, Bolsista CNPq, UFSM, Santa Maria, RS, CEP 97105-900, neivaengenhaira@gmail.com

RESUMO: A condutividade de solo saturado (Ksat) é uma propriedade que apresenta elevada variabilidade. Para que ela possa ser descrita pela função densidade de probabilidade normal, ou funções aproximadas a esta, é necessário a utilização de um número maior de amostras. O aumento do número de amostras torna o processo mais laborioso e demorado, principalmente por limitações dos equipamentos utilizados nas análises, além de gerar uma quantia maior de informações para posterior sumarização. Esses inconvenientes podem ser amenizados com o auxílio de ferramentas computacionais, as quais podem tornar o processo de análise mais dinâmico, prático e seguro. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um aplicativo computacional para operar na coleta, organização dos dados analíticos, cálculo da Ksat em tempo real e facilitar a análise pelo método do permeâmetro de carga decrescente. O aplicativo computacional, denominado de Ksat 2008, foi desenvolvido em Visual Basic 6.0, com banco de dados Access (Fig. 2). O Ksat 2008 tornou mais rápido o processo de determinação da Ksat, possibilitou repetir análises para confirmação de resultados e armazenou de forma organizada os dados processados. O uso do programa permitiu acelerar a análise da Ksat e obter os resultados em tempo real, de maneira prática, eficiente e segura.

Palavras-chave: propriedades hídricas, computação, equipamentos.

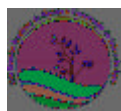
INTRODUÇÃO

A condutividade hidráulica de solo saturado (KSAT) é referida na literatura como uma propriedade de extrema importância nos estudos sobre fluxos no solo. Mesquita & Moraes (2004) enfatizam a importância de se caracterizar

adequadamente a KSAT, devido à sua relevância em informar sobre a capacidade de transporte de água, solutos e substâncias químicas no solo. Por fazer parte de todos os modelos utilizados no dimensionamento de sistemas de drenagem, a Ksat é considerada um dos parâmetros físico-hídricos mais importantes desses modelos (Oliveira, et al., 2003).

A Ksat, para ser descrita pela função densidade de probabilidade normal, ou funções aproximadas a esta, exige a utilização de um número maior de amostras, devido à sua grande variabilidade (Mesquita & Moraes, 2003). Conforme Eguchi et al. (2003) apud Machado (1994), se essa variação não for corretamente observada, o planejamento do manejo do solo, a eficiência de projetos de irrigação, drenagem e conservação do solo, e os resultados de pesquisa podem ser comprometidos.

O processamento de um grande número de amostras tem uma série de implicações de ordem prática. Um dos aspectos se refere aos equipamentos comumente usados em laboratório, os quais apresentam algumas limitações, como pequena praticidade (permeâmetro de carga constante), ou processamento individual das amostras (permeâmetro de carga decrescente). Conforme relatam Mesquita & Moraes (2004), os métodos correntes disponíveis para medição ou cálculo da Ksat não são facilmente usados repetidamente, por serem caros, consumirem tempo, ou serem complicados tecnicamente. Esses autores também ressaltam a necessidade do desenvolvimento de métodos alternativos para a determinação da Ksat. Um outro aspecto é que o aumento da quantidade de amostras torna a tarefa mais trabalhosa, requer mais tempo, gera uma maior quantidade de informações, exige mais cuidado nas anotações e organização dos dados, além de aumentar as chances de erro.



Esses inconvenientes podem ser contornados com o auxílio de ferramentas computacionais, as quais podem tornar o processo de análise mais dinâmico, prático e seguro.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta computacional para operar na coleta, organização dos dados analíticos, cálculo da K_{sat} em tempo real e facilitar a análise pelo método do permeâmetro de carga decrescente.

MATERIAL E MÉTODOS

O aplicativo computacional, denominado de K_{sat} 2008, foi desenvolvido em Visual Basic 6.0, com banco de dados Access (Fig. 2). O K_{sat} interage com o permeâmetro por meio do usuário, o qual opera o programa com comandos de teclado. O programa foi projetado para atender às características operacionais do permeâmetro de carga decrescente desenvolvido no Laboratório de Física do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) (Fig. 1). Porém, as configurações do programa podem ser alteradas, permitindo a adequação do K_{sat} 2008 a situações distintas, tanto de procedimentos de análises, quanto a tipos diferentes de montagem do permeâmetro.

O permeâmetro de carga decrescente, esquematicamente simplificado na Fig. 1, é composto de duas partes principais. Uma das partes é constituída por um cilindro metálico acoplador da amostra em forma de copo (a), munido de uma borracha inflável de vedação e dispositivo superior para retirada de ar do seu interior. O cilindro acoplador é conectado a tubos alimentadores de ar pressurizado (b) e água (c). Essa parte do equipamento permanece submersa em água, durante a análise.

A outra parte consiste de três tubos de vidro graduados (P, M e G), os quais são abastecidos com água por meio da tubulação ligada ao registro R1. O diâmetro interno dos tubos de vidro escolhidos é de 3,95 mm (P), 5,91 mm (M) e 10,02 mm (G).

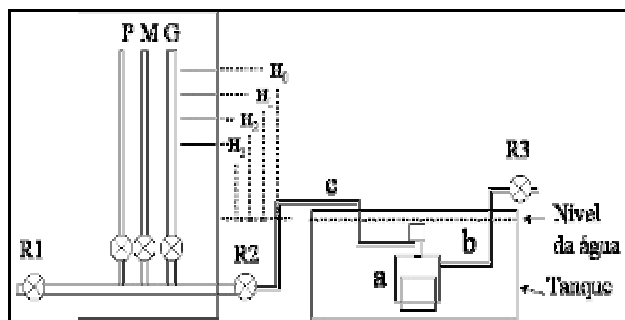


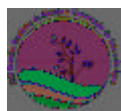
Figura 1. Esquema do permeâmetro de carga decrescente, desenvolvido no Laboratório de Física do Solo, da UFSM.

A operação do permeâmetro inicia com a introdução da amostra de solo saturado no cilindro acoplador e pressurização da borracha de vedação para impedir a passagem de água entre o anel contendo a amostra de solo e o cilindro acoplador. O ar remanescente no interior do cilindro é retirado pela aplicação de um fluxo lento de água, mantendo aberto o dispositivo superior do cilindro. Após a completa eliminação do ar, o dispositivo superior é fechado. Os tubos P, M e G são abastecidos com água até o topo, mantendo-se o registro R2 fechado. Com os registros dos tubos P, M e G fechados, abre-se o registro R2 e, posteriormente, o registro de um dos tubos. Contabiliza-se o tempo para o deslocamento da coluna de água entre os intervalos H_0-H_1 , H_1-H_2 e H_2-H_3 (Fig. 1). A K_{sat} é calculada, em cada intervalo, pela equação descrita em Hillel, (1998):

$$K_{sat} = (2,3aL/At)(\log H_n - \log H_{n+1})$$

onde: K_{sat} é a condutividade hidráulica de solo saturado (cm h^{-1}); H_n e H_{n+1} são, respectivamente, os extremos superior e inferior da coluna de água do intervalo (cm); $\Delta t = t_1 - t_2$ é o intervalo de tempo de deslocamento da coluna (h); A = área da seção transversal da amostra de solo (cm^2); L = comprimento da amostra de solo (cm); a = área da seção transversal do tubo contendo a coluna de água (cm^2).

O K_{sat} 2008 atua na tomada dos tempos de descarga da coluna de água. Inicialmente, o cronômetro do programa é disparado. Quando o limite superior da coluna de água passar na altura H_0 , pressiona-se a tecla "Enter" e o tempo será



registrado no campo " T_0 ". Da mesma forma, quando o limite superior da coluna estiver passando pelas outras alturas (H_1 , H_2 e H_3), deve-se pressionar "Enter" para registrar o tempo nos respectivos campos (T_1 , T_2 e T_3). Após o fornecimento dos termos "A" e "L" da equação e seleção do tubo de vidro usado, o programa calcula os valores de Ksat, em cada intervalo e a média dos resultados parciais. Os resultados são convertidos em mm h^{-1} e armazenados no banco de dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tela principal do Ksat 2008 é mostrada na Fig. 2. Apenas algumas colunas das informações do banco de dados foram exibidas. O programa possibilitou a tomada das três leituras dos tempos de descarga da coluna de água sem a necessidade de interromper o fluxo, procedimento comum quando as leituras eram registradas por cronômetro manual e anotadas em ficha de papel.

A opção de fazer três medidas da Ksat em uma única descarga da coluna de água é uma estratégia que possibilita identificar, pela diferença entre as Ksat de cada intervalo da descarga da coluna, falhas no teste como vazamentos ou alterações da amostra. Porém, o usuário pode configurar o programa para fazer apenas uma tomada de leitura em cada análise.

O mecanismo inteligente de transferência do foco para os comandos ou etapas seguintes na sequência de tomada de informações de um teste permite rapidez de navegação na tela do programa, dispensando o uso do mouse. O deslocamento sobre os comandos ou campos é feito com as teclas "Tab" ou "Enter", dependendo da situação.

Outra grande vantagem do uso do KSAT é poder verificar o resultado em tempo de análise, o que permite corrigir possíveis erros, ou comprovar o valor obtido pela repetição do teste. Devido à sua característica variável, é comum obter valores discrepantes (altos) para Ksat. Se esses valores forem conhecidos somente num momento posterior e não havendo possibilidade de repetir o teste, eles correm o risco de serem excluídos do conjunto. A repetição do teste torna mais segura a escolha de manter ou eliminar a amostra.

O cronômetro do Ksat 2008 pode apresentar medidas de tempo levemente diferentes de medidas apresentadas pelos cronômetros disponíveis no

mercado. A diferença é provocada principalmente pelo desempenho do computador. Em razão disso, o cronômetro do programa deve ser aferido antes do início dos testes, utilizando-se um bom cronômetro. Para realizar esta operação, basta apontar para o *menu* arquivo e clicar em "Aferir cronômetro". O cronômetro padrão e o cronômetro do Ksat 2008 devem ser disparados e interrompidos simultaneamente. Recomenda-se um período mínimo de 5 minutos para a aferição.

Todas as informações das análises são armazenadas em um banco de dados, onde o identificador de cada registro (análise salva) é o nome do grupo das análises. Este identificador permite transferir para uma planilha Excel grupos de amostras armazenadas no banco de dados que possuem o mesmo identificador.

O arquivo ajuda do Ksat 2008 fornece informações relativamente detalhadas sobre todos os mecanismos do programa e apresenta um exemplo da sequência a ser seguida, para a realização das análises.

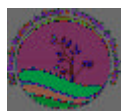
Através do *menu* configurações, é possível alterar a sequência de tomada das informações, as dimensões dos tubos que contém a coluna de água, as alturas da coluna e os campos que são exibidos na grade da tela principal do programa. As figuras 3a e 3b são exemplos de algumas configurações que podem ser alteradas. As demais configurações estão detalhadas no arquivo ajuda.

CONCLUSÕES

O uso do Ksat 2008 permitiu acelerar a análise da Ksat e obter os resultados em tempo real, de maneira prática, eficiente e segura.

REFERÊNCIAS

- EGUCHI, E.S.; SILVA, E.L. DA & OLIVEIRA, M.S. DE. Variabilidade espacial da condutividade hidráulica do solo saturado e da taxa de infiltração básica determinadas "in situ". Ci. Agrotec, Ed. especial: 1607-1613, 2003.
- HILLEL, D. Environmental soil physics. São Diego, Academic Press. Califórnia, 1998.
- MESQUITA, M.G.B.F. & MORAES, S.O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. Ci. Rural, 34: 963-969, 2004.
- MESQUITA, M.G.B.F. & MORAES, S.O. Caracterização estatística de variáveis físicas do solo. Ac. Scientiarum, 15: 35-44, 2003.
- 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, 19: 35-41, 2003.



Ksat 2008 - Condutividade hidráulica

Arquivo Configurações Ajuda

Grupo de amostras: LabFísicaSolos-UFSM Tempo, s: 26,6 FC: 1,092

Cargas hidráulicas

H0, cm: 54,7
H1, cm: 44,7
H2, cm: 34,7
H3, cm: 24,7

Tempos

T0, s: 8,30
T1, s: 12,78
T2, s: 18,45
T3, s: 29,05

Cilindro e tubo com água

Informações do cilindro

Número cil.: 5
Altura cil., cm: 4
Diâm. cil., cm: 5,72

Diâm. tubo, mm

P: 3,95
M: 5,91
G: 10,02

Iniciar
Parar
Registrar
Salvar
Cancelar

Reg	Grupo	Cilindro	Ksat 1, mm/h	Ksat 2, mm/h	Ksat 3, mm/h	Ksat média, mm/h
1	LabFísicaSolos-UFSM	1	147,62	144,02	158,18	149,94
2	LabFísicaSolos-UFSM	2	155	155,54	153,52	154,69
3	LabFísicaSolos-UFSM	3	47,75	43,42	45,72	45,63
4	LabFísicaSolos-UFSM	4	98,92	91,42	83,28	91,2

☐ Habilitar edição dos dados na grade ☐ Habilitar deletar Deletar Transferir para Excel

Figura 2. Tela principal do Ksat 2008. As informações nos campos acima da grade são valores obtidos no final de uma análise, porém ainda não salvos. A grade com informações mostra registros já armazenados no banco de dados.

Configurações das Cargas Hidráulicas

Definições das cargas hidráulicas (colunas de água)

☐ Alterar configurações atuais

Leituras tomadas por teste: 3

☐ Digitar o valor das colunas
☐ Calcular (colunas equidistantes)

Maior H (H0), cm:
Intervalo entre Hs, cm:

Colunas de água

H0, cm: 54,7
H1, cm: 44,7
H2, cm: 34,7
H3, cm: 24,7

Cancela Aplicar

Modo de Entrada das Informações do Cilindro

Opções das informações do cilindro

☒ Altura e diâmetro fixos
Altura, cm: 4 Diâmetro, cm: 5,72

☐ Diâmetro e altura digitados somente no final do lote
☐ Diâmetro e altura digitados a cada amostra

☒ Identificação do cilindro fornecida no início do teste

Cancela Aplicar

Figura 3. Janelas utilizadas para a configuração do modo de entrada das informações relativas à amostra e definição das cargas hidráulicas.