

# XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO

## CONQUISTAS & DESAFIOS da Ciência do Solo brasileira

De 05 a 10 de  
agosto de 2007

Serrano Centro de  
Convenções  
Gramado/RS



XXXI  
CONGRESSO CONQUISTAS  
BRASILEIRO & DESAFIOS  
DE CIÊNCIA da Ciência do  
DO SOLO Solo brasileira



De 05 a 10 de agosto de 2007 Serrano Centro de Convenções - Gramado-RS

Realização:



Promoção:



Apoio:



Gramado  
*faz bem!*

Patrocínio:





XXXI  
CONGRESSO BRASILEIRO  
DE CIÊNCIA DO SOLO  
CONQUISTAS & DESAFIOS  
da Ciência do Solo brasileira



De 05 a 10 de agosto de 2007 Serrano Centro de Convenções - Gramado-RS

SP 10623

## Desenvolvimento de Programa para o Auxílio à Tomada de Decisão em Agricultura Irrigada

J.M. NAIME<sup>(1)</sup>, V.T. SHINYA<sup>(2)</sup>, L.H. BASSOI<sup>(3)</sup> & C.M.P. VAZ<sup>(4)</sup>

**RESUMO** – Em áreas de culturas irrigadas os produtores necessitam ferramentas computacionais que informem imediatamente a quantidade de água disponível para a planta no momento da leitura dos tensiômetros. A metodologia atual adotada pelos produtores irrigantes dispende muito tempo e requer pessoal especializado. Com o objetivo de fornecer uma ferramenta computacional, prática e simples, que auxilia a tomada de decisão sobre quando e quanto irrigar, este trabalho apresenta a primeira fase do desenvolvimento desse projeto através de um programa que obtém a equação de van Genuchten para descrever a curva de retenção, a partir dos pontos experimentais. As medidas de granulometria e/ou retenção podem ser obtidas por métodos convencionais (mesa de tensão/câmara de pressão de Richards, pipeta/densímetro) ou não-convencionais (analisador granulométrico da Embrapa). O aplicativo final será executado em um computador de mão que integra posicionamento global para busca automática dos parâmetros da retenção na área de interesse. No caso do analisador automático de tamanhos de partículas, a curva de retenção é obtida apenas a partir da granulometria por meio do método de Arya & Paris (AP), aplicados aos 26 pontos de tamanhos de partículas medidos. São apresentados resultados obtidos pelo analisador granulométrico e por medidas convencionais registradas no arquivo do UNSODA - banco de dados internacional de propriedades hidráulicas de solos não-saturados, mantido pelo USDA/ARS. Conclui-se que a metodologia empregada é a mais adequada para ser implementada no aplicativo final, além de permitir a determinação da qualidade física do solo, faixas de densidade e umidade adequadas para o manejo e o estudo de refinamento do fator de escala ( $\alpha$ ), do método AP que corrige o empacotamento das partículas do solo estruturado, em função da umidade.

### Introdução

O manejo da irrigação envolve aspectos ambientais e econômicos tão interdependentes que determinam o grau de sustentabilidade de determinada cultura numa região. Para o manejo adequado, em áreas de culturas irrigadas os produtores necessitam saber se as plantas têm água suficiente na zona radicular com o intuito de ajustar a lâmina aplicada. A lâmina aplicada é calculada conforme a evapotranspiração de referência, obtida em estações meteorológicas e a partir das características do sistema de irrigação em uso. Para fornecer esses dados aos produtores a Embrapa Semi-Árido desenvolveu uma planilha eletrônica que opera através das seguintes ações:

1. Inserção dos dados da curva de retenção obtida em laboratório;
2. Inserção dos parâmetros da equação de van Genuchten que são obtidos através do aplicativo CURVARET [1];
3. Construção do gráfico da curva de retenção na planilha e
4. Inserção dos dados das leituras dos tensiômetros para o cálculo da umidade do solo e a quantidade de água disponível, discretizada em camadas (0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm).

No final do processo, a planilha gera uma tabela que relaciona a leitura do tensiômetro com a quantidade de água disponível no solo, para que o produtor faça a leitura e imediatamente, no campo, já saiba o quanto de água tem no solo.

O preenchimento e a utilização dessa planilha eletrônica dispende muito tempo e requer especialização técnica do usuário. Portanto, tem-se interesse no desenvolvimento de uma ferramenta computacional prática, de uso direto para o produtor irrigante. Como o Qualisolo obtém a curva de retenção ajustada à equação de van Genuchten [2], torna-se interessante, no primeiro momento, desenvolver rotinas específicas para as medidas da curva de retenção em laboratório e fazer a conversão de potencial matricial para umidade e assim fornecer uma tabela prática para o produtor, em função das características do seu solo. Posteriormente, essa nova funcionalidade também poderá ser agregada ao analisador granulométrico de solos [3]. Além disso, um aplicativo dessa natureza pode ser instalado em computador tipo "Palm" para direta utilização, inclusive com georreferenciamento.

<sup>(1)</sup> Naime é Pesquisador A da Embrapa Instrumentação Agropecuária. Rua 15 Novembro, 1452, centro, São Carlos, SP, CEP 13561-206. E-mail: [naime@cnpdia.embrapa.br](mailto:naime@cnpdia.embrapa.br) (apresentador do trabalho)

<sup>(2)</sup> Shinya é bolsista DTI do CNPq, Embrapa Instrumentação Agropecuária, Rua 15 Novembro, 1452, centro, São Carlos, SP, CEP 13561-206.

<sup>(3)</sup> Bassoi é Pesquisador A da Embrapa Semi-Árido. BR 428, km 152, Zona Rural, Petrolina, PE, Caixa Postal 23, CEP 56302-970.

<sup>(4)</sup> Vaz é Pesquisador A da Embrapa Instrumentação Agropecuária. Rua 15 Novembro, 1452, centro, São Carlos, SP, CEP 13561-206.

Apoio financeiro: Embrapa e CNPq.

**Palavras-Chave:** Manejo da irrigação; Curva de retenção; Qualidade física do solo.

## Material e métodos

### A. Qualisolo

O programa Qualisolo foi desenvolvido para trabalhar integrado ao analisador granulométrico e agregar a esse equipamento, que em breve estará disponível para comercialização, os seguintes resultados: curva de retenção da água no solo; qualidade física do solo em função da densidade; faixa de umidade de manejo e condutividade hidráulica relativa. A distribuição do tamanho de partículas é interpolada uma função logística (sigmoidal):

$$C = A_2 + \frac{(A_1 - A_2)}{1 + \left(\frac{d}{d_0}\right)^p} \quad (1)$$

Onde  $C$  é a concentração das partículas,  $d$  é o diâmetro,  $d_0$  é valor do diâmetro na inflexão, um parâmetro de ajuste como  $A_1$  e  $A_2$ .

O método de Arya & Paris [4], baseado na similaridade entre a curva de distribuição de tamanho de partículas e a curva de retenção de água, é utilizado para determinar vinte pares de pontos ( $\theta$ ,  $\psi$ ), umidade e potencial matricial, respectivamente. Para ajustar a curva da granulometria às classes de tamanhos de partículas definidas pelo método AP, o Qualisolo utiliza a função de Gompertz para relacionar a concentração ( $C$ ) com o diâmetro ( $d$ ):

$$C = A_{mp} \cdot e^{-e^{-k_{Gomp} (d - d_c)}} \quad (2)$$

Dentre várias funções logísticas estudadas, essa apresentou o melhor refinamento para o método AP e conseqüente ajuste dos parâmetros da equação de van Genuchten.

### B. Qualisolo2 - versão do programa para inserção de dados de medidas convencionais

Os resultados interessantes do programa Qualisolo tanto para o manejo do solo e da irrigação motivaram a inclusão de opções para entrada de dados de medidas convencionais de granulometria e/ou retenção como ponto de partida para o desenvolvimento de um aplicativo específico para computador de mão dedicado ao manejo da irrigação. Dessa forma, também é viabilizada a validação comparativa do Qualisolo com métodos convencionais para um grande número de amostras, além de aproveitar todas as medições realizadas, por qualquer método, para construir bancos de dados específicos para os produtores irrigantes.

Vaz et al. [5] validaram o método AP para solos brasileiros estudando 104 amostras dos solos mais representativos. Um dos resultados mais relevantes desse trabalho é mostrar a dependência do fator de escala  $\alpha$  do método com a umidade e a proposição de uma função  $\alpha$  ( $\theta$ ). Portanto, foi adotado no Qualisolo2

um procedimento para refinar o valor de  $\alpha$  por meio de iterações no método AP no sentido de minimizar o desvio entre os pares de valores pressão/umidade medidos e aqueles calculados pelo modelo. Assim, o programa apresenta o valor de  $\alpha$  "ideal" para cada umidade. A eq. (3) mostra a influência de  $\alpha$  no cálculo das pressões para cada classe  $i$  de tamanho de partículas.

$$\psi_i = \frac{2\sigma}{\rho_w g R_i \sqrt{\frac{2(\rho_p - \rho_s)}{3\rho_s} \left(\frac{3w_i}{4\pi R_i^3 \rho_p}\right)^{1-\alpha}}} \quad (3)$$

Onde  $\sigma$  ( $N.m^{-1}$ ) é a tensão superficial da água na interface ar-água,  $\rho_w$  ( $kg.m^{-3}$ ) é a densidade da água,  $g$  ( $9,81 m.s^{-2}$ ) a aceleração da gravidade,  $R_i$  é o raio da partícula do solo na classe  $i$ ,  $\rho_p$  ( $kg.m^{-3}$ ) densidade das partículas,  $\rho_s$  ( $kg.m^{-3}$ ) densidade global do solo,  $w_i$  ( $kg.kg^{-1}$ ) é fração de massa do solo dentro da classe  $i$  calculada pela curva sigmoidal de distribuição acumulada de tamanho de partículas.

A Fig. 1 mostra a tela inicial do programa Qualisolo2 com as opções de entrada de dados: incompleta (análises convencionais) ou completa - 27 pontos (analisador granulométrico), mais abaixo estão formas de apresentação dos resultados. Como exemplo, na Fig.1 são apresentados os dados do solo que tem código 1010 na base UNSODA. Foram inseridos em ordem decrescente os dados da granulometria: diâmetro das partículas ( $\mu m$ ) e concentração (%); e a retenção com a pressão (kPa) em ordem decrescente e a umidade ( $cm^3.cm^{-3}$ ), inversamente proporcional, em ordem crescente. Também deve ser informada a densidade global (DGS) e a densidade das partículas (DGS). Pressionando-se o botão calcular são calculadas e apresentadas a granulometria e a retenção em forma de tabelas e/ou gráficos, assim como os valores dos parâmetros da interpolação sigmoidal, alfas ideais, interpolação Gompertz e os parâmetros da equação de van Genuchten, que finalmente alimentarão a base de dados do aplicativo para irrigação, convencionados da seguinte forma:

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \cdot \left[ \frac{1}{1 + (\gamma\psi)^n} \right]^{\frac{n-1}{n}} \quad (4)$$

onde  $\theta_r$  ( $T_r$ ) e  $\theta_s$  ( $T_s$ ) ( $cm^3.cm^{-3}$ ) são teores de umidade residual e saturada, respectivamente,  $\psi$  (kPa) é o potencial matricial,  $\gamma$  (gama) e  $n$  (P) são parâmetros de ajuste. Estão entre parênteses a nomenclatura adotada no programa que é diferente por dificuldade de apresentar letras gregas no formulário desenvolvido na linguagem C++, Borland Builder 6.0.

## Resultados

A Fig. 2 mostra a janela de resultados gráficos com parâmetros de ajustes da interpolação sigmoidal, Gompertz e van Genuchten para os dados do solo código 1010 da base UNSODA. Dessa forma, a leitura do tensiômetro poderá fornecer, para o solo 1010, imediatamente a umidade:

$$\theta \approx 0,069 \approx 0,361 \left[ \frac{1}{1 \approx 0,6, \psi^{0,438}} \right]^{0,438} \quad (5)$$

Para cada entrada de novos dados, o usuário do programa pode clicar em "Salvar" para que os dados de entrada e os resultados de diversas amostras sejam acumulados na janela de tabelas (Fig.3). Clicando-se em "Salvar Arquivo" todas as análises são gravadas em um arquivo texto nomeado pelo usuário.

A Tabela 1 apresenta resultados do programa para solos de diferentes texturas da base UNSODA. O solo código 1182 teve medida apenas as 3 frações principais, nos demais a granulometria apresentou 7 pontos. Foram utilizados os dados da retenção seca apresentados, em média, com 9 pontos.

### Discussão

Neste estágio do desenvolvimento, o aplicativo tem-se mostrado bastante eficiente para agilizar o processo de obtenção dos parâmetros da curva de retenção. Um banco de dados georreferenciado pode ser construído para posterior utilização do programa de auxílio à tomada de decisão no manejo da irrigação. Além disso, viabiliza-se, de forma prática e confiável, a análise de um grande volume de dados para estudos de desenvolvimento e refinamento de modelos e sua própria validação com dados experimentais. A próxima etapa deste trabalho é o projeto da estrutura banco de dados para atender requisitos de portabilidade entre sistemas operacionais.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Embrapa e ao CNPq.

### Referências

- [1] DOURADO NETO, D.; LIER, Q.J.V.; BOTREL, T.A. 1990. Programa para confecção da curva de retenção da água no solo utilizando o modelo de van Genuchten. *Engenharia Rural*, 1: 92-102.
- [2] VAN GENUCHTEN, M.T. 1980. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 44: 892-898.
- [3] NAIME, J.M.; VAZ, C.M.P.; MACEDO, Á. 2001. Automated soil particle analyzer based on gamma-ray attenuation. *Computer and Electronics in Agriculture*, 31:295-304, 2001.
- [4] ARYA, L.M.; PARIS J.F. 1981. A physicoempirical model to predict soil moisture characteristics from particle size distribution and bulk density data. *Soil Science Society of America Journal*, 45:1023-1030.
- [5] VAZ, C.M.P.; IOSSI, M.; NAIME, J.M.; MACEDO, Á.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; COOPER, M. 2005. Validation of the Arya and Paris water retention model for Brazilian soils. *Soil Science Society of America Journal*, 69:577-583.

Tabela 1. Parâmetros da equação de van Genuchten e  $\alpha$ . A textura é apresentada em porcentagem.

Código	Argila(%)	Areia(%)	Silte(%)	$\alpha$ (g.cm <sup>-3</sup> )	$\beta$ (g.cm <sup>-3</sup> )	$\gamma$	$\delta$ (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	$\epsilon$ (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	$\zeta$	n
1013	2,0	85,0	13,0	2,67	1,49	1,07	0,034	0,0426	0,6	1,95
1014	2,0	87,0	11,0	2,76	1,53	1,10	0,0265	0,426	0,6	1,93
1010	3,0	83,0	14,0	2,64	1,64	1,20	0,069	0,430	0,6	1,78
1012	2,5	82,5	15,0	2,66	1,40	1,08	0,0479	0,4311	0,6	1,9
1011	5,7	86,5	7,8	2,68	1,52	1,15	0,0573	0,4613	0,5	2,06
1112	17,9	66,8	15,3	2,65	1,58	1,10	0,1773	0,3959	1,45	1,48
1103	29,1	65,2	5,7	2,65	1,56	1,18	0,2418	0,409	0,8	1,73
1113	27,4	63,2	9,4	2,65	1,49	1,07	0,2411	0,4449	1,45	1,46
1114	26,8	11,0	62,2	2,65	1,58	1,12	0,2778	0,4356	2,95	1,47
1104	29,7	68,1	2,2	2,65	1,63	1,30	0,2478	0,3834	0,8	1,54
1135	41,0	50,0	9,0	2,65	1,6,3	1,66	0,270	0,415	0,05	1,34
1134	40,5	48,9	10,6	2,65	1,68	1,60	0,273	0,3741	0,05	1,34
1163	47,0	41,0	12,0	2,70	1,49	1,34	0,285	0,400	0,45	1,3
1162	49,0	38,0	13,0	2,69	1,54	1,49	0,289	0,408	0,35	1,28
1182	54,0	33,0	13,0	2,68	1,36	1,68	0,353	0,577	2,35	1,29

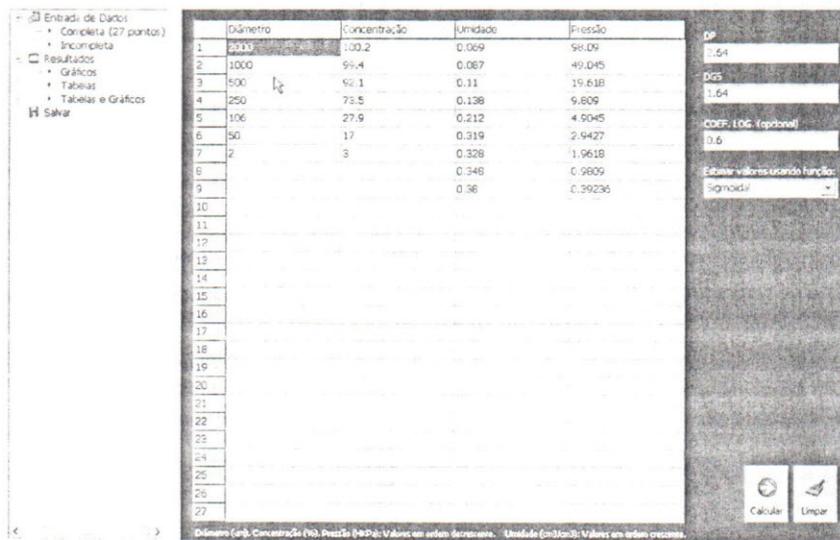


Figura 1. Tela inicial do programa Qualisolo2 com dados de granulometria e retenção do solo código 1010 da base UNSODA.

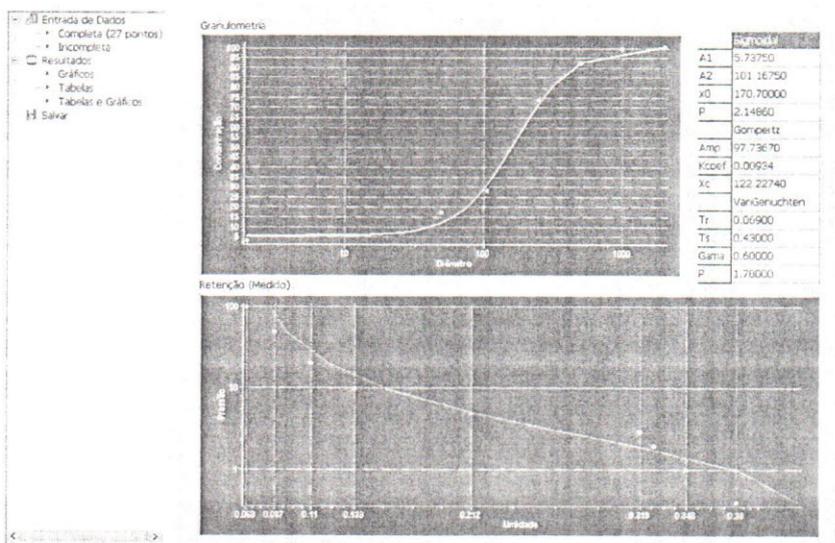


Figura 2. Gráficos da granulometria e retenção do solo código 1010 da base UNSODA. Na tabela são apresentados os parâmetros de ajuste.

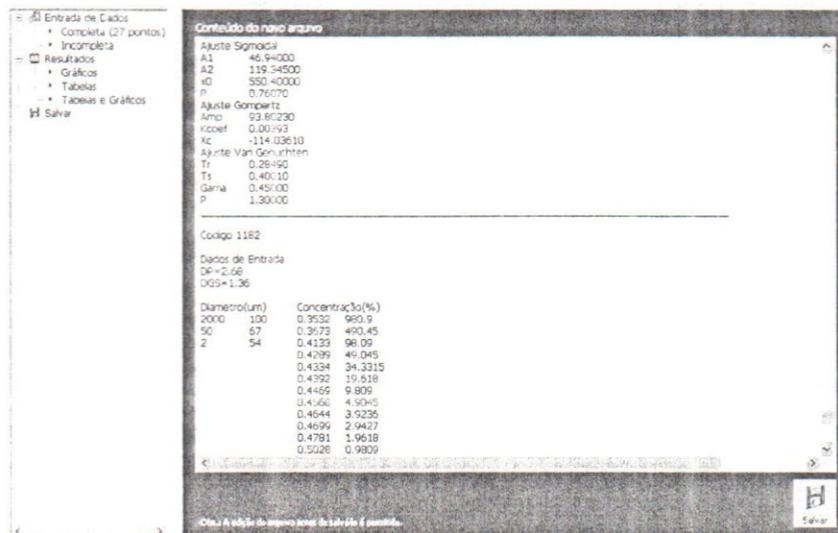


Figura 2. Área de edição do programa onde são inseridos automaticamente os dados e resultados, em forma de tabelas, para posterior gravação em arquivo.