

# Comunicado BU

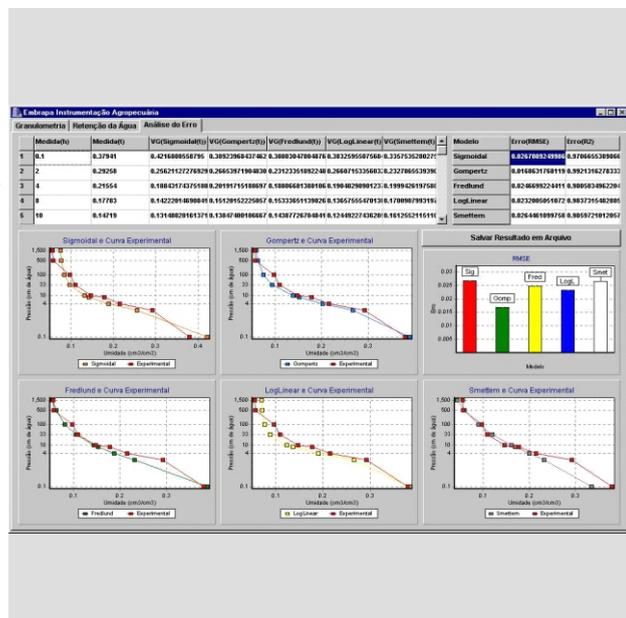
## Técnico

ISSN 1517-4786  
Outubro, 2004  
São Carlos, SP

## Programa para Estimativa Indireta da Curva de Retenção da Água no Solo

João de Mendonça Naime<sup>1</sup>  
Vivien Tammy Shinya<sup>2</sup>  
Carlos Manoel Pedro Vaz<sup>3</sup>

Imagem: João M. Naime



### Resumo

O conhecimento das propriedades hídricas do solo é fundamental para o estabelecimento de boas práticas agrícolas, bem como de técnicas de irrigação e drenagem. Entretanto, a determinação convencional da curva de retenção da água no solo é tão trabalhosa e demorada que inviabiliza análises de numerosos conjuntos de amostras, requeridos pela agricultura de precisão para o manejo do solo. Métodos de estimativa da capacidade de retenção de água, baseados em parâmetros de fácil determinação e/ou disponíveis em levantamentos de solos, têm despertado, recentemente, interesse da comunidade científica. Vaz et al. (2004) testaram e validaram o modelo de Arya-Paris (1981) para os solos mais representativos do estado de São Paulo. Este método utiliza a similaridade entre as curvas de distribuição de tamanho de partículas e a de retenção. O tamanho dos poros é associado a um certo volume de poros, determinado através de escalonamento (Arya et al. 1999). Comparando com métodos de funções de pedotransferência (PTF), o modelo de Arya-Paris é interessante, pois é semi-empírico, com embasamento físico, enquanto que PTF é puramente empírica e matemática. Vaz et al. (2004) implementaram, para avaliações com solos brasileiros, o modelo de Arya-Paris em planilhas eletrônicas. O uso desta ferramenta é um

trabalho meticuloso que exige conhecimento do modelo e da estrutura de cálculos da planilha. Com o objetivo de automatizar todos os cálculos da obtenção da curva de retenção por meio do modelo Arya-Paris, a partir dos dados obtidos pelo analisador granulométrico (Vaz et al., 1999), foi desenvolvido um programa, com interface amigável e acessível para não especialistas, de determinação da curva de retenção da água no solo de forma automática e integrada com esse instrumento.

O modelo Arya-Paris utiliza a equação textural para calcular as concentrações dos agrupamentos de tamanho de partículas. Cinco métodos de interpolação (sigmoidal, Gompertz, Fredlund, loglinear e Smettem) foram avaliados para escolher aqueles que ajustam melhor a curva textural e a de retenção, comparados com valores experimentais. O analisador granulométrico obtém 26 pontos da curva de distribuição de tamanho de partículas (Naime et al., 2001). Esta curva é dividida em n frações de diferentes diâmetros e a parte sólida de cada fração é hipoteticamente agrupada em cubos preenchidos por partículas esféricas. O volume de poros de cada agrupamento é calculado usando a densidade global e a densidade das partículas do solo estruturado. Arya e Paris propuseram 20 agrupamentos de frações de diâmetros com os seguintes limites: 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1500 e .

<sup>1</sup> Pesquisador, Eng. Eletrônico, Dr., Embrapa Instrumentação Agropecuária, C.P. 741, CEP 13560-970, São Carlos, SP, [naime@cnpdia.embrapa.br](mailto:naime@cnpdia.embrapa.br)

<sup>2</sup> Bacharelanda em Informática, USP-ICMC, CEP 13560-970, São Carlos-SP

<sup>3</sup> Pesquisador, Físico, Dr., Embrapa Instrumentação Agropecuária, C.P. 741, CEP 13560-970, São Carlos, SP, [vaz@cnpdia.embrapa.br](mailto:vaz@cnpdia.embrapa.br)

2000 m. Começando com a primeira fração (1 m), os volumes de poros são progressivamente somados, o resultado é dividido pelo volume total para obtenção da umidade volumétrica nos limites superiores das frações de massa sucessivas. Os raios de poros equivalentes são calculados para cada fração e convertidos para pressões (h, cm de água) através da equação da capilaridade. Vaz et al. (2003) descreveram detalhadamente o modelo de Arya-Paris para esta aplicação.

Para definir os métodos utilizados na versão final do programa do usuário, uma versão anterior avaliou, para as 109 amostras, os 5 métodos de interpolação para a curva de distribuição do tamanho das partículas e, dentre estes, verifica qual produz a melhor aproximação da curva de retenção experimental, quando aplicado o modelo de Arya-Paris. As Figuras 1 e 2 mostram a telas do programa na versão de avaliação dos métodos de interpolação. No módulo Granulometria (Figura 1) os dados do arquivo são lidos automaticamente por meio do botão “Abrir Arquivo” e o cálculo das curvas é obtido como o botão “Curvas”. A função sigmoidal é a que melhor ajusta as curvas de textura.

Em cada um dos 5 métodos de interpolação, e h são calculados e os parâmetros de van Genuchten, ajustados para interpolar a curva de retenção. A análise dos desvios, através do erro médio quadrático (RMSE) e do fator de correlação (R<sup>2</sup>), para 109 amostras de solo mostraram que a interpolação por Gompertz, na maioria dos casos, é a que melhor ajusta a curva de retenção.

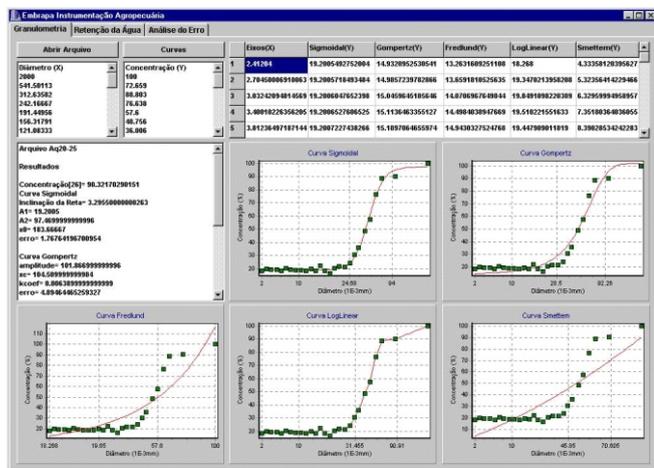


Figura 1 Módulo da granulometria: interpolações da curva textural.

Os gráficos da Figura 1 mostram os pontos da curva de distribuição do tamanho das partículas lidos do arquivo (pontos verdes) e as curvas interpoladas (linhas vermelhas) pelos 5 métodos citados. Os resultados são apresentados nas tabelas desse módulo.

O módulo Análise do Erro (Figura 2) mostra as curvas de retenção obtidas em cada método de interpolação, juntamente com as curvas experimentais, para cada um dos métodos e a comparação do RMSE no gráfico de barras.

A Fig. 3 mostra a versão final de usuário do programa desenvolvido com base na análise dos resultados. O arquivo de dados da textura, gerado pelo analisador granulométrico, é lido interpola a granulometria pela função logística e a curva de retenção pelo método de Gompertz.

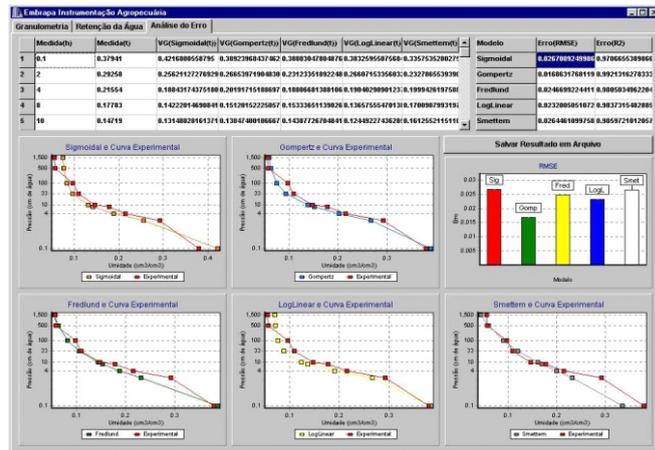


Figura 2 Curva de retenção: cálculo dos erros para os métodos de interpolação.

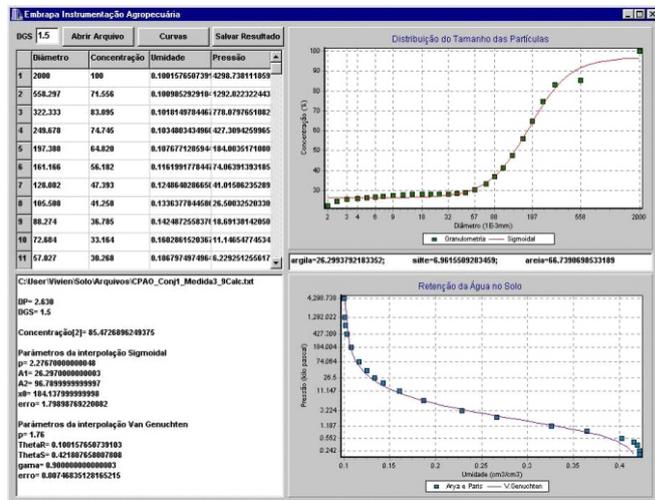


Figura 3 Granulometria e curva de retenção da água no solo.

Na tabela da Fig. 3 são apresentados os valores de diâmetro e concentração lidos do arquivo e os valores de umidade e pressão obtidos pelo modelo de AP. A caixa branca contém dados do resultado da análise importantes, como os parâmetros das interpolações. O gráfico superior representa os pontos obtidos no analisador granulométrico (pontos verdes) e a curva de distribuição do tamanho das partículas interpolada pela sigmóide (linha vermelha). A caixa branca entre os gráficos contém as frações de areia, silte e argila. O gráfico inferior apresenta a curva de retenção, os pontos azuis foram obtidos pelo modelo de AP e a linha rosada é a curva de retenção interpolada pelo método de VG.

O programa é fácil e rápido de ser utilizado, não é necessário conhecer os modelos. As avaliações com 109 amostras, comparado-se medidas convencionais, validaram este programa.

Agradecimentos: Embrapa e FAPESP (Proc. 01/04791-5).

**Referências Bibliográficas**

ARYA, L. M.; PARIS, J. F. A physicoempirical model to predict soil moisture characteristics from particle-size distribution and bulk density data. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v. 45, p. 1023-1030, 1981.

NAIME, J. M.; VAZ, C. M. P.; MACEDO, A. Automated soil particle size analyzer based on gamma-ray attenuation. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 31, n. 3, p. 295-304, 2001.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.

VAZ, C. M. P.; NAIME, J. M.; MACEDO, A. Soil particle size fractions determined by gamma-ray attenuation. **Soil Science**, Baltimore, v. 164, n. 6, p. 403-410, 1999.

VAZ, C. M. P.; IOSSI, M. F.; NAIME, J. M.; MACEDO, A. **Validação de modelos para estimativa indireta da capacidade de retenção da água nos solos**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2004. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Comunicado Técnico, 61).

VAZ, C. M. P.; IOSSI, M. F.; NAIME, J. M.; MACEDO, A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; COOPER, M. Estimating soil water retention from particle size distribution for Brazilian soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, 2004. (no prelo).

**Comunicado Técnico, 60**

Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Instrumentação Agropecuária**  
Rua XV de Novembro, 1542 - Caixa Postal 741  
CEP 13560-970 - São Carlos-SP

**Fone:** 16 3374 2477

**Fax:** 16 3372 5958

**E-mail:** sac@cnpdia.embrapa.br  
www.cnpdia.embrapa.br

**1a. edição**

1a. impressão 2004: tiragem 300

**Comitê de Publicações**

**Presidente:** *Dr. Luiz Henrique Capparelli Mattoso*  
**Secretária Executiva:** *Valéria de Fátima Cardoso*  
**Membros:** *Dra. Débora Marcondes B. P. Milori,*  
*Dr. João de Mendonça Naime,*  
*Dr. Washington Luiz de Barros Melo*

**Membro Suplente:** *Dr. Paulo S. P. Herrmann Junior*

**Expediente**

**Supervisor editorial:** *Dr. Rubens Bernardes Filho*  
**Revisão de texto:** *Valéria de Fátima Cardoso*  
**Tratamento das ilustrações:** *Valentim Monzane*  
**Editoração eletrônica:** *Valentim Monzane*