

Foto: Patrícia S. Nascimento



Programa para manejo da irrigação de precisão em culturas perenes

João de Mendonça Naime¹
Agostinho Barone Ribeiro da Silva²
Luís Henrique Bassoi³
Carlos Manoel Pedro Vaz⁴

Introdução

A agricultura de precisão (AP) surgiu da constante necessidade de aumentar a eficiência dos processos de produção agrícolas e da preocupação com a preservação dos recursos naturais. Produzir de forma eficaz obriga o gestor a considerar a variabilidade espacial dos fatores de produção. Cada região da propriedade rural possui necessidades e características próprias que precisam ser identificadas, armazenadas e relacionadas para que bons resultados possam ser obtidos. Entretanto, considerando-se propriedades rurais de médio e grande porte, as pessoas teriam dificuldade em trabalhar com tal quantidade de dados e informações. Sendo assim, a capacidade de armazenamento, processamento e organização de informações oferecida pela tecnologia de informação torna-se imprescindível.

No manejo da irrigação, a AP tem desempenhado papel de alta relevância, a irrigação de precisão torna o consumo de água o mais racional possível. Em algumas regiões, a irrigação concorre diretamente com a indústria e as cidades pelo uso da água. Dessa forma, a tecnologia de aplicação espacialmente variada é decisiva para garantir a sustentabilidade das culturas irrigadas em regiões como o Semi-Árido brasileiro. Nascimento (2009) comprovou a eficiência da utilização de uma planilha eletrônica para calcular o tempo de irrigação a partir de leituras de tensiômetros, passando pelo cálculo do teor de água no solo, água disponível no solo, umidade de reposição e lâmina bruta. Entretanto, o uso dessa planilha requer anotações no campo e posterior digitação e processamento dos dados por profissional especializado. Com o objetivo de automatizar essa planilha, de forma transparente para o usuário, e viabilizar a tomada de decisão diretamente no

campo, logo após a leitura dos tensiômetros, foi desenvolvido o programa denominado Qualisolo Mobile que roda em um computador de mão com GPS embutido.

Material e Métodos

O Qualisolo Mobile (QM) utiliza a equação proposta por Van Genuchten (1980) para calcular a umidade a partir da leitura de pressão (h) fornecida pelo tensiômetro.

$$r = \frac{s - r}{[1 + (h)^n]^{\frac{n-1}{n}}} \quad (1)$$

onde r e s são as umidades volumétricas residual e de saturação, respectivamente, expressas em m^3m^{-3} , h (cm de água) é o potencial matricial em módulo, e n são parâmetros de ajuste da equação de van Genuchten aos pontos experimentais ou aos pontos calculados por funções de pedotransferência. A Eq. 1 é resolvida utilizando os parâmetros que são lidos dos arquivos gerados pelo equipamento denominado analisador granulométrico (NAIME et al., 2001) ou por programas como SWRC (DOURADO NETO et al., 2000) ou Qualisolo (NAIME et al., 2006) e gravados em arquivos indexados por posição geográfica. O Qualisolo Mobile pode ser utilizado com ou sem o auxílio do GPS. Em algumas propriedades as parcelas têm placas com as coordenadas geográficas. Com o GPS ligado, o programa lê automaticamente o arquivo de parâmetros da retenção de água.

Em cada ponto de observação é instalada uma bateria com três tensiômetros nas profundidades de 0,20 m, 0,40 m e 0,60 m. A tensão da água no solo é

¹Engenharia Eletrônica, Dr., Pesquisador, Embrapa Instrumentação Agropecuária, C.P. 741, CEP 13560-970, São Carlos, SP, naime@cnpdia.embrapa.br

²Graduando em Engenharia de Computação, Estagiário, Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, km 235, São Carlos-SP, 13565-905 agostinhobaroneiros@hotmail.com

³Engenharia Agrônoma, Dr., Pesquisador, Embrapa Semiárido, BR428, km 152, Petrolina-PE, 56302-970 lhassoi@cpatsa.embrapa.br

⁴Física, Dr., Pesquisador, Embrapa Instrumentação Agropecuária, C.P. 741, CEP 13560-970, São Carlos, SP, vaz@cnpdia.embrapa.br

determinada com o auxílio de um tensímetro de punção e uma fita métrica para a determinação da altura da lâmina d'água no interior da parte superior do tensiômetro, que fica acima do nível do solo. Os tensiômetros são posicionados na área umedecida pelo difusor, em um dos lados da videira, a 0,20 m do tronco, ficando 0,10 m distanciados entre si em cada bateria (NASCIMENTO, 2009).

Cálculo do tempo de irrigação

Calculada a umidade atual $_{atual}$ o percentual de água disponível no solo é dado por:

$$AD = \frac{\left(\frac{_{atual} \quad _{pmp}}{_{cc} \quad _{pmp}} \right)}{\left(\frac{_{atual} \quad _{pmp}}{_{cc} \quad _{pmp}} \right)} \cdot 100 \quad (2)$$

onde $_{pmp}$ e $_{cc}$ representam, respectivamente, as umidades no ponto de murcha permanente ($h = 15.000$ cm) e na capacidade de campo ($h = 100$ cm) que são calculadas substituindo-se na Eq. 1 os valores de pressão correspondentes. Em seguida, a umidade de reposição é determinada. Nessa etapa, o usuário determina a porcentagem de água disponível que deve ser mantida na camada de solo de interesse, em função do estágio fenológico da cultura. Ao definir a porcentagem, o programa calcula a umidade de solo correspondente à porcentagem de AD escolhida ($\%AD$) e a quantidade de água a ser reposta pelo sistema de irrigação (NASCIMENTO, 2009):

$$_{rep} = \left(\frac{\%AD \quad _{atual}}{\%AD \quad _{atual}} \right) \quad (3)$$

em que:

$_{rep}$ umidade volumétrica de reposição ($m^3 m^{-3}$);
 $\%AD$ umidade volumétrica correspondente à porcentagem de água disponível definida pelo produtor ($m^3 m^{-3}$).
 Se $_{rep} = 0$, não é necessário irrigar.

A porcentagem de água disponível é calculada da seguinte forma:

$$\%AD = \frac{\left(\frac{_{cc} \quad _{pmp}}{_{cc} \quad _{pmp}} \right) (100 - P)}{100} \quad (4)$$

P representa o percentual de água disponível estipulado pelo produtor. Os valores de P são ajustados de acordo com o tipo de cultura e seu estado fenológico, desempenho do sistema de irrigação, condições climáticas e comportamento hídrico do solo.

De posse dessas informações a lâmina líquida de irrigação (LL_i) é calculada multiplicando-se a umidade de reposição pela espessura da camada de solo (Z_i) onde foi medida a umidade atual.

$$LL_i = _{rep} Z_i \quad (5)$$

A eficiência do sistema de irrigação (E_i) é considerada no cálculo da lâmina bruta de irrigação (LB)

que é igual ao somatório das lâminas brutas por camada de solo.

$$LN = \frac{LL_i}{E_i} \quad (6)$$

A informação que é mostrada ao usuário no campo é o tempo de irrigação T_i em horas:

$$T_i = \frac{LB \cdot E1 \cdot E2 \cdot K_r}{n \cdot q} \quad (7)$$

onde:

$E1$ [m] espaçamento entre plantas;
 $E2$ [m] espaçamento entre linhas de plantio;
 n número de emissores (microaspersor ou gotejador) por planta;
 q [$L h^{-1}$] vazão do emissor;
 K_r fator de redução da área de molhamento.

Computador de bolso e o software desenvolvido

O computador de bolso utilizado neste desenvolvimento é um PDA Mio P350, equipado com um receptor de GPS SiRF Star III (SIRF STAR..., 2009) de 20 canais padrão NMEA (LANGLEY, 1995) e utiliza o sistema operacional Windows Mobile 5.0. O receptor SiRF Star III é bastante preciso, oferecendo dados geográficos com no máximo 3m de erro (SIMON e FRÖHLICH, 2007), o que garante a consistência dos dados georreferenciados.

O Qualisolo Mobile foi desenvolvido por meio da SuperWaba (SUPERWABA, 2009), uma plataforma para desenvolvimento de aplicações para PDA (*personal digital assistants*) e Smartphones. Devido ao modo com que foi projetada, o desenvolvimento de programas em SuperWaba pode ser feito utilizando as ferramentas da plataforma Java (LINDHOLM e YELLIN, 1996). Entretanto, essas plataformas não atendem às mesmas especificações.

Resultados

Os testes iniciais constituíram-se da comparação dos resultados apresentados pelo Qualisolo Mobile com os resultados obtidos na planilha, tendo como entrada o mesmo conjunto de dados. A Tabela 1 apresenta os parâmetros da equação de van Genuchten para o melhor ajuste aos pontos da retenção obtidos na análise laboratorial do solo da Fazenda São Francisco Tropical Fruit, localizada em Petrolina-PE.

Tabela 1. Parâmetros da equação de van Genuchten.

Profundidade	n	r	s
0 - 20 cm	0,0067	2,2752	0,036
20 - 40 cm	0,0090	2,2690	0,045
40 - 60 cm	0,0116	1,6634	0,021

Os parâmetros da Tabela 1 foram utilizados na planilha de manejo de irrigação para calcular a umidade do solo em função de seu potencial matricial e são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Teores de umidade obtidos utilizando a planilha de auxílio ao manejo da irrigação.

Profundidade	Umidade (%)					
1 (0-20 cm)	0,195	0,177	0,093	0,064	0,051	0,036
2 (20-40 cm)	0,189	0,163	0,084	0,064	0,055	0,045
3 (40-60 cm)	0,191	0,166	0,101	0,076	0,060	0,028
h (cm)	60	100	330	600	1.000	15.000

Os mesmos parâmetros da Tabela 1 foram utilizados no Qualisolo Mobile, que produziu os resultados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Teores de umidades obtidos utilizando o Qualisolo Mobile.

Profundidade	Umidade (%)					
1 (0-20 cm)	0,195	0,178	0,094	0,064	0,051	0,036
2 (20-40 cm)	0,190	0,163	0,084	0,064	0,055	0,045
3 (40-60 cm)	0,191	0,167	0,100	0,076	0,060	0,029
h (cm)	60	100	330	600	1.000	15.000

O QM ainda está em desenvolvimento e, portanto, futuramente serão realizados os testes de interface e de usabilidade. Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas telas da versão atual da interface gráfica do programa.



Fig. 1. Janela inicial do Qualisolo Mobile, resumindo as funcionalidades que o usuário pode utilizar.



Fig. 2. Janela que possibilita o carregamento automático de informações a partir da posição geográfica.

Discussão

Os resultados obtidos mostram que o Qualisolo Mobile consegue reproduzir os resultados obtidos com a planilha de manejo de irrigação. São notadas diferenças mínimas que devem estar ligadas às restrições computacionais da plataforma SuperWaba. Ainda são necessários testes de usabilidade para aperfeiçoar a interface do programa, bem como para identificar possíveis falhas ou funcionalidades que precisarão ser implementadas para auxiliar ainda mais o produtor no manejo de irrigação. Em PDAs com receptores GPS pouco precisos haveria a necessidade de utilizar algum método para aumentar a confiabilidades dos dados georreferenciados. Uma das possíveis soluções é a técnica de krigagem (OLIVER e WEBSTER, 1990) para interpolar os dados e permitir correções no posicionamento georreferenciado e em outros dados de interesse.

Conclusão

O Qualisolo Mobile pode ser utilizado para facilitar a introdução da agricultura de precisão no manejo de irrigação de culturas perenes. A ferramenta ainda precisa ser aperfeiçoada e poderá incorporar outras funções, como a opção para utilização em culturas que utilizem irrigação por gotejamento (atualmente é compatível apenas com sistemas que utilizem irrigação por micro-aspersão).

Referências

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARD, K.; BACCHI, O. O. S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 57, n. 1, p. 191-192, 2000.

LANGLEY, R. B. NMEA 0183: A GPS receiver interface standard. **GPS World**, Duluth, v. 31, n. 7, p. 54-57, 1995.

LINDHOLM, T.; YELLIN, F. **The Java Virtual Machine Reading**. Massachusetts: Addison-Wesley, 1996. 488 p. ISBN 0-201-43294-3.

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

NAIME, J. M.; VAZ, C. M. P.; MACEDO, A. Determinações físicas do solo a partir da granulometria: programa Qualisolo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16., 2006, Aracaju. Novos desafios do carbono no manejo conservacionista. **Resumos...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 1 CD-ROM. 5 p.

NASCIMENTO, P. S. **Análise do uso da curva de retenção de água no solo determinada por diferentes métodos e planilha de manejo da irrigação**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia.

OLIVER, M. A.; WEBSTER, R. Kriging: a method of interpolation for geographical information systems. **International Journal of Geographical Information Systems**, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 313-332, 1990.

SIMON, R.; FRÖHLICH, P. GeoPointing: Evaluating the Performance of an Orientation-Aware Location Based Service under Real-World Conditions. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LBS & TELE CARTOGRAPHY - LBS, 4th, 2007, Hong Kong. **Proceedings...** Hong Kong, China: [s. n.], 2007.

SIRF star III GSC3e/LP & GSC3f/LP: High Performance, Low Power GPS Solution. Rev. 1.4, Part Number 1065-1087, Feb., 2008. Disponível em: <<http://www.sirf.com/products/GSC3LPProductInsert.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2009.

SUPERWABA: develop portable applications. c2009. Disponível em <<http://superwaba.com.br>>. Acesso em: 20 jun. 2009.

VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.

Comunicado Técnico, 106

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 2107 2800 - **Fax:** 16 2107 2902
e-mail: sac@cnpdia.embrapa.br
<http://www.cnpdia.embrapa.br>
1a. edição
 1a. impressão 2009: tiragem 300

Ministério da
 Agricultura, Pecuária
 e Abastecimento



Comitê de Publicações

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

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

Expediente

Supervisor editorial: *Dr. Victor Bertucci Neto*
Normalização bibliográfica: *Valéria de Fátima Cardoso*
Tratamento das ilustrações: *Valentim Monzane*
Editoração eletrônica: *Manoela Campos*