

*André B. Pereira
Clinton C. Shock
Erik B. Feibert
Rebecca J. Flock
Luiz Lima
Nelson Fernandes*

MONITORAMENTO DA IRRIGAÇÃO POR MEIO DA TENSÃO DA ÁGUA DO SOLO

GUIA PRÁTICO

Boletim técnico



Editora _____
_____ UEPG

© Editora UEPG

Nenhuma parte deste boletim, sem autorização prévia por escrito da Editora, poderá ser reproduzida ou transmitida, sejam quais forem os meios empregados: eletrônicos, mecânicos, fotográficos, gravação ou quaisquer outros.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

Reitor	Paulo Roberto Godoy
Vice-Reitor	Italo Sérgio Grande
Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-graduação	Altair Justino

EDITORA UEPG

Editor	Hein Leonard Bowles
Supervisora Editorial	Luísa Cristina dos Santos Fontes
Coordenador	Miguel Sanches Neto
Seção de Editoração	Cláudia Gomes Fonseca Luciane Fidelix Silva
Seção de Administração	Margarete Simioni Patrícia Macedo de Lima Luíza Helena Costa Neves
Estagiários	Elaine Terezinha Marcoviz Henrique Kiyoshi Rafael Kanasiro Lilian Cristiele de Lima

M744m

MONITORAMENTO da irrigação por meio da tensão da água do solo / André Pereira e outros. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2006.

20 p; il.

1-Solo-irrigação.2-GMS.I.T.

CDD: 627.52

ISBN: 85-86941-78-6
Depósito legal na Biblioteca Nacional
Editora filiada à ABEU
Associação Brasileira das Editoras Universitárias

Editora UEPG

Av. Carlos Cavalcanti, nº 4748
Campus Universitário Uvaranas
84030-900 - Ponta Grossa - Paraná
Fone/fax: (42) 3220-3744
e-mail: editora@uepg.br
www.uepg.br/editora
2006

MONITORAMENTO DA IRRIGAÇÃO POR MEIO DA TENSÃO DA ÁGUA DO SOLO

GUIA PRÁTICO

Malheur Experiment Station
Oregon State University
595 Onion Avenue
Ontario, Oregon 97914
USA

Um ramo da Estação Experimental Agrícola
College of Agricultural Sciences
Oregon State University

O sensor matricial granular (GMS), que mede a tensão de água no solo, é uma das mais importantes ferramentas utilizadas pela Estação Experimental Agrícola de Malheur, da Oregon State University, nas duas últimas décadas. Com apenas 8 cm de comprimento e instalado no solo normalmente na posição vertical, este instrumento é comercializado como sensor de umidade do solo Watermark (Irrrometer, Co., Riverside, Califórnia).

Similarmente a blocos de gesso, os sensores GMS operam com base no princípio da resistência elétrica. Os eletrodos no interior do sensor são embutidos em material granular sob uma camada de gesso que é revestida pelo mesmo material granular. Este, por sua vez, é encoberto por um tecido e uma tela metálica, através dos quais a água entra e sai do sensor.

O gesso dissolvido na água é um condutor razoável de eletricidade. Assim, quando o sensor contém umidade, a corrente elétrica flui facilmente entre seus eletrodos. Quanto maior a umidade do solo, maior o teor de água no interior do sensor; e à medida que o solo seca, o sensor também perde água, fazendo com que a resistência ao fluxo de eletricidade aumente.

A resistência elétrica (expressa em Ohms) e a temperatura do solo são usadas para calcular a tensão da água do solo (TAS) em centibares. Esta tensão, que constitui a força necessária para as raízes das plantas extraírem água do solo,

reflete o estado de energia da água que interage com a matriz (parte sólida) do solo. Em dado instante e local, quanto maior a TAS, mais seco está o solo.

Existem ainda outros instrumentos para medir a tensão da água do solo, como tensiômetros, blocos de gesso e “Irrigas”. Este último foi desenvolvido por pesquisadores da EMBRAPA Hortaliças, em Brasília, DF.

QUAL É A UTILIDADE DO GMS PARA PRODUTORES RURAIS?

Até recentemente, o agricultor tinha que se orientar pela própria intuição para decidir se o solo estava seco a ponto de exigir uma irrigação. Isso envolve um risco, porque, ainda que se tenha grande experiência de campo e uma capacidade intuitiva bem desenvolvida, é difícil determinar o momento certo de irrigar os campos de produção, com uma lâmina de irrigação ideal para garantir uma produtividade elevada. Desse modo, a partir da perspectiva de produzir o máximo com baixo custo de produção, contar com a sorte na definição do momento ideal de irrigação constitui procedimento bastante incerto.

É importante, portanto, disponibilizar informações precisas aos agricultores a respeito de alguns pontos de referência consistentes relativos ao manejo racional da irrigação. O visor digital do GMS fornece valores de referência para a TAS, acima dos quais as condições hídricas do solo tornam-se críticas para o desenvolvimento satisfatório das culturas em dado local.

NUMA ESCALA DE 0 A 100 CB, QUAL É A UMIDADE DO SEU CAMPO DE PRODUÇÃO?

De uma maneira grosseira, o GMS lê a seguinte escala de TAS para um solo de textura média (sem predomínio de areia ou argila):

– TAS maior que 80 cb é indicativo de que o solo está excessivamente seco;



- TAS entre 20 e 60 cb refere-se à amplitude de variação média de TAS observada freqüentemente no campo antes da irrigação, variando com a cultura, a textura do solo, o clima local e o sistema de irrigação utilizado;
- TAS entre 10 e 20 cb indica que o solo está na capacidade de campo ou próximo dela;
- TAS entre 0 e 10 cb indica que o solo está saturado em água, ou muito próximo à saturação.

QUE INFORMAÇÕES PRÁTICAS O GMS NOS DÁ?

O GMS revela se a chuva do dia anterior foi realmente suficiente para atender às necessidades hídricas da cultura em determinada localidade ou porção do campo de produção. Também indica se as condições de nebulosidade atmosférica estão diminuindo o potencial de evaporação de uma cultura numa taxa suficiente para adiar a próxima irrigação. Além disso, demonstra com que freqüência a água deve ser aplicada na estação de verão e durante os períodos de estiagem de modo a suprir as perdas de água da cultura. Pode fornecer um guia prático para o agricultor verificar se seu sistema de irrigação foi efetivamente acionado ou mesmo ativado no momento certo durante a estação de crescimento da cultura, pois reflete as condições hídricas do solo. Finalmente, alerta para a existência de problemas na canalização do sistema de irrigação no campo, como vazamento ou entupimento. Tendo em vista que as leituras de TAS provêm diretamente da zona radicular efetiva da cultura, o GMS foi projetado para auxiliar o agricultor a aprimorar o seu conhecimento agrícola quanto à definição do momento inicial da irrigação em seus campos de produção. De acordo com o tipo de solo, o sistema radicular da cultura, as condições climáticas locais e o método de irrigação adotado, o GMS constitui um indicador prático do momento de se proceder à reposição de água no solo, que irá garantir a expressão da potencialidade produtiva de uma espécie agrônômica em dada região ou local.



O MANEJO DA IRRIGAÇÃO BASEADO NA TAS É REALMENTE VIÁVEL?

Nos últimos 20 anos o GMS tem sido utilizado com sucesso na Estação Experimental de Malheur e também em inúmeras propriedades rurais americanas. Não há nada que substitua o olho clínico de um agricultor experiente, é bem verdade. No entanto, fazendo uma comparação, imagine a figura de um talentoso corretor de bolsa de valores com uma notável lógica financeira e uma intuição aguçada. Você não acha que seu talento natural como empreendedor se destacará ainda mais se ele checar as cotas de estoque pela Internet e analisar os gráficos com suas oscilações na tela do computador antes de estabelecer qualquer transação comercial com seu cliente? Este empenho de uma certa maneira também se aplica à realidade do produtor rural. Por exemplo, nossa ida a alguns experimentos de cebola, todas as manhãs, para fazer a leitura de seis ou mais GMSs, nos permitiu saber quando deve ser iniciada a irrigação nos campos de produção. De fato, quando se visita o campo periodicamente, acaba-se desenvolvendo uma intuição para prever as irrigações, e isto com um ou dois dias de antecedência.

Ao longo de 20 anos de experiência de campo, pudemos definir o limiar crítico de TAS de diversas culturas em solo siltoso sob diferentes sistemas de irrigação. Nossos experimentos em Malheur nos mostraram que irrigar as culturas toda vez que a TAS atinge o referido limiar crítico proporciona benefícios significativos para a cultura.

Entende-se por limiar crítico o valor de TAS acima do qual a produtividade diminui drasticamente, em decorrência do fechamento dos estômatos (estruturas das folhas que perdem água durante a transpiração). A transpiração das plantas é um mal necessário, pois à medida que perdem água para a atmosfera estas assimilam o gás carbônico atmosférico, o qual se converte em produto colhido (ganho líquido na produção de matéria-seca).

Os limiares que maximizam a produção comercial são conhecidos para a grande maioria das culturas, em diferentes solos. Para a produção tanto de sementes como de produtos “in natura”, os limiares críticos de TAS que definem o momento de irrigação para cebola, batata, beterraba, milho, trigo, alfafa e cenoura estão disponíveis na literatura. Eles variam de cultura para cultura e também em função da textura do solo, das condições climáticas locais e do método de irrigação empregado pelo produtor.



UMA VEZ CONHECIDO O MOMENTO DE IRRIGAÇÃO, QUE QUANTIDADE DE ÁGUA DEVE SER APLICADA DURANTE A ESTAÇÃO DE CRESCIMENTO DA CULTURA?

De forma simplificada, o consumo de água da cultura é a quantidade de água transpirada pela planta acrescida da água evaporada pelo solo. A lâmina de irrigação é a quantidade de água que deve ser reposta durante o desenvolvimento da cultura para assegurar produtividades máximas em dado local. Ela pode ser estimada a partir de dados meteorológicos e varia de acordo com as condições climáticas, molhamento da superfície do solo e da planta, tipo de cultura, estado hídrico do solo e densidade de cobertura vegetal. Os parâmetros meteorológicos de maior importância que governam o consumo de água da cultura são: radiação solar, umidade relativa, temperatura do ar e velocidade do vento.

No Brasil, algumas instituições de pesquisa, ensino e extensão integradas a uma rede de estações meteorológicas pertencentes ao Estado fornecem aos agricultores informações referentes aos cálculos do uso efetivo de água das culturas para uma determinada localidade ou região. Nos Estados Unidos, por exemplo, estas informações estão disponíveis ao produtor rural por intermédio da AgriMet.

AgriMet é uma rede de estações meteorológicas automáticas que operam na região noroeste do Pacífico, utilizando dados climáticos locais, estágio de desenvolvimento de culturas cultivadas na região e modelos fisiológicos para estimar o consumo hídrico diário da cultura de interesse. Taxas diárias, semanais e sazonais de consumo de água estão também disponíveis na Internet (www.usbr.gov/pn/agrimet).

VANTAGENS ECONÔMICAS DO GMS

A irrigação fundamentada no monitoramento da tensão de água no solo, através do GMS, tem proporcionado os seguintes benefícios:



– Menor taxa de aplicação de água: a irrigação monitorada por meio de um determinado limiar de TAS geralmente resulta em um menor número de episódios de irrigação por ano, evitando-se excessos de água no solo que podem promover deflúvio superficial e/ou drenagem profunda, além de causar problemas com erosão em áreas mais declivosas;

– Menor consumo de energia elétrica para bombeamento da água de irrigação;

– Redução de ataques de pragas agrícolas e da ocorrência e severidade de doenças devido ao manejo adequado da irrigação durante a estação de crescimento da cultura;

– Prevenção de lixiviação excessiva de nutrientes móveis, particularmente nitrogênio e boro;

– Prevenção de contaminação do lençol freático e do ambiente agrícola;

– Menor desgaste dos sistemas de irrigação.

Nossos experimentos demonstram que culturas agrônomicas irrigadas de acordo com o critério da TAS apresentam elevada produção comercial, já que o produto colhido é de maior tamanho e melhor qualidade (Shock et al., 2000; Shock et al., 2002; Shock, 2003; Pereira et al., 2005).

COMO FAZER AS LEITURAS DO SENSOR GMS?

As leituras de GMS são obtidas de diversas maneiras. Elas podem ser feitas com um registrador portátil de umidade do solo (Modelo 30 KTCD, Irrrometer Co., Riverside, Califórnia, Estados Unidos), semelhante a um voltímetro, que é fisicamente conectado aos fios dos sensores por intermédio de um prendedor do tipo boca de jacaré. É de fácil uso e não requer um nível tecnológico instrumental sofisticado, mas exige um esforço mecânico maior na confecção das conexões e a disponibilidade de observadores para fazer diariamente a leitura dos sensores. Os dados provenientes do registrador portátil são registrados manualmente.



Para o monitoramento automático das leituras de GMS, podem ser usados dataloggers. Os dataloggers Hansen AM 400 (Mike Hansen Co., Wenatchee, Washington, EUA) e o monitor Irrrometer (Irrrometer Co., Riverside, CA) devem ser instalados na margem de um campo de produção. Eles podem ser programados para coletar e registrar, automática e simultaneamente, durante o dia, dados de TAS de seis a sete GMSs e de um sensor de temperatura do solo. Os dados podem ser então visualizados, como números ou gráficos na própria tela da unidade de coleta, ou descarregados em um computador para facilitar a visualização dos dados por meio de programas gráficos ou aplicativos de planilhas de cálculo, a exemplo do Excel (Figura 1).

Cada GMS fornece informação sobre o potencial de água do solo na vizinhança imediata do sensor. Por causa da variabilidade observada no potencial de água ou tensão de água do solo (TAS) de um ponto para outro no campo de produção, decorrente das variabilidades espacial e instrumental, o emprego de seis a sete GMSs para monitorar a irrigação fornece estimativas mais confiáveis da TAS do que apenas um GMS.

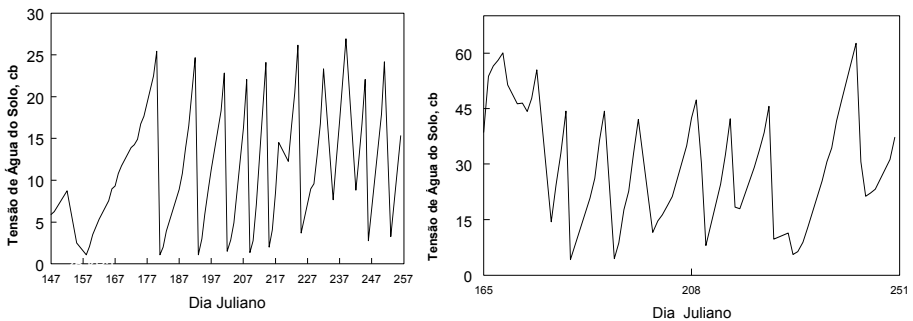


Figura 1 - Variação da tensão de água do solo ao longo da estação de crescimento de cebola irrigada por sulco (à esquerda) e de batata irrigada por aspersão (à direita).

MAS MEU CAMPO DE PRODUÇÃO É TÃO GRANDE E O SENSOR MATRICIAL GRANULAR TÃO PEQUENO... QUAL A CREDIBILIDADE DESTE SENSOR PARA MANEJAR A IRRIGAÇÃO DAS CULTURAS?

O sucesso operacional do GMS depende do grau de confiabilidade de um grupo de sensores para representar as condições médias de umidade do solo de uma área plantada. Por isso é importante instalar os sensores em uma porção do campo que seja realmente representativa das condições hídricas da área total de produção. Se há uma parte do campo que apresenta diferentes necessidades hídricas, uma segunda zona de irrigação deve ser criada e os sensores, por sua vez, devem ser instalados em áreas representativas daquela zona em particular. Os sensores matriciais granulares são geralmente instalados em grupos de 6 a 7 por zona de irrigação.

Os sensores matriciais granulares são constituídos por um circuito elétrico simples que permite a fácil inserção de extensões a serem conectadas ao fio elétrico normal, para que se possa coletar dados de TAS a partir de pontos distantes entre si no campo de produção. Para o bom funcionamento dos sensores, é importante manter as conexões entre as extensões e os fios elétricos dos sensores sempre limpas e secas durante todo o ciclo da cultura.

A INSTALAÇÃO DO GMS É FÁCIL?

A instalação é muito fácil e requer poucas ferramentas adicionais. É necessária uma sonda amostradora de solo de 22 mm de diâmetro para cavar o orifício de tamanho ideal para a instalação do sensor no solo. Um ponto-chave para a obtenção de bons resultados é considerar que o GMS é confeccionado para representar precisamente a quantidade relativa de água da área total do campo de produção. Assim, selecione uma área que não seja excepcional, para garantir que os pontos de instalação dos sensores efetivamente reflitam as condições médias de umidade do solo da área irrigada.

A Figura 2 (para solos arenosos) e a Figura 3 (para solos siltosos) mostram, em um diagrama, os passos de instalação de um sensor matricial granular a uma profundidade de 20 cm. Se você conectou um tubo de PVC ao sensor com cola de PVC antes de instalá-lo no solo, para facilitar sua remoção posterior, adote o procedimento de instalação descrito na Figura 2.



A profundidade de instalação depende da espessura da camada de solo explorada pelas raízes, mas também pode ser afetada pela profundidade do solo bem como pela textura. Para culturas de sistema radicular superficial, um sensor instalado a menos de 30 cm de profundidade será suficiente. Para culturas de sistema radicular profundo, é preciso instalar no mínimo dois sensores dentro da zona explorada pelas raízes. A espessura da camada de solo explorada pelas raízes pode ser maior em solos bem drenados e menor em solos com camadas compactadas, em solos mal drenados, ou ainda em solos de textura argilosa.

A confiabilidade das leituras de TAS obtidas pelo GMS depende de um contato perfeito entre o solo e o sensor. Cave orifícios de diâmetro compatível com o diâmetro dos sensores e, antes de enterrá-los, verifique se os sensores estão em contato íntimo com o solo em todas as direções. Para as culturas da batata e da cebola cultivadas na Malheur Experiment Station, a profundidade de instalação adotada é de 20 cm.

Para instalar o GMS, primeiro encharque o sensor em água por vários minutos, até que ele atinja a saturação. Em seguida, use um trado de diâmetro externo igual ao diâmetro do sensor, cavando, portanto, orifícios de 22 mm de diâmetro no solo. Para que a parte central dos sensores se localize a 20 cm da superfície do solo, cave os orifícios com uma profundidade de 23 cm.

Os próximos passos de instalação dependem da textura do solo. Para solos mais arenosos, que têm pouca tendência de perder sua estrutura quando saturados, entorne cerca de 60 ml de água dentro do orifício cavado e em seguida coloque o sensor no fundo do orifício (Figura 2). Solos siltosos tendem a perder sua estrutura quando saturados e podem vedar os poros do sensor, impedindo a entrada e a saída de água. Para solos siltosos, coloque o sensor no fundo do orifício cavado e em seguida adicione aproximadamente 60 ml de água sobre o sensor instalado (Figura 3).

Finalmente, e independentemente da textura do solo, preencha o orifício cavado com terra fina e use um tubo, uma barra de metal ou uma estaca de madeira para lentamente compactar a terra fina adicionada, evitando, assim, a formação de um caminho preferencial para a chuva ou água de irrigação que poderão atingir facilmente o sensor (Figuras 2 e 3). Esse direcionamento da água de chuva ou irrigação é indesejável porque distorce as interpretações sobre o estado hídrico do solo, comprometendo significativamente a precisão dos dados de tensão de água do solo obtidos através do GMS.



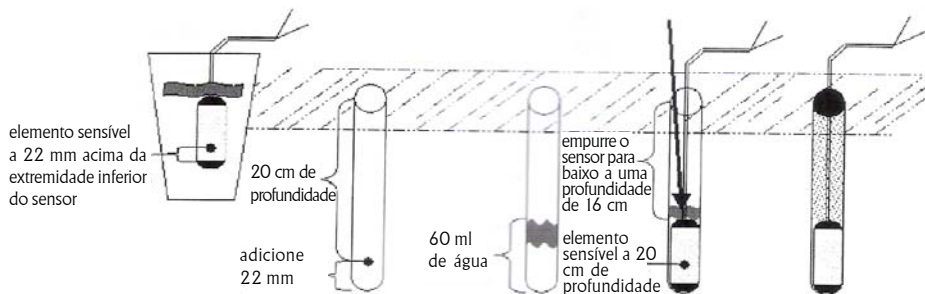


Figura 2 – Procedimentos para a instalação de sensores matriciais granulares (GMS) em solos arenosos a uma profundidade de 20 cm.

- 1 - Deixe os GMSs imersos em água por alguns minutos, até que eles atinjam a saturação;
- 2 - Use um trado para cavar orifícios com 22 mm de diâmetro na profundidade de instalação desejada;
- 3 - Entorne aproximadamente 60 ml de água no orifício cavado depois de inserir o sensor no solo;
- 4 - Use uma haste com uma marca indicando a profundidade de instalação do sensor para inseri-lo no solo. Verifique se ele está em contato íntimo com o solo;
- 5 - Preencha cuidadosamente os orifícios com terra solta para evitar a formação de bolsas de ar ou torrões, que podem impedir o contato perfeito entre o sensor e o solo.

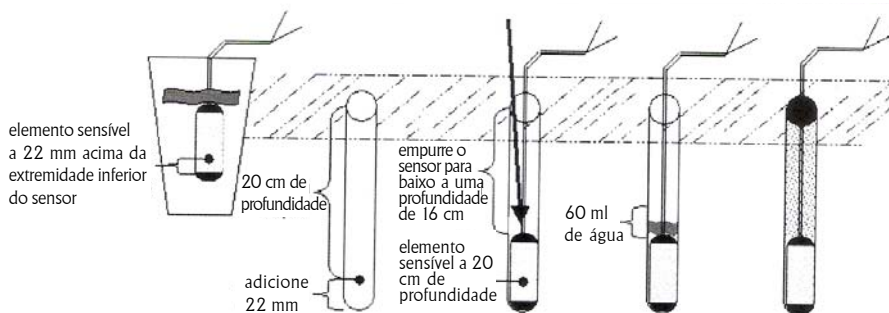


Figura 3 – Procedimentos para a instalação de sensores matriciais granulares (GMS) em solos siltosos a uma profundidade de 20 cm.

- 1 - Deixe os GMSs imersos em água por alguns minutos, até que eles atinjam a saturação;
- 2 - Use um trado para cavar orifícios com 22 mm de diâmetro na profundidade de instalação desejada;
- 3 - Use uma haste com uma marca indicando a profundidade de instalação do sensor para inseri-lo no solo. Verifique se ele está em contato íntimo com o solo;
- 4 - Depois de inserir o sensor no solo, entorne aproximadamente 60 ml de água no orifício cavado;
- 5 - Preencha cuidadosamente os orifícios com terra solta para evitar a formação de bolsas de ar ou torrões, que podem impedir o contato perfeito entre o sensor e o solo.



PROBLEMAS COM OS SENSORES

Tendo em vista que o GMS opera como um circuito elétrico, não é nada incomum um fio elétrico desgastado causar curto-circuito no sensor, fazendo com que sua leitura seja continuamente nula, ou ainda, um fio cortado causar circuito-aberto, gerando leituras inconsistentemente altas. Os números mais comuns que denotam erro de leitura são 199 e 250, dependendo do datalogger utilizado. Se os sensores estiverem úmidos, as leituras esperadas serão baixas. Para remover os sensores do solo, não os puxe pelos fios elétricos ou cabos de conexão, porque isso destrói o GMS.

Mesmo com manutenção apropriada, os sensores têm uma vida útil limitada e devem ser substituídos antes que apresentem total desgaste físico ou comprometimento em sua sensibilidade de resposta aos ciclos de secamento e umedecimento do solo. Faça uma inspeção nos sensores durante a primavera antes de usá-los. Sensores secos devem apresentar leituras elevadas, ao passo que sensores imersos em água por 1 minuto e meio devem apresentar leituras entre 0 e 4 centibares.

E QUANTO AO CUSTO DO GMS? POSSO ADQUIRI-LO POR PREÇOS BAIXOS?

De um modo geral, nos Estados Unidos os sistemas GMS são relativamente baratos tendo em conta os benefícios que eles podem proporcionar. O custo de um sensor no mercado americano gira em torno de 30 a 35 dólares americanos. Com os aumentos na produção e qualidade do produto colhido, além da economia de água, energia elétrica, fertilizantes e outros insumos agrícolas, os custos dos sensores são rapidamente recompensados pela prática da irrigação baseada no critério da tensão admissível de água do solo.

OUTRAS PUBLICAÇÕES

PEREIRA, A. B.; SHOCK, C. C.; SHOCK, C. A.; FEIBERT, E. B. G. **Use of "Irrigas" for irrigation scheduling for onion under furrow irrigation.** Oregon State University, Malheur Experiment Station, Special Report 1062, p. 223-



229, 2005. Disponível em: www.cropinfo.net/AnnualReports/2004/irrigas04.htm.

SHOCK, C. C. Soil water potential measurement by granular matrix sensors. In: STEWART, B. A.; HOWELL, T. A. (Eds.). **The Encyclopedia of Water Science**. Marcel Dekker. p 899-903, 2003.

SHOCK, C. C.; SHOCK, C. A. **Comparison of the AM400 and Irrrometer Monitor for Precise Irrigation Scheduling**. Oregon State University, Malheur Experiment Station Special Report 1055, p. 257-260, 2004.

SHOCK, C. C.; CORN, A.; CORN, S.; JADERHOLM, L. J.; SHOCK, C. A. **Evaluation of the AM400 Soil Moisture Data Logger to Aid Irrigation Scheduling**. Oregon State University, Malheur Experiment Station, Special Report 1038, p. 252-256, 2002. Disponível em: www.cropinfo.net/AnnualReports/2001/Hansen2000.htm.

SHOCK, C. C.; FEIBERT, E. B. G.; SEDDIGH, M.; SAUNDERS, L. D. Water requirements and growth of irrigated hybrid poplar in a semi-arid environment in Eastern Oregon. **Western Journal of Applied Forestry**, 17, p. 46-53, 2002.

_____. Irrigation criteria for drip-irrigated onions. **HortScience**, 35, p. 63-66, 2000.

INFORMAÇÕES BÁSICAS

– A tensão de água do solo (TAS) indica o estado hídrico do solo e auxilia o agricultor na tomada de decisões sobre quando irrigar, evitando, assim, tanto o estresse hídrico como o excedente de água no solo.

– Culturas sensíveis ao déficit hídrico são mais produtivas e apresentam melhor qualidade quando irrigadas precisamente, com base na tensão de água do solo (TAS), do que quando pouco ou excessivamente irrigadas.

– O valor ótimo de TAS para uma dada cultura depende principalmente da textura do solo. A cultura da cebola cultivada em solos siltosos na região do Treasure Valley de Oregon, Estados Unidos, sob irrigação por sulco, é irrigada quando a tensão de água do solo (TAS) atinge valores entre 20 a 25 centibares (1 cb = 1 kPa). Batatas irrigadas na mesma região do noroeste



americano, em solos siltosos, são irrigadas a uma TAS entre 30 a 60 cb, dependendo do sistema de irrigação adotado.

– O “potencial de água do solo”, que reflete o estado de energia da água que interage com a matriz (parte sólida) do solo, é o valor negativo da “tensão de água do solo”. Um potencial de água do solo de -20 cb é o mesmo que uma tensão de água do solo de 20 cb. A unidade de tensão (pressão negativa), expressa em centibar (cb), é sinônimo de quilopascal (kPa).

– Os instrumentos mais comumente empregados para medir a tensão de água do solo são tensiômetros, blocos de gesso e sensores matriciais granulares (GMS). O sensor matricial granular, largamente utilizado nos Estados Unidos e recentemente introduzido no Brasil, é o sensor de umidade do solo denominado de Watermark, sendo fabricado pela Irrometer Co., Inc., Riverside, Califórnia, Estados Unidos.

– Os sensores matriciais granulares proporcionam boas estimativas da TAS para a maioria das texturas de solo encontradas nos Estados Unidos.

– As leituras dos sensores GMS podem ser convenientemente obtidas e armazenadas em sistemas de aquisição de dados. Isto proporciona ao agricultor um registro contínuo das condições hídricas do solo em seu campo de produção, permitindo a definição dos momentos de irrigação (frequência de irrigação ou turnos de rega) ao longo da estação de crescimento da cultura.

– Os sensores matriciais granulares (GMS) e os sistemas de aquisição de dados requerem cuidados mínimos, mas a calibração periódica e a manutenção são necessárias. Os sistemas de aquisição de dados (dataloggers) devem ser mantidos secos e isentos de impurezas de qualquer natureza, e suas baterias devem ser substituídas quando necessário.

FONTES DOS PRODUTOS

As marcas comerciais dos produtos são apenas mencionadas como ilustração. Portanto, os autores não as endossam, tampouco pretendem discriminar produtos não mencionados nesta publicação.



Agradecimentos

Os recursos financeiros para a preparação deste Boletim Técnico foram proporcionados pela Oregon Watershed Enhancement Board. Os autores agradecem ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da Bolsa de Pós-Doutorado no Exterior, processo n. 201227/2003-7, bem como à Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) pela publicação.



SOBRE OS AUTORES

Dr. André B. Pereira é Professor Associado do Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Graduado em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. Mestrado e Doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP. Pós-Doutorado em Agronomia, área de estudo em Agrometeorologia, junto à Oregon State University, Estados Unidos. E-mail: abelmont@uepg.br

Dr. Clinton C. Shock é Professor e Superintendente da Malheur Agricultural Experiment Station, Oregon State University. Graduado em Matemática pela University of California, Berkeley. Mestrado e Doutorado em Agronomia pela University of California, Davis, Estados Unidos. E-mail: clinton.shock@oregonstate.edu

MSc. Erik B. Feibert é Pesquisador Sênior da Malheur Agricultural Experiment Station, Oregon State University. Graduado em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. Mestrado em Biologia pela University of California, Santa Cruz, Estados Unidos. E-mail: erik.feibert@oregonstate.edu

Rebecca J. Flock é estudante do curso de Bioquímica na Grove City College, Pennsylvania, Estados Unidos. Estagiária remunerada pela Oregon State University, junto à Malheur Agricultural Experiment Station, durante os verões de 2003, 2004 e 2005. E-mail: flockrj1@gcc.edu

Dr. Luiz Lima é Professor-Doutor do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras. Graduado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. Mestrado em Física do Solo e Doutorado em Engenharia Agrícola pela University of California, Davis, Estados Unidos. E-mail: lalima@ufla.br

Dr. Nelson Fernandes é Professor Adjunto do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Graduação e Mestrado em Geologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutorado em Geologia pela University of California, Berkeley, Estados Unidos. Pesquisador Nível 1 do CNPq. E-mail: nelsonff@acd.ufrj.br



SOBRE O LIVRO

<i>Formato</i>	15,7 x 21,5 cm
<i>Tipologia</i>	Alberta Extralight
<i>Papel</i>	Off-set 120 g (miolo) Off-set 180 g (capa)
<i>Impressão</i>	Imprensa Universitária
<i>Acabamento</i>	Grampeado
<i>Tiragem</i>	300



EQUIPE DE REALIZAÇÃO

<i>Revisão</i>	Hein Leonard Bowles
<i>Projeto gráfico e capa</i>	Cláudia Gomes Fonseca
<i>Normalização técnica</i>	Biblioteca Central da UEPG