

PLANILHA ELETRÔNICA PARA AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO EM MANEJO DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA: APLICAÇÃO NO CULTIVO DA VIDEIRA ¹

PATRICIA DOS SANTOS NASCIMENTO⁽¹⁾, LUÍS HENRIQUE BASSOI⁽²⁾, VITAL PEDRO DA SILVA PAZ⁽³⁾

Resumo – O manejo de irrigação consiste, basicamente, na adoção de critérios pré-estabelecidos, para a definição do momento e da quantidade de água que deve ser aplicada. Assim, foi desenvolvida uma planilha eletrônica de fácil compreensão, manuseio e interpretação pelo produtor, que utiliza como dados de entrada os atributos físico-hídricos do solo em questão e leituras de tensiômetro para determinar a lâmina e o tempo de irrigação, possibilitando que o produtor saiba, imediatamente e no campo, o quanto de água aplicar ao solo. Em um pomar de videira irrigada por microaspersão em Petrolina-PE, a planilha foi testada durante um ciclo de produção de uva. Foram coletadas amostras de solo para a determinação da curva de retenção de água no solo nas camadas de 0,0-0,20, 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m de profundidade, e tensiômetros foram instalados a 0,2, 0,4 e 0,6 m de profundidade. As informações de retenção de água no solo e leituras de tensiômetro na área experimental foram utilizadas como base para a obtenção do potencial matricial da água no solo, umidade do solo, água disponível, umidade de reposição, lâmina e tempo de irrigação. O uso da planilha para o manejo de irrigação resultou em menor tempo de aplicação de água, quando comparado ao manejo realizado com base na evapotranspiração da cultura. Quando necessário, a planilha pode auxiliar o produtor a realizar ajustes no manejo de irrigação baseado na evapotranspiração da cultura.

Palavras-Chave: (tensiômetro, retenção de água, lâmina de irrigação).

Introdução

Dentre as atividades humanas a agricultura é a que mais consome os recursos hídricos do planeta, sendo a irrigação a responsável por grande parte desse total, chegando a concorrer em algumas regiões de forma direta com a indústria e as cidades pelo uso da água. Nesse processo a irrigação pode ser equivocadamente responsabilizada por problemas de escassez em decorrência do grande volume de água que consome (Queiroz, et al., [1]).

A ineficiência no manejo adotado por grande parte dos produtores rurais é indicado como um dos fatores que contribuem para a escassez dos recursos hídricos. Somente 40 a 60% da água aplicada à cultura é

efetivamente usada pela mesma (a maior parcela na forma de transpiração); o restante é perdido no sistema, na propriedade e no campo, seja através da evaporação, do escoamento superficial ou da percolação (Albuquerque & Andrade, [2]).

A implantação de um programa de manejo de irrigação requer conscientização, com visão integrada, tecnologia de ponta e operacionalidade, afim de que se torne possível a otimização do uso dos insumos, aumento da produtividade, rentabilidade e ampliação da área irrigada nos locais com limitação dos recursos hídricos (Bernardo et al., [3]). O correto manejo da irrigação fundamenta-se principalmente na tomada de decisão sobre quando irrigar e quanto de água aplicar; para tanto existem várias metodologias e critérios para estabelecer programas de irrigação, que vão desde simples turnos de rega a completos esquemas de integração do sistema solo água-planta-atmosfera (Hernandez, [4]).

Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de desenvolver e testar uma planilha eletrônica de fácil compreensão, manuseio e interpretação pelo produtor agrícola, que utiliza como dados de entrada atributos físico-hídricos do solo em questão e as leituras de tensiômetro para a determinação do potencial matricial da água no solo, umidade do solo disponível, umidade de reposição, lâmina bruta e tempo de irrigação, possibilitando assim que o produtor faça a leitura e imediatamente, no campo, já saiba o quanto de água aplicar ao solo.

Material e Métodos

O estudo foi realizado na fazenda Sasaki, localizada no lote 180 do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, em Petrolina-PE. O solo da área foi classificado como Neossolo Quartzarênico (Embrapa, [5]).

Para a realização do estudo foi selecionada uma área (área K, com 3,2 ha, e 40 fileiras de plantas e 41 plantas por fileiras, subdividida em 4 subáreas - K1, K2, K3 e K4, correspondente a cada uma das 4 válvulas de derivação de água do sistema de irrigação) cultivada com a videira Crimson Seedless enxertada sobre o porta-enxerto IAC 313, plantada em setembro de 2005 no espaçamento de 5 x 4 m e irrigada por microaspersão, com 2 emissores por planta. Dentro da

⁽¹⁾Primeiro Autor é Doutoranda em Agronomia/Irrigação e Drenagem da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Caixa Postal 237, Botucatu, SP. CEP 18610-307.

Email: patricianascimento@fca.unesp.br.

⁽²⁾Segundo Autor é Pesquisador da Embrapa Semi-Árido, Caixa Postal 23, Petrolina, PE, CEP 56302-970.

⁽³⁾Terceiro Autor é Professor Titular da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, CEP 44380-000.

Apoio financeiro: CNPq

área K, foi selecionada a subárea K2, com 0,8 ha, 10 fileiras de plantas e 41 plantas por fileiras, onde foram escolhidos 3 pontos da subárea para a coleta das amostras de solo a 0,0-0,20, 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m de profundidade, com o auxílio de um trado. As amostras de cada camada foram homogêneas para formar uma amostra composta, e encaminhadas ao Laboratório de Física do Solo do Departamento de Recursos Naturais, Área de Ciência do Solo, da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA/UNESP), campus de Botucatu, para a determinação da curva de retenção de água pelo método da câmara de Richards, às tensões de 0,006; 0,01; 0,033; 0,06; 0,1 e 1,5 MPa. Estabeleceu-se a capacidade de campo a umidade correspondente a 0,006 MPa e ponto de murcha permanente a umidade à 1,5 MPa (Reichardt, [6]).

A área experimental foi composta por 9 pontos de observação distribuídos de forma a cobrir toda a área avaliada. Em cada ponto foi instalada uma bateria com tensiômetros às profundidades de 0,2 m, 0,4 m e 0,6 m. A determinação da tensão de água no solo foi realizada com o auxílio de um tensiômetro de punção e uma fita métrica para a determinação da altura da lâmina d'água no interior da parte superior do tensiômetro, acima do nível do solo e formada por um tubo de acrílico transparente.

A planilha eletrônica foi desenvolvida no software Microsoft Excel, sendo necessária, inicialmente, a inserção dos dados referentes à curva de retenção estabelecida em laboratório e os parâmetros da equação de van Genuchten [7], que representa a relação da tensão da água no solo com a umidade do solo (Fig. 1). Também devem ser inseridos o espaçamento da cultura, vazão e número de emissor por planta, fator de redução baseado na área de molhamento, e eficiência do sistema de irrigação. As fórmulas para determinação do potencial matricial, umidade do solo, água disponível, umidade de reposição, lâmina bruta de irrigação e tempo de irrigação já são previamente inseridas na planilha, e utilizam as informações anteriormente mencionadas.

A partir da inserção da data, que é automaticamente convertida em dias após a poda (dap), e leitura do tensiômetro digital, a planilha calcula o potencial matricial da água no solo (Eq. 1). O passo seguinte consiste no cálculo da umidade do solo por meio da equação 2, que representa a curva de retenção de água pelo solo (van Genuchten, [7]), com base no potencial matricial estimado (Fig 1). A seqüência da planilha consiste na determinação da percentagem de água disponível no solo (Eq. 3).

Posteriormente, o usuário determina a porcentagem de água disponível (AD) que deseja manter na camada do solo de interesse; para o caso em questão, utilizou-se a profundidade efetiva do sistema radicular da videira, 60 cm (Basso et al., [8]). Ao definir a porcentagem, a planilha calcula a umidade de solo correspondente à porcentagem de AD escolhida ($\theta_{\%AD}$) (Eq. 4) e a umidade de reposição (θ_{rep}) (Eq. 5). Caso a

θ_{atual} seja maior que a $\theta_{\%AD}$, o valor de θ_{rep} será negativo, e a planilha apresentará a célula vazia, o que indica que não há necessidade de irrigação.

Ao inserir os valores de umidade determinados pela curva de retenção de água no solo a planilha já determina a umidade do solo correspondente às diversas percentagens de água disponível (100, 90, 80, 60, 70, etc.), de acordo com a Eq 4 (Fig.2). Essas percentagens podem ser ajustadas conforme a necessidade da cultura e do sistema de irrigação. Pode-se dizer que essa etapa integra o conhecimento da necessidade de água de uma cultura, de acordo com o seu estágio fenológico, e a experiência do produtor em relação ao comportamento da cultura (variedade do enxerto, variedade de porta-enxerto), clima (época do ano em que se cultiva) e solo (textura, capacidade de retenção de água).

O valor de umidade de reposição multiplicada pela espessura da camada de solo, na qual está sendo realizado o monitoramento estima a lâmina líquida de irrigação para cada camada (Eq.6). Na seqüência a planilha fornece a lâmina bruta total de irrigação (Eq. 7) (Fig 3). A soma da lâmina bruta de irrigação de cada camada fornece o valor total a ser considerado no cálculo do tempo de irrigação (Eq. 8).

A Fazenda Sasaki possui uma estação agrometeorológica automática Vantage Pro2™ (Davis Instruments Corp.) instalada na suas dependências, a qual é utilizada para determinação da evapotranspiração de referência (ET_o, mm), que multiplicada pelos coeficientes de cultura (K_c) para cada estágio fenológico da cultura da videira, e pré-determinados pelo produtor, estima a evapotranspiração da cultura (ET_c, mm), para fins de manejo da irrigação.

Para que fosse possível uma comparação em termos de quantidade de água aplicada, no ciclo de produção do 2º semestre de 2008 (julho a novembro), o produtor manejou a irrigação nas subáreas K1 e K2 com base nos atributos físico-hídricos do solo - planilha (medidos na subárea K2), enquanto que nas subáreas K3 e K4 o manejo foi realizado com base na evapotranspiração da cultura da videira.

Resultados

O tempo total de irrigação durante o ciclo de produção de uva quando o manejo de irrigação se baseou em parâmetros meteorológicos foi de 157 h, superior ao tempo total de 151 h quando o manejo de irrigação baseou-se na planilha com base em atributos físico-hídricos do solo. Isso proporcionou ao produtor uma economia no funcionamento do sistema de irrigação de 6 horas nas subáreas K1 e K2, operadas separadamente.

A Figura 4 mostra o tempo de irrigação calculado a partir da ET_o e o tempo de irrigação calculado pela tensiometria durante todo o ciclo da cultura, revelando que os tempos de irrigação observados pelo método

tensiométrico estiveram sempre coincidente ou abaixo dos valores calculados com base na ETo até o 77 dap. Entre 78 e 95 dap, a irrigação não foi realizada, pois corresponde ao estágio fenológico da maturação, durante o qual é feita uma redução da disponibilidade de água às plantas, para intensificar a cor vermelha das bagas da cv. Crimson Seedless. Tal procedimento adotado pelo produtor é específico para essa cultivar. A irrigação é retomada a partir de 96 dap onde o método tensiométrico sugere um maior tempo de irrigação e, por conseguinte uma maior lâmina de irrigação. No terço final do ciclo observa-se uma divergência maior entre os métodos testados quanto ao tempo de irrigação, havendo inclusive um intervalo entre os dias 109 a 125 onde o método tensiométrico indica interrupção da irrigação enquanto que o método climatológico recomenda o fornecimento hídrico ainda que em escalas menores.

Discussão

Tais resultados corroboram com os observados por Lopes et al.[9], ao comparar o manejo da irrigação por tensiometria com o balanço climatológico, onde foi verificado que as lâminas médias aplicadas foram significativamente diferentes entre os tratamentos, sendo que a tensiometria recebeu menor quantidade total de água por irrigação com uma economia de 15% em relação à lâmina total média de irrigação aplicada ao utilizar dados climatológicos.

Gondim et al.[10], ao analisarem diferentes manejos de água para estimativa das lâminas de irrigação, observaram que o uso de tensiometria resultou em menores valores de quantidade de água a ser aplicada que os métodos baseados em informações climatológicas, proporcionando assim uma economia da água aplicada e uma maior precisão quanto ao momento de irrigação, já que métodos climatológicos em algumas situações recorrem a dados de áreas próximas a área irrigada enquanto que o tensiômetro baseia-se na tensão da água no solo, refletindo assim uma realidade mais próxima aquela de interesse pelo produtor.

Segundo Lopes et al [9], a tensiometria quando bem conduzida oferece melhor entendimento das reais condições hídricas do solo na região do sistema radicular da cultura.

Finalmente, é importante frisar que a planilha pode ser uma ferramenta de fácil utilização pelo produtor para que possam ser feitos ajustes no manejo de irrigação baseado na evapotranspiração da cultura, principalmente quando se deseja saber a umidade do solo antes e após as aplicações de água pelo sistema de irrigação e após a ocorrência de chuvas, ou como no caso específico do sistema de produção de uvas no Submédio São Francisco, qual deve ser a lâmina de irrigação após um período de redução ou interrupção da irrigação para o controle do vigor vegetativo da planta, e em quanto está sendo a redução da umidade do solo após a maturação das uvas, no final do ciclo de

produção. O tempo de irrigação (TI) pode ser conhecido no campo, por meio de uma tabela gerada com base nos cálculos apresentados ao final da planilha, relacionando a leitura do tensiômetro e o TI.

Conclusões

O tempo total de irrigação com base na tensiometria foi menor que o tempo total de irrigação calculado com base na evapotranspiração da cultura.

A planilha eletrônica desenvolvida e testada é uma ferramenta acessível ao produtor, podendo auxiliá-lo na tomada de decisão quanto à aplicação de água, incluindo possíveis ajustes no manejo de irrigação baseado na evapotranspiração da cultura.

Agradecimentos

À Embrapa, pelo financiamento do projeto de pesquisa, ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo ao primeiro autor, e à fazenda Sasaki, pela cessão da área para realização do experimento.

Referências

- [1] QUEIROZ, T. M. de; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, J. A. Desenvolvimento de *software* e *hardware* para irrigação de precisão usando pivô central. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.28, n.1, p.44-54, 2008.
- [2] ALBUQUERQUE, P.E.P.; ANDRADE, C.L.T. *Planilha Eletrônica para a Programação da Irrigação de Culturas Anuais*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2001. 14p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 10).
- [3] BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. *Manual de irrigação*. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- [4] HERNANDEZ, F.B.T. Manejo da irrigação por pivô central na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24. 1994, Viçosa - MG. *Anais...* Viçosa - MG: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1994. 13 p.
- [5] EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação, 1999. 412 p.
- [6] REICHARDT, K. Capacidade de campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 12, p. 211 – 216, 1988.
- [7] 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.
- [8] BASSOI, L. H. ; GRANGEIRO, L. C. ; SILVA, José Antonio Moura ; SILVA, Emanuel Elder Gomes da . Root distribution of irrigated grapevine rootstocks in a coarse texture soil of the São Francisco Valley, Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 35-38, 2002.
- [9] LOPES, A. S.; PAVANI, L. C.; CORÁ, J. E.; ZANINI J. R.; MIRANDA, H. A. Manejo da irrigação (tensiometria e balanço hídrico climatológico) para a cultura do feijoeiro em sistemas de cultivo direto e convencional. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.24, n.1, p.89-100, 2004.
- [10] GONDIM, R. S.; AGUIAR, J. V. de; COSTA, R. N. T. ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE ÁGUA EM CAUPI IRRIGADO. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.4, n.1, p.14-18, 2000.

| Dados de umidade obtidos pela curva de retenção | | | | | | | | | | | |
|--|------------|------------|----------|-----------|---------|---------------------------|----------|-----------|----------|-----------|---------|
| Dados obtidos da análise de regressão do modelo de van Genuchten | | | | | | | | | | | |
| prof (cm) | θ_s | θ_r | α | n | m | $\text{sat} - \text{res}$ | | | | | |
| 20 | 0.157 | 0.050 | 0.012 | 1.947 | 0.459 | 0.117 | | | | | |
| 40 | 0.158 | 0.051 | 0.012 | 1.997 | 0.499 | 0.107 | | | | | |
| 60 | 0.160 | 0.041 | 0.012 | 2.180 | 0.541 | 0.119 | | | | | |
| Potencial matricial (KPa) | | | | | | | | | | | |
| prof (cm) | 50 | 100 | 300 | 500 | 1000 | 15000 | | | | | |
| 20 | 0.145 | 0.127 | 0.097 | 0.071 | 0.064 | 0.051 | | | | | |
| 40 | 0.138 | 0.120 | 0.080 | 0.066 | 0.060 | 0.052 | | | | | |
| 60 | 0.137 | 0.113 | 0.066 | 0.052 | 0.047 | 0.041 | | | | | |
| Unidade a % CAD | | | | | | | | | | | |
| | 50 | 70 | 50 | 50 | 40 | | | | | | |
| 20 | 0.145 | 0.136 | 0.126 | 0.117 | 0.108 | 0.098 | | | | | |
| 40 | 0.138 | 0.130 | 0.121 | 0.112 | 0.104 | 0.095 | | | | | |
| 60 | 0.137 | 0.117 | 0.108 | 0.099 | 0.089 | 0.079 | | | | | |
| *DAP - Dias após a poda | | | | | | | | | | | |
| *CAD - Total de água disponível | | | | | | | | | | | |
| Leitura do tensiômetro (KPa) | | | | | | | | | | | |
| dia | DAP | bateria 1 | | bateria 2 | | bateria 3 | | bateria 4 | | bateria 5 | |
| | 4-Jul-08 | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-20 cm |
| 4-Jul-08 | 0 | 103.4 | 131.0 | 165.5 | 82.7 | 110.3 | 156.6 | 89.6 | 110.3 | 186.2 | ... |
| 9-Jul-08 | 5 | 124.1 | 110.3 | 165.5 | 124.1 | 110.3 | 165.5 | 144.6 | 131.0 | 186.2 | ... |
| Potencial matricial (KPa) | | | | | | | | | | | |
| dia | DAP | bateria 1 | | bateria 2 | | bateria 3 | | bateria 4 | | bateria 5 | |
| | 4-Jul-08 | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-20 cm |
| 4-Jul-08 | 0 | 69.43 | 82.51 | 91.48 | 48.74 | 61.82 | 84.59 | 55.64 | 61.82 | 112.17 | ... |
| 9-Jul-08 | 5 | 90.11 | 61.82 | 91.48 | 90.11 | 61.82 | 91.48 | 110.60 | 82.51 | 112.17 | ... |

Figura 1. Planilha de auxílio à tomada de decisão em sistemas irrigados: inserção dos dados oriundos da curva de retenção de água no solo, leituras tensiometricas realizadas na área e calculo do potencial matricial (MPa).

| umidade do solo (m³ m⁻³) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-------------------------------------|----------|----------|
| dia | DAP | bateria 1 | | | bateria 2 | | | bateria 3 | | | bateria 4 | | | bateria 5 | | | Média Umidade do solo (m³ m⁻³) | | |
| | 4-Jul-08 | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 20 cm | 40 cm | 60 cm |
| 4-Jul-08 | 0 | 0.341 | 0.129 | 0.308 | 0.351 | 0.107 | 0.121 | 0.347 | 0.107 | 0.107 | ... | ... | ... | ... | ... | 0.146 | 0.104 | 0.315 | |
| 9-Jul-08 | 5 | 0.131 | 0.107 | 0.308 | 0.131 | 0.118 | 0.107 | 0.123 | 0.129 | 0.107 | ... | ... | ... | ... | ... | 0.129 | 0.103 | 0.314 | |
| água disponível (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| dia | DAP | bateria 1 | | | bateria 2 | | | bateria 3 | | | bateria 4 | | | bateria 5 | | | Média água disponível (%) | | |
| | 4-Jul-08 | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 20 cm | 40 cm | 60 cm |
| 4-Jul-08 | 0 | 35.2 | 87.7 | 80.1 | 30.0 | 39.0 | 84.2 | 100.0 | 39.0 | 83.2 | ... | ... | ... | ... | ... | 38.4 | 35.2 | 77.8 | |
| 9-Jul-08 | 5 | 95.3 | 99.0 | 80.1 | 95.3 | 39.0 | 80.1 | 76.7 | 87.7 | 83.2 | ... | ... | ... | ... | ... | 82.4 | 83.4 | 76.5 | |
| umidade de reposição (m³ m⁻³) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| dia | % AD | bateria 1 | | | bateria 2 | | | bateria 3 | | | bateria 4 | | | bateria 5 | | | Média Umidade de reposição (m³ m⁻³) | | |
| | 4-Jul-08 | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm |
| 4-Jul-08 | 30 | 0 | -0.005 | 0.002 | 0.003 | 0.000 | -0.008 | 0.006 | 0.000 | -0.008 | 0.020 | ... | ... | ... | ... | 0.000 | 0.000 | 0.002 | |
| 9-Jul-08 | 30 | 5 | 0.004 | -0.008 | 0.003 | 0.004 | 0.000 | 0.009 | 0.002 | 0.002 | 0.020 | ... | ... | ... | ... | 0.007 | 0.000 | 0.003 | |

Figura 2. Planilha de auxílio á tomada de decisão em sistemas irrigados: determinação da umidade do solo, água disponível e umidade de reposição.

| lâmina bruta de irrigação (mm) | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------|------------------|----------|----------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|----------|----------|---------|
| dia | DAP | bateria 1, 2 e 3 | | | | | | | | | | | |
| | 4-Jul-08 | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-60 cm |
| 4-Jul-08 | 0 | 0.0 | 0.0 | 2.9 | 2.9 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 9-Jul-08 | 5 | 1.8 | 0.0 | 3.2 | 5.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| tempo de irrigação (h) | | | | | | | | | | | | | |
| dia | DAP | bateria 1, 2 e 3 | | | | | | | | | | | |
| | 4-Jul-08 | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-60 cm | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm | 0-60 cm |
| 4-Jul-08 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 9-Jul-08 | 5 | 0.4 | 0.0 | 0.7 | 1.1 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

Figura 3. Planilha de auxílio á tomada de decisão em sistemas irrigados: determinação da lâmina bruta e tempo de irrigação.

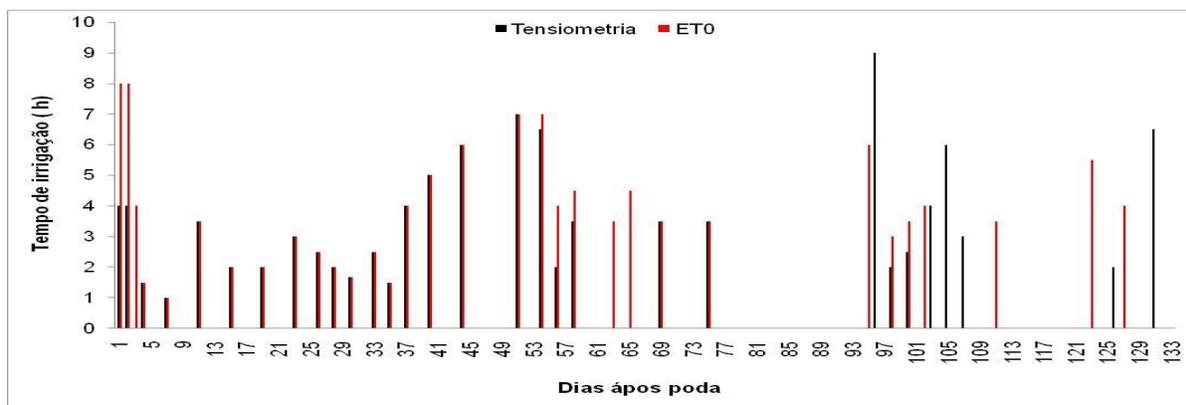


Figura 4. Tempo de irrigação calculado com base nos dados tensiometricos e pela evapotranspiração da cultura ao longo do ciclo de produção de uva.

$$\Psi_m = L_t - H_a - H - H_c \quad (1)$$

em que:

Ψ_m - potencial matricial da água no solo (cm de coluna de água)

L_t - leitura do tensímetro digital

H_a - altura da água no tubo de acrílico transparente na parte superior do tensiômetro

H - altura da base do tubo de acrílico até o nível do solo

H_c - profundidade de instalação do tensiômetro, representada pela distância do nível do solo até o ponto médio da cápsula porosa

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / [1 + |\alpha \Psi_m|^n]^m \quad (2)$$

$$AD = [(\theta_{\text{atual}} - \theta_{\text{pmp}}) / (\theta_{\text{cc}} - \theta_{\text{pmp}})] \cdot 100 \quad (3)$$

em que:

θ_{atual} - umidade atual do solo ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$);

θ_{pmp} - umidade do solo no ponto de murcha permanente ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$);

θ_{cc} - umidade do solo à capacidade de campo ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$).

$$\theta_{\%AD} = \theta_{\text{cc}} - [(\theta_{\text{cc}} - \theta_{\text{pmp}}) (100 - P_{AD}) / 100] \quad (4)$$

em que:

$\theta_{\%AD}$ - umidade volumétrica correspondente à percentagem de água disponível definida pelo produtor ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}; \%$);

P_{AD} - Percentual de água disponível estipulado pelo produtor.

$$\theta_{\text{rep}} = (\theta_{\%AD} - \theta_{\text{atual}}) \quad (5)$$

em que:

θ_{rep} - umidade de reposição ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$);

$\theta_{\%AD}$ - umidade volumétrica correspondente à percentagem de água disponível definida pelo produtor ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$).

$$LL = \theta_{\text{rep}} \cdot Z \quad (6)$$

em que:

LL - lâmina líquida de irrigação (mm)

Z - espessura da camada de solo (mm)

$$LB = LL / E_i \quad (7)$$

em que:

LB - lâmina bruta de irrigação (mm)

E_i - eficiência do sistema de irrigação (decimal)

$$TI = (LB \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot Kr) / (n \cdot q) \quad (8)$$

em que:

TI - tempo de irrigação (h)

E_1, E_2 - espaçamento da cultura (m)

Kr - fator de redução da área de molhamento (decimal)

n - número de emissores por planta

q - vazão (L h^{-1}).