

PROMAI - PROGRAMA PARA MANEJO DA IRRIGAÇÃO

Rafael Macedo de Oliveira¹; Ricardo Arizono dos Reis²; Rodrigo Pires da Silva³; Genésio Ornelas Nolasco de Oliveira⁴, Iandra Mikaela Cruz Reis⁵

¹Engenheiro Agrônomo, doutor em Fitotecnia. Professor da Faculdade Vértice - UNIVÉRTIX, Campus Matipó, rafaeloliveiraufv@gmail.com

²Acadêmico do décimo período do curso de Agronomia da Faculdade Vértice - UNIVÉRTIX, Campus Matipó, raricardo22@gmail.com

³Acadêmico do décimo período do curso de Agronomia da Faculdade Vértice - UNIVÉRTIX, Campus Matipó, rodrigopyres@gmail.com

⁴Acadêmico do décimo período do curso de Agronomia da Faculdade Vértice - UNIVÉRTIX, Campus Matipó, genesiooliveira1020@gmail.com

⁵Acadêmica do décimo período do curso de Agronomia da Faculdade Vértice - UNIVÉRTIX, Campus Matipó, iandramikaela95@gmail.com

RESUMO: A irrigação é uma prática realizada com o objetivo de suprir a necessidade hídrica das culturas. Atualmente 70% da água derivada dos cursos d'água é destinada ao setor agrícola e aproximadamente 50% desse volume é desperdiçado antes de chegar nas raízes das plantas. Existem vários fatores que contribuem para a necessidade de irrigação, sendo um dos principais a escassez contínua de água. O manejo correto da irrigação possibilita atender a necessidade hídrica das culturas e evitar o desperdício de água, ele pode ser realizado via planta, via solo ou via clima. O via clima é o mais utilizado devido a facilidade de obtenção de dados e simples execução. Para se ter bom manejo de irrigação e boa racionalização do uso da água é necessário o conhecimento da evapotranspiração das culturas (ETc). Dentre os vários métodos para estimar a evapotranspiração de referência o de Hargreaves-Samani possui algumas vantagens pois é baseado em dados de temperatura do ar, porém ele necessita de ser calibrado para cada região para obter melhores resultados pois este método tende a superestimar o valor da evapotranspiração de referência. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de criar um programa computacional em ambiente excel, que calcula a ET_c e também o tempo de irrigação para cada cultura observando seu K_c e o sistema de irrigação em questão. O software criado com o nome "PROMAI" foi desenvolvido no ambiente *Visual Basic for Applications* (VBA). Para a calibração da equação de Hargreaves-Samani em relação à metodologia da FAO-56, foram considerados os valores originais de A_{HS} , B_{HS} e C_{HS} como valores iniciais. Foi utilizada a ferramenta Solver da planilha eletrônica Excel para minimização do erro absoluto médio (EAM). Após a calibração da equação foi alcançando R^2 de 0,9743 em relação aos valores de ET_0 obtidos pela equação padrão de Penman-Monteith (FAO-56) o que garante a precisão dos resultados obtidos com o software. O software desenvolvido é de fácil acesso e utilização, por demandar dados estratégicos de temperatura e precipitação.

PALAVRAS-CHAVE: recursos hídricos, sustentabilidade, irrigação, manejo.

PROMAI – SOFTWARE FOR IRRIGATION MANEGEMENT

ABSTRACT: Irrigation is the usual practice aimed to supplying the water needs of crops. Currently, about of 50% of the volume of water intended for the agricultural sector is wasted before the roots of plants. There are several factors that contribute to the need for irrigation, being one of the main is the continuous scarcity of water. The correct management of irrigation makes possible to meet the water needs of crops and to avoid wasting water and this can be done by way of soil, plant and climate. The climate way is the way most used due the ease of data collection and execution. For good irrigation management and good rationalization of use of water is required of crop evapotranspiration (ETc). Among the various methods for estimating a evapotranspiration of reference, the Hargreaves-Samani has some advantages as it is based on air temperature data, but it is required to be calibrated for each region for best results because this method tends to overestimate the evapotranspiration of reference value. The present work aimed developed a computer program in excel environment, which calculates an ETC and also the irrigation time for each crop based on K_C and the irrigation system. "PROMAI" is the software developed in Visual Basic for Applications (VBA). For calibration the Hargreaves-Samani equation in relation to the FAO-56 methodology, the original A_{HS} , B_{HS} and C_{HS} values were included as initial values. Solver tool was used to minimize the mean absolute error (EAM). After equation calibration, R^2 of 0.9743 was reached in relation to the ET_0 values used by the Penman-Monteith standard equation (FAO-56), which guarantees the precision of the results of the software. The software is easy to access and to use because demand only temperature and precipitation data.

KEY WORDS: water resources, sustainability, irrigation, management.

INTRODUÇÃO

A irrigação é uma prática adotada para suprir as necessidades hídricas das plantas desde a época das antigas civilizações, sendo o setor agrícola o que mais consome água, correspondendo em torno de 70% do consumo mundial dos recursos hídricos. No Brasil, a prática alcançou forte crescimento devido suporte governamental, a partir das décadas de 1970 e 1980 (ANA, 2017), sendo a forma mais eficaz para a produção de alimentos, podendo atingir o triplo da produtividade comparando-se com áreas de sequeiro (SANTOS *et al.*, 2017), as áreas irrigadas são responsáveis por

produzir grande parte dos alimentos para o abastecimento da população mundial (MANTOVANI, BERNARDO e PALARETTI, 2009). A agricultura irrigada ocupa cerca de 17% de toda a terra agricultável no mundo e responde por 40% da produção de todo o alimento consumido (PAULINO *et al.*, 2011). A irrigação é um meio rentável e sustentável se utilizada de forma correta com técnicas eficientes e de baixo custo tanto no uso da terra quanto o da água (LACERDA e OLIVEIRA, 2007). No Brasil de acordo com o Censo Agropecuário (IBGE, 2017) estima-se que 502.425 estabelecimentos fazem o uso de algum método de irrigação, o que representa uma área irrigada total de 6.903.048 ha, verificando-se um acréscimo de 52 % em relação ao Censo Agropecuário de 2006. Segundo dados do Ministério da Agricultura há no país cerca de 300.000 estabelecimentos cafeeiros, sendo que 15% da área é irrigada (FRANCO JUNIOR; GUIMARÃES e CARVALHO, 2019). Café irrigado possui capacidade de produzir até 44% mais do que o de sequeiro (SCALCO *et al.*, 2011).

Vista no passado como uma técnica de aplicação de água apenas para suprir o período seco do ano, a agricultura irrigada se tornou grande foco do agronegócio pois favorece o aumento significativo na produção de alimentos. A irrigação envolve técnicas que permitem de forma econômica a produção de determinada cultura com adequado manejo dos recursos hídricos, sendo responsável pela criação de empregos, promovendo o desenvolvimento sustentável no campo (MANTOVANI, BERNARDO e PALARETTI, 2009). Apesar de ser uma atividade que tem alto consumo de água ela pode proporcionar diversos benefícios, tais como, aumento de produção de 2 a 3 vezes em relação a culturas de sequeiro, redução de custos unitários, redução de riscos climático e meteorológico, maior uso do solo permitindo até três safras por ano, aplicação de fertilizantes e agroquímicos pelo equipamento de irrigação, aumento de renda para o produtor rural e maior qualidade e padronização de produtos agrícolas (ANA, 2017). Estudos demonstram que 50 % da água capitada para a irrigação é perdida no meio do caminho não sendo utilizada pelas plantas (SOUSA *et al.*, 2011).

Existem vários fatores que contribuem para a necessidade de irrigação, sendo um dos principais a escassez contínua de água, como no semiárido brasileiro que faz necessário a aplicação artificial de água (ANA, 2017). Com uma irrigação com déficit hídrico não é possível alcançar o benefício esperado, porém a aplicação excessiva de água pode também se tornar prejudicial, fazendo com que ocorra saturação do solo, impedindo a aeração, ocasionando lixiviação de nutrientes, salinização e maiores evaporações, podendo ainda elevar o lençol freático fazendo com que tenha altos custos com drenagem (CORREIA, ROCHA e RISSINO, 2016). O excesso hídrico ainda promove problemas que pode prejudicar ou interferir no crescimento das plantas (SARAIVA *et al.*, 2013). Além do desperdício de água o uso inadequado da irrigação origina crescente custo de energia elétrica (TURCO, RIZZATTI e PAVANI, 2009).

Para controlar o excesso e o desperdício de água na agricultura é necessário ter um correto manejo da irrigação, estimando as necessidades hídricas das culturas, repondo a quantidade certa de água no solo no momento ideal. Porém, o manejo da irrigação se torna difícil devido à falta de monitoramento dos dados climáticos em pequenas propriedades (CORREIA, ROCHA e RISSINO, 2016). Estações meteorológicas profissionais possuem alto custo e sua complexidade de operação restringe seu uso (ELIAS *et al.*, 2014). O manejo de irrigação deve ser feito de forma a disponibilizar água suficiente para as plantas prevenindo estresse hídrico, promovendo aumento de produtividade e qualidade da produção e tornar mínima a perda de água, a lixiviação de nutrientes e a degradação do meio ambiente (ALBUQUERQUE e ANDRADE, 2001). Além disso, problemas de salinização do solo e contaminação do lençol freático podem ser causados pelo excesso de irrigação (SILVA; CAMPOS e AZEVEDO, 2009).

O manejo da irrigação pode ser realizado via planta, via solo ou via clima. Hoje em dia, o mais utilizado é o via clima, devido a facilidade de obtenção de dados e simples execução (CONCEIÇÃO, 2016). Para se ter bom manejo de irrigação e boa racionalização do uso da água é necessário o conhecimento da evapotranspiração das culturas (ET_c), que pode ser obtida por meio da multiplicação da evapotranspiração de referência (ET_0) pelo coeficiente da cultura (K_c) (CARVALHO *et al.*, 2011). Estes indicadores estão relacionados a aspectos ambientais e fisiológicos das plantas, devendo ser determinado para as condições locais onde será realizado o manejo (MEDEIROS *et al.*, 2004). Dentre os vários métodos para estimar a evapotranspiração de referência o de Heargreaves-Samani possui algumas vantagens pois é baseado em dados de temperatura do ar e radiação solar sendo este tabelado de acordo com a latitude e o período do ano, e o primeiro de fácil determinação com a utilização de termômetro de máxima e mínima diária, tornando este método de fácil aplicação, porém ele necessita ser calibrado para cada região para se obter melhores resultados pois este método tende a superestimar o valor da evapotranspiração de referência (ET_0) principalmente em climas úmidos (ROCHA; HAMILTON e AZEVEDO, 2003), por ter sido desenvolvido em uma região de clima seco, ele é adequado para regiões áridas do Brasil (CRUZ, 2016).

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de criar um programa computacional em ambiente excel, usando a linguagem de programação em VBA (*Visual Basic for Applications*) que calcula a ET_c (evapotranspiração da cultura) e também o tempo de irrigação para cada cultura observando seu K_c (coeficiente da cultura) e o sistema de irrigação em questão, o software desenvolvido tem a função de facilitar e viabilizar o manejo da irrigação dentro da propriedade rural.

MATERIAL E MÉTODOS

O *software* criado com o nome “PROMAI” foi desenvolvido no ambiente *Visual Basic for Applications* (VBA), constituído por um conjunto de planilhas, que contém dados de R_a (Radiação Solar Extraterrestre), K_c (coeficiente das

culturas de acordo com a fase de desenvolvimento), cidade (latitude) e o modelo de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0) proposto por Hargreaves-Samani representado pela seguinte equação:

$$ET_0 = A_{HS} \cdot (T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n})^{B_{HS}} \cdot (T_{m\acute{e}d} + C_{HS}) \cdot R_a \cdot 0,408$$

Em que:

ET_0 = evapotranspiração de referência (mm.dia⁻¹);

R_a = radiação solar no topo da atmosfera, expressa em equivalente de evaporação (mm.dia⁻¹);

$T_{m\acute{a}x}$ = temperatura máxima do ar (°C);

$T_{m\acute{i}n}$ = temperatura mínima do ar (°C);

$T_{m\acute{e}d}$ = temperatura média do ar (°C) e

A_{HS} , B_{HS} , C_{HS} = respectivamente, os valores originais 0,0023, 0,5 e 17,8 (HARGREAVES e SAMANI, 1985; ALLEN, 1998).

Para a determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c) utilizou-se a seguinte equação:

$$ET_c = ET_0 \times K_c$$

Em que:

ET_c = evapotranspiração da cultura (mm.dia⁻¹);

K_c = coeficiente da cultura de acordo com a fase de desenvolvimento da mesma (adimensional).

Para a calibração da equação de Hargreaves-Samani em relação à metodologia da FAO-56, foram considerados os valores originais de A_{HS} , B_{HS} e C_{HS} como valores iniciais. A ferramenta Solver da planilha eletrônica Excel foi empregada para minimização do erro absoluto médio (EAM). O erro absoluto médio foi adotado por ser considerado a mais apropriada medida do erro médio e por não apresentar oscilações (WILLMOTT e MATSUURA, 2005). Foram coletados dados da estação meteorológica do município de Viçosa no interior de Minas Gerais (20° 45' 14" S, 42° 52' 55" W), e fez-se a comparação com a equação de Penman-Monteith (FAO-56) com os da fórmula original de Hargreaves-Samani e a fórmula utilizada pelo *software* após a calibração da equação.

Para a determinação de quando o produtor irá irrigar, é utilizado uma barra de umidade de acordo com a curva característica de retenção de água no solo de cada propriedade que é determinada em laboratórios de análises de solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O *software* apresenta interface amigável e clara, com tela inicial de fácil compreensão (Figura 1). Ele pode ser utilizado em computador convencional ou portátil.



Figura 1. Tela inicial do programa.

A segunda tela destina a entrada de dados gerais para o cadastro do produtor (Figura 2).

Cadastro

Nome

Propriedade

Cidade

Data 23/06/2019

Ok

Figura 2. Entrada de dados para cadastro do produtor.

Os dados de entrada são inseridos no programa de forma fácil. O programa além de estimar a evapotranspiração de referência, estima a evapotranspiração da cultura e o tempo de irrigação em horas, minutos e segundos quando necessário e quando não, apresenta uma mensagem “Não há a necessidade de irrigar!”, apresentando dessa forma um diferencial em relação a outras ferramentas que facilitam o manejo da irrigação que na maioria das vezes estimam apenas a ETo ou ETc, necessitando de conversão pelo produtor rural (Figura 3). Além da facilidade de utilização o programa apresenta a vantagem que o produtor irá necessitar utilizar apenas termômetro de máxima e mínima e pluviômetro, equipamentos estes que são de baixo custo e fácil utilização.

Calculo de Tempo de Irrigação

Cidade: Maranhão

Mês: Março

Cultura: Café

Vazão do Emissor (l/h): 20

Espaçamento entre Emissores (m): 18 x 12

Eficiência do Sistema (%): 82

Tempo de Irrigação (h:mm:ss): 2:05:38

28%

32% 24%

Culturas Anuais

Culturas Perenes

Dados Registrados

Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6
T.Max(°C): 32	T.Max(°C): 33	T.Max(°C): 28	T.Max(°C):	T.Max(°C):	T.Max(°C):
T.Min(°C): 30	T.Min(°C): 27	T.Min(°C): 26	T.Min(°C):	T.Min(°C):	T.Min(°C):
Precipitação (mm): 0	Precipitação (mm): 0	Precipitação (mm): 0	Precipitação (mm):	Precipitação (mm):	Precipitação (mm):

PR MAI

Zerar Calcular Relatório Sair

Figura 3. Estimativa do tempo necessário a ser irrigado.

O programa utiliza a equação de Hargreaves-Samani calibrada, alcançando R^2 de 0,9743 em relação aos valores de ET_0 obtidos pela equação padrão de Penman-Monteith (FAO-56) o que garante a precisão dos resultados obtidos com o *software*. Este valor de R^2 está próximo ao valor obtido por Rocha, Guerra & Azevedo, (2003) de 0,9513 quando ajustaram a equação de Chistiasen-Hargreaves, e acima do R^2 encontrados por (Borges Junior, Oliveira, Andrade e Pinheiro, 2017), de 0,81. Demonstrando assim a grande precisão na determinação da evapotranspiração pelo programa.

CONCLUSÕES

1 - O software desenvolvido é de fácil acesso e fácil utilização, por demandar dados estratégicos de temperatura e precipitação.

2 - Dessa forma, facilita a realização do manejo da irrigação pelo pequeno e médio agricultor, que não tem acesso a estação meteorológica na propriedade

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 301p.

ANA. Agência Nacional de Águas. Irrigação. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/usos-da-agua/irrigacao>. Acesso em: 11 de março de 2019.

BORGES JUNIOR, J. C. F.; OLIVEIRA, A. L. M.; ANDRADE, C. L. T.; BRAIDO, M.A. Equação de Hargreaves – Samani calibrada em diferentes bases temporais para Sete Lagoas, MG. Revista Engenharia da Agricultura, v.25, n. 1, p. 38-49, 2017.

CARVALHO, L. G. ; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; CASTRO NETO, P. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 456-465, 2011.

CONCEIÇÃO, C. G. Análise de crescimento e produtividade econômica do feijoeiro irrigado na região de Alegrete, RS. Orientador: Prof. Dr. Adroaldo Dias Robaina, 2016. 70 f. Dissertação, Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria - RS, 2016.

CORREIA, G. R.; ROCHA, H. R. O.; RISSINO, S. D. Automação de sistemas de irrigação com monitoramento via aplicativo web. REVENG: Engenharia na agricultura, Viçosa, v.24 n.4, p 314-325, 2016.

CRUZ, J. T. Avaliação de métodos de estimativa de evapotranspiração para Brasília-DF. Orientadora: Profa. Dra. Selma Regina Maggioletto, 2016. 45 f. Monografia, Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, UnB, Brasília-DF, 2016.

ELIAS, A. A. A. *et al.* Ardweather: uma estação meteorológica baseada no arduino e em web services restful. XIV Safety, Health and Environment World Congress, Cubatão, p. 44-48, 2014.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature. Chicago: Amer. Soc. Agric. Eng., 1985. (Paper 85- 2517).

IBGE. O setor de tecnologia da informação e comunicação no Brasil 2003-2006. Rio de Janeiro: IBGE, n. 11, 2009, 79p.

LACERDA, N. B.; OLIVEIRA, T. S. Agricultura irrigada e qualidade de vida dos agricultores em perímetros do Estado do Ceará, Brasil. Revista Ciência Agronômica, v.38, n.2, p.216-223, 2007.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. Irrigação: Princípios e métodos. 3.ed. Viçosa: UFV, 2009, 355p.

MEDEIROS, G. A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. Relações entre o coeficiente de cultura e cobertura vegetal do feijoeiro: erros envolvidos e análises para diferentes intervalos de tempo. Revista Acta Scientiarum Agronomy, Maringá, v. 26, n. 4, p. 513-519, 2004.

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; AZEVEDO, H. M. Ajuste do modelo Christiansen-Hargreaves para estimativa da evapotranspiração do feijão no cerrado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 7, n. 2, p.263-268, 2003.

SANTOS, R. A. *et al.* Estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Feira de Santana (BA). Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v.11, n. 4, p. 1617 - 1626, 2017.

SARAIVA, K. R.; BEZERRA, F. M. L.; SOUZA, F.; NETO, L. F. C. Aplicação do “ISAREG” no manejo da irrigação na cultura da melancia no Baixo Acaraú, Ceará. Revista Ciência Agronômica, v. 44, n. 1, p. 53-60, 2013.

SCALCO, M. S *et al.* Cultivo irrigado e não irrigado do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em plantio superadensado. Coffee Science, Lavras, v.6, n.3, p. 193-202, 2011.

SILVA, V. P. R.; CAMPOS, J. H. B. C.; AZEVEDO, P. V. de. Water use efficiency and evapotranspiration of mango orchard grown in northeastern region of Brazil. Scientia Horticulturae, Campina Grande, v. 120, n. 4, p. 467- 472, 2009.

SOUSA, V. F. de *et al.* Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças. Brasília: Embrapa, 2011, 771p.

TURCO, J. E. P., RIZZATTI, G. S., PAVANI, L. C. Custo de energia elétrica em cultura do feijoeiro irrigado por pivô central, afetado pelo manejo da irrigação e sistemas de cultivo, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.29, n. 2, p.311-320, 2009.

WILLMOTT, C.J.; MATSUURA, K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. Climate Research, Oldendorf-Luhe, v.30, n.1, p.79-82, 2005.