

# IRRIGA FÁCIL – Um *software* para manejo de irrigação utilizando valores de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) ajustados e preditos

Enilda Alves Coelho, Morethson Resende, Paulo Emílio Pereira Albuquerque, Carla  
Moreira Faria & Rubens Leite Vianello

**RESUMO :** O objetivo principal desse trabalho foi desenvolver um software para ajustar e prever valores de ET<sub>o</sub>, utilizando-se Redes Neurais Artificiais e uma série histórica de dados climáticos, bem como estimar as lâminas de água e os intervalos de irrigação, com base no Método Resende, desenvolvido em linguagem Delphi. Este programa permite estimar, ajustar e prever valores de ET<sub>o</sub> utilizando Redes Neurais Artificiais, para serem usados no balanço de água no solo, juntamente com dados da planta do solo e do sistema de irrigação. As planilhas de saída com recomendações das irrigações foram criadas para 4 métodos. A utilização do Método Resende, através do Irriga Fácil 1.0, permite estimar a lâmina de água a ser aplicada, bem como, o momento de se efetuar as irrigações, utilizando valores de ET<sub>o</sub> ajustados e preditos, dados de clima, do solo, da planta e do sistema de irrigação através de um balanço diário de água no solo ou elaborando-se assim um calendário das irrigações, antes do plantio.

**Palavras-Chaves:** Irrigação, evapotranspiração, redes neurais artificiais, software.

**SUMMARY** – The main objective of this work was to develop a software to adjust and predict the ET<sub>o</sub> value using Neural Artificial Network and a historical series of climatic data, as well as to estimate the irrigation depth and interval between irrigation in four irrigation strategies based in Resende's Method. This program was developed in Delphi language and permits to estimate, adjust and predict ET<sub>o</sub> values using Neural Artificial Network, to be used in a soil water balance method with soil, plant and climatic data. The data output came with irrigation scheduling recommendation for 4 irrigation management strategy. The use of Resende's Method using Irriga Facil 1.0, permits to evaluate the depth of water and the irrigation day, using adjusted and predicted ET<sub>o</sub> values, climate, soil, plant data and irrigation system characteristics in the soil water balance method, even before planting day.

## INTRODUÇÃO

Considerando-se os altos custos e a deficiência generalizada de equipamentos de controle das condições de umidade do solo, fatores da planta e atmosfera, o método do balanço de água no solo constitui-se em uma estratégia viável de se programarem as irrigações (Steele *et al.*, 2000), utilizando-se dados das características físicas do solo e do requerimento diário de água pela cultura. O requerimento de água pela cultura pode ser determinado pela estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), pelo método de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998), que é reconhecido internacionalmente como um dos mais precisos (Jensen *et al.*, 1990; Kumar *et al.*, 2002) e do coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) (Doorenbos & Pruitt, 1976).

A programação de irrigação utilizando o método do balanço de água no solo é feita determinando-se a ET<sub>o</sub> diariamente, o que é bastante trabalhoso. Esse mesmo método também vem sendo usado, utilizando-se valores médios de ET<sub>o</sub> diários de uma série

histórica de dados climáticos, para prever futuras irrigações. Essa estratégia, embora muito simples de ser utilizada, não é recomendável em condições de alta variabilidade das condições climáticas (Smith *et al.*, 1985 e Resende *et al.*, 2002). Visando melhorar a precisão, foi desenvolvido o Método Resende (Resende, 2004) para se programarem as irrigações através do ajuste dos valores de ETo para os dias chuvosos de uma série histórica de dados climáticos e a predição de valores futuros de ETo (Resende, 2000; Resende *et al.*, 2002, Resende *et al.*, 2003), utilizando-se Redes Neurais Artificiais (RNAs), através da metodologia desenvolvida por Souza *et al.* (2002). Essa se constitui em uma estratégia de controle de irrigação inovadora, pois possibilita a programação completa das irrigações para todo o ciclo da cultura, mesmo antes do plantio, com a mesma precisão daquela que se utiliza diariamente a ETo estimada pelo método de Penman-Monteith. Com isso elabora-se um calendário contendo lâminas de água e data das irrigações.

O objetivo principal deste trabalho foi desenvolver um *software* para ajustar e prever valores de ETo, utilizando-se Redes Neurais Artificiais e uma série histórica de dados climáticos, bem como estimar as lâminas de água e os intervalos de irrigação para quatro sistemas de manejo de irrigação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O software Irriga Fácil 1.0 (Fig. 1), foi desenvolvido em ambiente de programação Delphi versão 6.0, tendo como objetivo principal, a implementação do Método Resende (Resende, 2004). Por isso foram introduzidos no programa, algoritmos para estimativa da ETo pelo Método de Penman-Monteith, Redes Neurais Artificiais para ajustar e prever os valores de ETo e os algoritmos necessários para se efetuar o balanço de água no solo. Foram implementados, além dos métodos do calendário e do balanço diário utilizando valores de ETo ajustados e preditos, foram implementados os métodos do balanço diário utilizando ETo estimada diariamente e utilizando valores de evaporação de tanque.

A partir de dados armazenados de clima, da cultura, de estações meteorológicas, e dados do plantio, é possível estimar, com o uso do aplicativo Irriga Fácil, os diferentes tempos de irrigação e os intervalos entre irrigações, em função da lâmina a ser aplicada e do sistema de irrigação. As Figuras 2 e 3 ilustram, a interface para entrada de dados do plantio, do solo e clima, respectivamente. As planilhas de saída das recomendações de irrigação são geradas em função de cada método a ser usado.



Figura 1. - Tela inicial de abertura do software *Irriga Fácil 1.0*

**Irriga Fácil**

Plantio Manutenção Ajuda

Novo Cópia Localizar Excluir Gravar Imprimir Desfazer Sair

**Embrapa**

Dados do Plantio Dados do Solo e Clima Planilha de Irrigação

Nome do produtor: Morethson Nome da propriedade: Embrapa

Endereço: Rodovia MG 424 Km65 Município ou localidade: Jaíba Pesquisar

Cultura: Milho Data do plantio: 01/01/05 Ciclo: 120 dias Prof. efetiva das raízes: 40 cm

Identificação da área de plantio:

Método de Manejo:

- ☐ Balanço Diário - E do tanque (kt do tanque em decimal)
- ☐ Balanço Diário - ETo estimada
- ☐ Balanço Diário - ETo ajustada e predita
- ☒ Calendário - ETo ajustada e predita

Sistema de irrigação: Aspersão Convencional

Aspersão Convencional:

Prec. (mm/h): 5 Eficiência (%): 0.7

Próximo ➤

Barra de tarefas: Iniciar Caixa de entrada - Outlook... Irriga Fácil - Trabalho CON... Manejo de Irrigação 09:30

Figura 2. - Janela de entrada de dados de plantio do software *Irriga Fácil*

**Irriga Fácil**

Plantio Manutenção Ajuda

Novo Cópia Localizar Excluir Gravar Imprimir Desfazer Sair

**Embrapa**

Dados do Plantio Dados do Solo e Clima Planilha de Irrigação

Características do Solo (obtidas através da análise física do solo)

Umidade do solo na capacidade de campo (em %peso): CC (% peso) 35

Umidade do solo no ponto de murcha permanente (em %peso): PMP (% peso) 25

Densidade aparente do solo ou densidade global (em g/cm<sup>3</sup>): densidade aparente (g/cm<sup>3</sup>) 1

Umidade inicial do solo, considere a média na profundidade efetiva do sistema radicular, no dia do plantio: umidade inicial (%peso) 25

Profundidade inicial (cm): 20

Nível de esgotamento permissível da água no solo em cada fase

NEP (decimal) em cada fase:

um 0.5 dois 0.8

três 0.8 quatro 0.8

Coefficiente de Cultura (decimal)

Na fase 1 Na fase 3 Final

0.40 1.15 0.80

Próximo ➤

Barra de status: Pág 3 Seção 1 3/11 Em 2,9 cm Lin 1 Col 1 GRA ALT EST SE Português (BR)

Figura 3 – Janela de entrada de dados de solo, planta e clima do software *Irriga Fácil 1.0*.

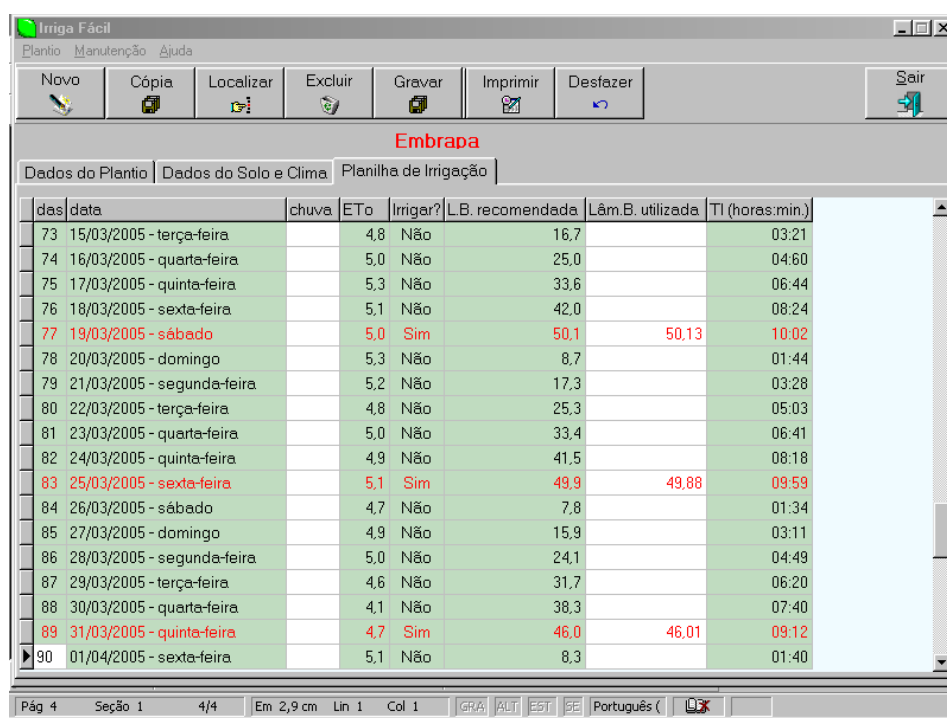
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Irriga Fácil 1.0 permite o cálculo dos valores de ETo pelo método de Penman-Monteith, utilizando uma série histórica de dados climáticos do local desejado. De posse dos valores de ETo, o programa ajusta e faz a predição dos valores de ETo, para o ano seguinte ao término da série histórica, segundo o método Resende (Resende, 2004). O principal resultado e de caráter inovador é permitir elaborar um calendário das irrigações mesmo antes do plantio, conforme mostra a planilha da Figura 4. As lâminas de água a serem aplicadas, bem como os intervalos das irrigações apresentados nessa planilha têm a mesma precisão daquela que se usa o balanço de água no solo com valores de ETo coletados no local e estimados diariamente pelo método de Penman-Monteith, ao longo do ciclo da cultura.

## CONCLUSÕES

A utilização do Método Resende, através do Irriga Fácil 1.0, permite estimar a lâmina de água a ser aplicada, bem como o momento de se efetuarem as irrigações, utilizando-se valores de ETo ajustados e preditos, através de um balanço diário de água no solo ou elaborando-se um calendário das irrigações, antes do plantio, de forma simples e precisa.

Esse programa permite também manejar as irrigações através do balanço de água no solo, utilizando-se valores de ETo estimados diariamente, podendo ser inclusive com valores de evaporação de água de um tanque.



The screenshot shows the 'Irriga Fácil' software window. The title bar includes 'Plantio', 'Manutenção', and 'Ajuda'. The menu bar has 'Novo', 'Cópia', 'Localizar', 'Excluir', 'Gravar', 'Imprimir', 'Desfazer', and 'Sair'. The main area is titled 'Embrapa' and contains three tabs: 'Dados do Plantio', 'Dados do Solo e Clima', and 'Planilha de Irrigação'. The 'Planilha de Irrigação' tab is active, displaying a table with irrigation data. The table has columns: 'das', 'data', 'chuva', 'ETo', 'Irigar?', 'LB. recomendada', 'Lâm.B. utilizada', and 'TI (horas:min.)'. The data rows are numbered 73 to 90, showing dates from 15/03/2005 to 01/04/2005. Some rows are highlighted in red, indicating irrigation events. The status bar at the bottom shows 'Pág 4', 'Seção 1', '4/4', 'Em 2,9 cm', 'Lin 1', 'Col 1', and a language dropdown set to 'Português'.

das	data	chuva	ETo	Irigar?	LB. recomendada	Lâm.B. utilizada	TI (horas:min.)
73	15/03/2005 - terça-feira		4.8	Não	16.7		03:21
74	16/03/2005 - quarta-feira		5.0	Não	25.0		04:60
75	17/03/2005 - quinta-feira		5.3	Não	33.6		06:44
76	18/03/2005 - sexta-feira		5.1	Não	42.0		08:24
77	19/03/2005 - sábado		5.0	Sim	50.1	50.13	10:02
78	20/03/2005 - domingo		5.3	Não	8.7		01:44
79	21/03/2005 - segunda-feira		5.2	Não	17.3		03:28
80	22/03/2005 - terça-feira		4.8	Não	25.3		05:03
81	23/03/2005 - quarta-feira		5.0	Não	33.4		06:41
82	24/03/2005 - quinta-feira		4.9	Não	41.5		08:18
83	25/03/2005 - sexta-feira		5.1	Sim	49.9	49.88	09:59
84	26/03/2005 - sábado		4.7	Não	7.8		01:34
85	27/03/2005 - domingo		4.9	Não	15.9		03:11
86	28/03/2005 - segunda-feira		5.0	Não	24.1		04:49
87	29/03/2005 - terça-feira		4.6	Não	31.7		06:20
88	30/03/2005 - quarta-feira		4.1	Não	38.3		07:40
89	31/03/2005 - quinta-feira		4.7	Sim	46.0	46.01	09:12
90	01/04/2005 - sexta-feira		5.1	Não	8.3		01:40

Figura 4 – Planilha com o calendário de irrigações e respectivas lâminas a serem aplicadas

## LITERATURA CITADA

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES,D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Crop water requirements**. Roma: FAO, 1976. 194p.
- JENSEN, M. E., BURMAN, R.D. & ALLEN,R.G. Evapotranspiration and irrigation water requirements.”**ASCE Manual and Report on Engineering Practice N°.70** ASCE New York, 1990
- KUMAR, M.; RAGHUWANSI, N.S.; SINGH, R.; WALLENDER, W. W.; PRUITT, W. O. Estimating evapotranspiration using artificial neural network. **Journal of irrigation and drainage engineering**, New York, v.128, n 4, p. 224-233, 2002
- RESENDE, M.. Metodologia para corrigir, prever e disponibilizar a evapotranspiração de referência, através de redes neurais artificiais, para racionalização de práticas de manejo de irrigação. XXIII Cong. Nac. de Milho e Sorgo. Uberlândia, MG. **Resumos**. Uberlândia, EMBRAPA. 2000. p.120.

- RESENDE, M.; SOUZA, L. M.; CAMINHAS, W. M.; PATARO, C. D. M. e FARIA, C. M. Utilização de redes neurais artificiais na correção e predição da evapotranspiração para programação de irrigação. In: XII CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, n.12, 2002, Uberlândia MG. **“Resumos expandidos”...** Uberlândia, 2002. CD ROM. Não paginado
- RESENDE, M.; COUTO, L.; ALBUQUERQUE, P.E.P. Manejo de irrigação. In: RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P.E.P.; COUTO, L. **A cultura do milho irrigado** (S.l.): Embrapa Milho e Sorgo; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. cap. 5, p. 265-301
- RESENDE, M. Método Resende: Uma estratégia simples e precisa para se programar irrigação. CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Resumos**
- SMITH, R. C. G.; STEINER, W. S.; MEYER, W. S.; ERSKINE, D. Influence of season to season variability in weather on irrigation scheduling of wheat: a simulation study . **Irrigation Science**, Berlin, v. 6, p. 241-251, 1985
- SOUZA, L. M.; FARIA, C.M.; PATARO, C. D. M.; RESENDE, M. e CAMINHAS, W.M. Desenvolvimento de metodologia para ajuste e predição de taxa de evapotranspiração utilizando redes neurais artificiais. In: XII CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, n.12, 2002, Uberlândia MG. **“Resumos expandidos”...** Uberlândia, 2002. CD ROM. Não paginado
- STEELE, D. D.; STEGMAN, E.C. & KNIGHTON, R. E. Irrigation management for corn in the northern Great Plains, USA. **Irrigation Science**, Berlin, v. 19, p. 107-114, 2000