



OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



COMUNICADO
TÉCNICO

255

Sete Lagoas, MG
Dezembro, 2022

Embrapa

Planilha para manejo de irrigação de culturas de ciclo anual com recursos de API de clima para cálculo de evapotranspiração de referência (E_{To}) e de coeficientes de cultura (K_c)

Paulo Emílio Pereira de Albuquerque
Enilda Alves Coelho

Planilha para manejo de irrigação de culturas de ciclo anual com recursos de API de clima para cálculo de evapotranspiração de referência (ET_o) e de coeficientes de cultura (K_c)¹

¹ Paulo Emílio Pereira de Albuquerque, Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem), Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas/MG, Enilda Alves Coelho, mestre em Ciência da Informação (Gestão da Informação e do Conhecimento), analista da Embrapa Milho e Sorgo.

Resumo

Fazer irrigação envolve o conhecimento das relações do solo, do clima e da cultura, e das suas interações no que tange o manejo do sistema irrigado. O consumo automático de dados de clima necessários a uma planilha de manejo de irrigação pode ser viabilizado por meio de uma Interface de Programação de Aplicações (API do inglês *Application Programming Interface*), conhecido como um “conjunto de padrões e linguagens de programação que permite, de maneira automatizada, a comunicação entre sistemas diferentes de forma ágil e segura”. Além disso, outros coeficientes

técnicos são necessários para prover a planilha de manejo de irrigação de forma simples e prática. Aqui é apresentada uma planilha de manejo de irrigação de algumas culturas de ciclo anual, que utiliza API para determinação da evapotranspiração de referência (ET_o), juntamente com outros coeficientes técnicos necessários.

Introdução

Fazer manejo de irrigação, que nada mais é que saber a data de irrigação e a respectiva lâmina de água a aplicar à cultura, nem sempre é tão simples. Essa simplicidade fica mais restrita quando houver necessidade de obter prontamente alguns dados climáticos, de modo a se determinar cálculos para atingir os objetivos do manejo adequado visando boas práticas da irrigação.

Para superar esse desafio de obter dados atualizados localizados e,

consequentemente, resultados mais precisos de demanda de água para irrigação, novas estratégias de integração automática de dados em algoritmos de manejo de irrigação têm sido adotadas por diversas soluções em software. O consumo automático de dados pode ser viabilizado por meio de uma Interface de Programação de Aplicações (API), conhecido como um “conjunto de padrões e linguagens de programação que permite, de maneira automatizada, a comunicação entre sistemas diferentes de forma ágil e segura” (Vaz et al., 2017).

Apesar de todos os benefícios da irrigação e do alto investimento realizado pelos agricultores, a maioria deles não dá a devida importância ao manejo da irrigação em si e muitas são as causas para tal atitude (Silveira; Stone, 1994), dentre elas, sendo uma das mais comuns, a carência de dados edafoclimáticos, pois nem sempre o irrigante dispõe de análises físico-hídricas do solo e de dados climáticos da sua área.

Embora haja no mercado alguns softwares já disponíveis para se realizar o manejo de irrigação, nem sempre estão facilmente disponíveis, tendo em vista o ônus para adquiri-los ou o grau de complexidade para que sejam prontamente utilizáveis.

Portanto, nesta publicação, pretende-se apresentar um modo simples para fazer o manejo da irrigação de algumas culturas de ciclo anual, por meio da obtenção de algumas variáveis climáticas necessárias à obtenção da evapotranspiração de referência (ET_o)

pelo método de Hargreaves-Samani (temperaturas máxima, mínima e média) e do coeficiente de cultura (K_c) pelo método apresentado no manual 56/FAO (umidade relativa mínima e velocidade do vento) (Allen et al., 1998). Definidos o momento e a quantidade de água a aplicar, o irrigante passa a depender exclusivamente do desempenho e das características do seu sistema ou equipamento de irrigação.

O trabalho atende ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) nº 12: “Consumo e Produção Responsáveis”, tendo em vista que boas práticas de produção, mais especificamente o manejo de irrigação correto, são fatores primordiais para uma produção sustentável, com menor impacto ao meio ambiente, o que favorece também a sustentabilidade econômica da produção agrícola. Dentro dessa ODS, está vinculada à meta 12.2, que é a previsão até 2030 de alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais, uma vez o manejo de irrigação está fortemente ligado à gestão hídrica e ao uso eficiente da água retirada da natureza. Também atende ao ODS nº 6: “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos”, haja vista que tem o objetivo de aumentar substancialmente a eficiência do uso da água de irrigação de modo a assegurar retiradas sustentáveis das fontes. Nesse ODS, atende-se à meta 6.4, que prevê, até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água no setor agrícola, de modo a retirar de modo sustentável a água da

natureza e, conseqüentemente, a reduzir o número de pessoas que enfrentam a escassez hídrica.

Material e Métodos

Balanço de água no solo

Uma revisão dos conceitos do sistema solo, cultura e clima necessários para o conhecimento do manejo de irrigação, tendo como fundamento o balanço de água no solo em escala da cultura no campo, é apresentada nesta seção. Definições dos requisitos e métodos de manejo podem ser encontrados em Rios et al. (2021) e mais especificamente em Albuquerque (2021).

O balanço da água no solo é feito à semelhança de uma conta bancária, em que os depósitos são feitos por meio da irrigação ou chuva, e as retiradas, por meio da evapotranspiração da cultura (ETc). Entretanto, o tamanho dessa conta é limitado, pois o sistema radicular ocupa um volume limitado do solo e este tem uma capacidade de armazenamento também limitada.

Na planilha tem-se a possibilidade de se fazer a flexibilização da tomada de decisão de modo que, apesar de ser indicada uma data para irrigar, o usuário tem a liberdade de irrigar em qualquer data escolhida dentro de sua capacidade operacional. Porém, o adiamento do dia de irrigar implica um aumento do fator de risco à cultura porque esta pode ser

submetida a déficit hídrico. Dependendo do grau de exatidão que se deseja, estimativas, medições ou inclusões de variáveis poderão ser efetuadas. Assim, será mostrado que uma opção para se fazer a programação da irrigação é por meio do uso de características físico-hídricas do solo, da determinação da evapotranspiração de referência (ET₀) (por qualquer método, inclusive pelo do tanque de evaporação Classe A) e da precipitação pluviométrica.

O balanço de água no solo é um método usado para prever a variação do conteúdo de água no volume de solo que engloba o sistema radicular da cultura. Esse método considera uma condição de água no solo que não causa déficit ou excesso de água ao sistema radicular da planta, contribuindo, portanto, para que ela obtenha o mais alto rendimento técnico. Por isso, o turno e as lâminas de irrigação assim obtidos podem variar continuamente ao longo do ciclo da cultura.

Desse modo, o balanço se baseia na equação de conservação de massa:

$$\Delta(CAD \times Z) = \text{águaqueentra} - \text{águaquesai}$$

(1)

Onde Δ representa variação, CAD é o conteúdo de água disponível e Z é a profundidade do sistema radicular. O CAD é o conteúdo da água total disponível para as plantas, sendo definido pelo conteúdo de água no solo que está entre a capacidade de campo (CC) e o ponto

de murcha permanente (PMP) (Hillel, 1982).

É muito importante conhecer o CAD no dia do plantio, por meio de estimativas ou medições, para se poder fazer o balanço durante o ciclo de desenvolvimento da cultura (Itier et al., 1996). Atualmente, tem-se recomendado irrigar no dia do plantio, de modo que o solo atinja o CAD numa profundidade de pelo menos o dobro daquela de semeadura, ou seja, se a semeadura foi feita a 6 cm de profundidade, o valor de Z para efeito de irrigação fica sendo de 10 cm, pelo menos. No presente caso, o Z considerado para a irrigação do plantio foi o seu valor máximo (Zmax); além disso, o perfil do solo pode ser dividido em até cinco camadas para obtenção do CAD por camada.

Na superfície do solo, as variáveis que entram (+) e as que saem (-) do balanço podem ser a chuva (+P), a irrigação (+I), o escoamento superficial (\pm ES) e a evapotranspiração real (-ETc). Abaixo da superfície do solo, existem a ascensão capilar (+AC) e a drenagem profunda (-D). Na condição mais comum da ocorrência de um lençol freático mais profundo, o termo AC é desprezado, pois não há a sua contribuição para aumentar o conteúdo de água para a zona radicular.

A lâmina de irrigação (I), calculada sem excesso e aplicada a uma taxa dentro da velocidade de infiltração básica (VIB) do solo, não causa drenagem profunda nem escoamento superficial; portanto, tanto D quanto ES também

podem ser desprezados. Entretanto, na ocorrência de precipitação (P) com valores mais elevados haverá a ocorrência de D, assim como pode haver também ES, dependendo da intensidade de P. Para desprezar D e ES, deve-se estimar a chuva efetiva (Pef), ou seja, aquela que realmente contribui para suprir a cultura.

Para que não haja efeito sobre o desenvolvimento normal da cultura, a ETc não pode sofrer redução por causa da diminuição da umidade do solo a tal ponto que possa dificultar a extração de água pelas raízes (Doorenbos; Pruitt, 1977). Uma irrigação que não prevê déficit hídrico para a cultura deve levar em conta um fator de depleção (f) da água no solo. O f define a água facilmente disponível (AFD), que é a fração da CAD ($0 < f = 1$) que não causará efeito negativo sobre o desenvolvimento da cultura. Desse modo, $AFD = f \times CAD$. O termo f é também chamado de fator de disponibilidade. O valor de f depende, basicamente, da cultura, do seu estágio de desenvolvimento e das condições do clima.

Levando em conta esses diversos aspectos, o presente trabalho considera a seguinte equação para o balanço de água no solo:

$$\Delta(CAD \times f \times Z) = I + Pef - ETc \quad (2)$$

Em que Δ representa variação; CAD é o conteúdo de água total disponível no solo (em mm de água/cm de solo); f é fator de disponibilidade ($0 < f = 1$); Z é

a profundidade do sistema radicular (em cm); I é a lâmina de irrigação (em mm); P_{ef} é a precipitação efetiva (em mm) e ET_c é a evapotranspiração da cultura (em mm).

Definição do turno e da lâmina de irrigação

O lado esquerdo da equação 2 representa o armazenamento de água que o solo comporta, até um valor mínimo admissível (f) dentro do volume de controle considerado que, nesse caso, é o volume de solo que está limitado pela profundidade do sistema radicular. Essa expressão é que vai definir o turno ou a frequência de irrigação, isto é, quanto menor o seu valor maior é a frequência e vice-versa. O lado direito da equação 2 vai definir a lâmina de irrigação (I) em função do dia determinado para irrigar. Desse modo, observando a capacidade do solo em armazenar água, a lâmina líquida de irrigação (I) no dia determinado é dada por:

$$I = ET_c - P_{ef}$$

(3)

Para a estimativa da precipitação efetiva (P_{ef}) é considerado, no presente caso, que toda precipitação pluviométrica seja infiltrada no solo e que o excesso de água que ultrapasse a sua capacidade de retenção de água, a partir da umidade real do solo no dia em questão, seja drenado além da zona radicular. Então, P_{ef} é estimada apenas pela

lâmina que efetivamente pode contribuir para o consumo de água da cultura.

Coeficiente de cultura baseado nos manuais FAO/24 e FAO/56

Coeficientes de cultura (K_c) são amplamente divulgados no manual da FAO nº 24 (Doorenbos; Pruitt, 1977) e, mais atualmente, no nº 56 (Allen et al., 1998). Muitos detalhes sobre a seleção do K_c podem ser vistos em Albuquerque e Coelho (2021).

De acordo com o método da FAO para a estimativa de valores K_c (Doorenbos; Pruitt, 1977; Allen et al., 1998), a cultura de ciclo anual é dividida em quatro fases do ciclo fenológico (Figura 1):

FASE 1. Estádio inicial até o início do desenvolvimento vegetativo pleno (K_{c1}).

FASE 2. Estádio de desenvolvimento vegetativo (K_{c2}).

FASE 3. Estádio reprodutivo, estágio de florescimento até o início do enchimento de grãos (K_{c3}).

FASE 4. Estádio de maturação (K_{c4}).

FASE 5. Estádio de maturação fisiológica ou ponto de colheita (K_{c5}).

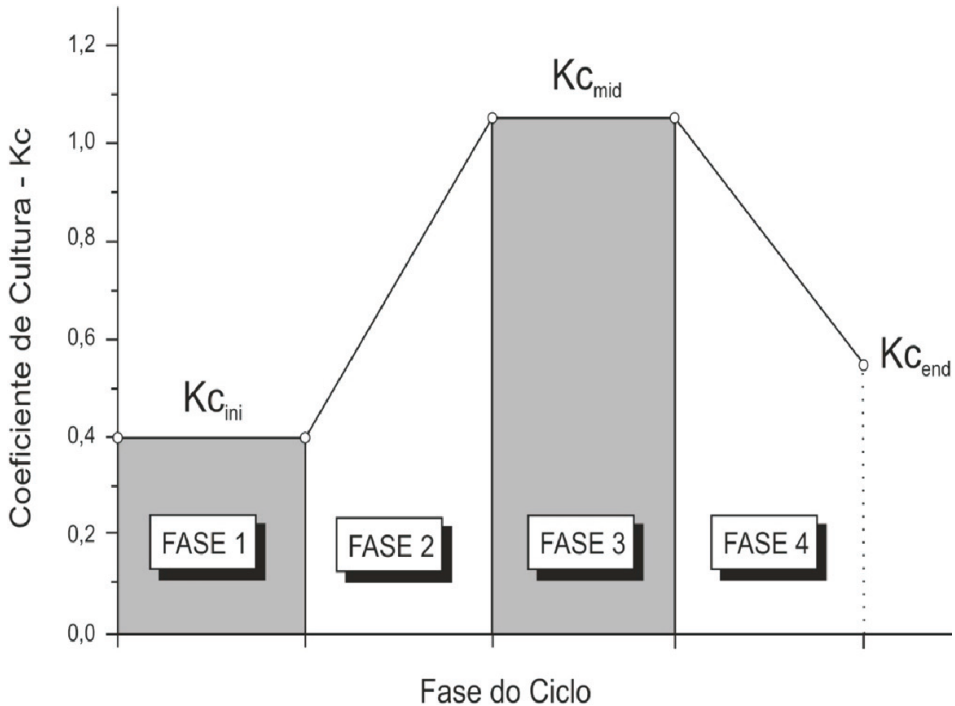


Figura 1. Evolução do coeficiente de cultura (Kc) ao longo do ciclo fenológico de culturas de ciclo anual, evidenciando-se as fases 1 ou inicial (Kc_{ini}), a 3 ou de florescimento (Kc_{mid}) e a 5 (Kc_{end}) (adaptação de Doorenbos; Pruitt, 1977; Allen et al., 1998).

Coeficiente de cultura (Kc) para culturas de ciclo anual em condição padrão

Na Tabela 1 estão listados valores típicos de Kc em três fases do ciclo de desenvolvimento das culturas, de acordo com o esquema apresentado na Figura 1 (Kc_{ini}, Kc_{mid} e Kc_{end}). Os

coeficientes integram os efeitos tanto da transpiração quanto da evaporação no tempo ao longo do ciclo. Os efeitos da integração no tempo representam uma frequência média de umedecimento para cultura padrão, sob condições típicas de desenvolvimento numa área irrigada.

Os valores para o Kc_{mid} e Kc_{end} da Tabela 1 representam, para a condição de clima subúmido, com umidade relativa mínima (UR_{min}), média diária de cerca de 45% e com velocidades médias de vento (medidas a 2 m da superfície -u₂) moderado em torno de 2 m s⁻¹.

Tabela 1. Coeficientes de cultivo único, Kc, e alturas máximas médias de plantas, para alguns cultivos, sob condição padrão (culturas bem manejadas, não estressadas, em clima subúmido (URmin* = 45% e u2* = 2 m s⁻¹) (Allen et al., 1998)

Cultura	Kcini Kc1	Kcmid Kc3	Kcend Kc5	Altura máxima da cultura (m)
Feijão	0,40	1,05-1,15	0,90-0,30	0,40
Feijão-caupi		1,05	0,60-0,35	0,40
Soja		1,15	0,50	0,50-1,00
Algodão		1,15-1,20	0,70-0,50	1,20-1,50
Arroz	1,05	1,20	0,90-0,60	1,00
Milheto		1,00	0,30	1,50
Milho		1,20	0,60-0,35	2,00
Sorgo		1,00-1,10	0,55	1,00-2,00
Trigo		1,15	0,25-0,40	1,00
Cana-de-açúcar	0,40	1,25	0,75	3,00

*URmin = umidade relativa mínima (%) e u2 = velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹)

Coeficiente de cultura da fase inicial (Kcini ou Kc1)

No período específico da semeadura ou do plantio e durante o estágio seguinte de crescimento vegetativo, a frequência de chuva ou irrigação (F) é um parâmetro que influencia muito o Kc nessa fase (Kc-ini ou Kc1). Também o tipo de preparo de solo (convencional ou plantio direto) pode interferir nesse coeficiente. É sabido que a palhada (restos culturais provenientes da cultura antecessora num sistema de plantio direto) mantida sobre o solo pode reduzir a evaporação

na fase inicial do ciclo da cultura e também diminuir o valor do Kc-ini para um patamar de até 50%. Portanto, refinamentos dos valores usados para o Kc-ini deveriam ser sempre utilizados. No presente caso, para preparo do solo em condição de plantio direto na palha utiliza-se o Kc-ini ou Kc1 igual a 0,50.

Entretanto, em condição de plantio convencional, para umedecimentos frequentes do solo, tais como irrigação por aspersão ou chuva de alta frequência, os valores do Kc-ini podem aumentar significativamente. Também a demanda evaporativa da atmosfera, ou seja, a intensidade da ETo, pode afetar significativamente o Kc-ini. Demanda mais elevada fará com que o solo seque mais

rapidamente entre eventos de aplicação de água, e o valor do Kc -ini será menor num determinado período. Para facilitar a escolha do valor de Kc -ini, pode-se contar com o auxílio da seguinte equação, de acordo com a evapotranspiração de referência (ET_o) e com a frequência de irrigação (F) escolhida para essa fase:

$$Kc_{ini} = 1,41704 - 0,092412 \cdot ET_o - 0,11001 \cdot F + 0,0042672 \cdot ET_o^2 + 0,0033743 \cdot F^2 + 0,00028724 \cdot ET_o \cdot F \quad (4)$$

Em que

Kc_{ini} = coeficiente de cultura para a fase 1 do ciclo vegetativo de qualquer cultura de ciclo curto

ET_o = evapotranspiração de referência reinante na época da fase 1 ($mm \text{ dia}^{-1}$, $1 \leq ET_o \leq 10 \text{ mm dia}^{-1}$)

F = frequência de irrigação na fase 1 (dias, $1 \leq TI \leq 20$ dias).

A equação 4 foi gerada por meio de ajuste realizado por Albuquerque e Andrade (2001) nas curvas apresentadas de $Kc \times ET_o \times F$ por Doorenbos e Pruitt (1977), para a estimativa dos valores de Kc para qualquer cultura de ciclo curto na fase 1 do seu ciclo de desenvolvimento.

Coeficientes de cultura da fase reprodutiva (Kc -mid ou $Kc3$) e de maturação (Kc -end ou $Kc5$)

O valor do coeficiente de cultura relativo à fase de florescimento ou reprodutiva (Kc -mid ou $Kc3$) se refere à fase 3, e na data de maturação se refere a um valor pontual no fim da fase 4 (Kc -end ou $Kc5$), conforme esquema da Figura 1.

Os efeitos da diferença das propriedades aerodinâmicas entre a grama como cultura de referência e as culturas agrícolas não são apenas intrínsecos à planta em si, mas também variam com as condições climáticas e a altura da cultura. Climas mais áridos e condições de velocidades de vento maiores originarão valores maiores para o Kc -mid ou Kc -end, ao passo que em climas mais úmidos e condições de vento mais baixas os valores serão menores.

Segundo Allen et al. (1998), para fazer ajustes ao $K_{c\text{mid}}$ e ao $K_{c\text{end}}$ apresentados na Tabela 1, quando a umidade relativa mínima (UR_{min}) for diferente de 45% ou a velocidade do vento (u_2) for maior ou menor do que 2 m s^{-1} , é necessária a seguinte equação:

$$Kc = Kc(\text{tab}) + [0,04 \cdot (u_2 - 2) - 0,004(UR_{\text{min}} - 45)], \quad (5)$$

Em que

$Kc = K_{c\text{-mid}}$ (ou K_{c3}) ou $K_{c\text{-end}}$ (ou K_{c5})

$Kc(\text{tab}) =$ valor do $K_{c\text{-mid}}$ ou $K_{c\text{-end}}$ apresentados na Tabela 1

$u_2 =$ valor médio da velocidade do vento diário a 2 m da superfície, durante a fase 3 (para $K_{c\text{-mid}}$) ou a 5 (para $K_{c\text{-end}}$), em m s^{-1}

$UR_{\text{min}} =$ valor médio da umidade relativa mínima diária durante a fase 3 (para $K_{c\text{-mid}}$) ou a 5 (para $K_{c\text{-end}}$), em %

$h =$ altura média da planta durante a fase 3 (para $K_{c\text{-mid}}$) ou a 5 (para $K_{c\text{-end}}$), em m.

Os valores de Kc determinados com a equação 5 são ajustes médios para a fase reprodutiva ($K_{c\text{-mid}}$) e de maturação ($K_{c\text{-end}}$). Os valores para as variáveis u_2 e UR_{min} devem ser tomados como os médios para aqueles períodos. Também os limites impostos para ambas as variáveis e h devem ser observados.

No caso de $K_{c\text{-end}}$, a equação 5 deve ser aplicada somente quando os valores tabulados do Kc excederem 0,45. A equação reduz o valor do $K_{c\text{-end}}$ com o aumento da UR_{min} . Essa redução é característica de culturas que são colhidas verdes, ou antes que se tornem completamente secas (ou seja, $K_{c\text{-end}} > 0,45$). Nenhum ajuste é necessário quando $K_{c\text{-end}}(\text{tab}) < 0,45$ (isto é, $K_{c\text{-end}} = K_{c\text{-end}}(\text{tab})$). Quando as culturas são deixadas senescendo e secando no campo (como evidenciado por $K_{c\text{-end}} < 0,45$), u_2 e UR_{min} têm menos efeito sobre o $K_{c\text{-end}}$ e o ajuste é desnecessário.

Estimativa do Conteúdo de Água Total Disponível (CAD), da umidade inicial (U_i), do fator de disponibilidade (f) e da profundidade efetiva do sistema radicular (Z)

Como já visto, para a obtenção do CAD do solo é necessário que se conheça a umidade do solo na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP). A relação entre a umidade do solo e o potencial matricial da água no solo gera a chamada curva de retenção ou curva característica (Reichardt, 1987). Na prática, considera-se a CC de um solo com o seu potencial variando entre -10 e -30 kPa (faixa para

solos de textura grossa a fina, respectivamente) e o PMP como -1.500 kPa .

A umidade inicial (U_i) é aquela em que o solo se encontra no dia do plantio. O ideal é obter o valor de U_i por algum processo, quer seja por tensiometria ou pelo método gravimétrico. No entanto, como na prática isso se torna difícil, há a possibilidade de estimar o seu valor por meio de análise visual, segundo cinco classes de umidade: 1) solo seco (no PMP); 2) solo com 25% do CAD; 3) solo com 50% do CAD; 4) solo com 75% do CAD; 5) solo úmido (na CC).

A maioria das culturas graníferas (milho, feijão, trigo, etc.) pode ter o valor de f em torno de 0,5-0,6, ou seja, usam-se 50%-60% do CAD para reinício da irrigação.

Entretanto, de acordo com as condições climáticas reinantes e com a fase do ciclo cultural, esse valor pode variar para mais ou para menos. A planilha apresentada sempre adota o $f = 0,5$, independentemente da cultura ou da fase em que ela se encontra.

A Tabela 2 apresenta valores para a profundidade efetiva média do sistema radicular (Z) das culturas utilizadas na planilha. Obviamente, esses valores são considerados na condição da cultura já ter atingido o seu pleno desenvolvimento. Na fase inicial, esses valores são estimados menores, pois o sistema radicular ainda está se desenvolvendo. No presente caso, o valor inicial de Z é admitido ser a profundidade de semeadura (Z_0), cujo valor padrão adotado é

6 cm. A partir de Z_0 , o sistema radicular cresce linearmente dia a dia até alcançar o valor máximo (Z_{\max}), que acontecerá no início da fase 3 do ciclo vegetativo. O ciclo vegetativo é dividido em quatro fases, assim como é convencionado para a divisão das fases do coeficiente de cultura (K_c). Desse modo, o desenvolvimento do sistema radicular é levado em conta nos cálculos da planilha na forma apresentada na Figura 2.

Tabela 2. Profundidade efetiva máxima média (Z_{\max}) do sistema radicular de algumas culturas

Cultura	Z_{\max} (cm)
Algodão	30
Arroz	20-30
Cana-de-açúcar	50-70
Feijão	20-30
Milho	40-50
Soja	40-50
Trigo	30-40

Fonte: Arruda et al. (1987) e Brasil (1986), citados por Moreira (1993).

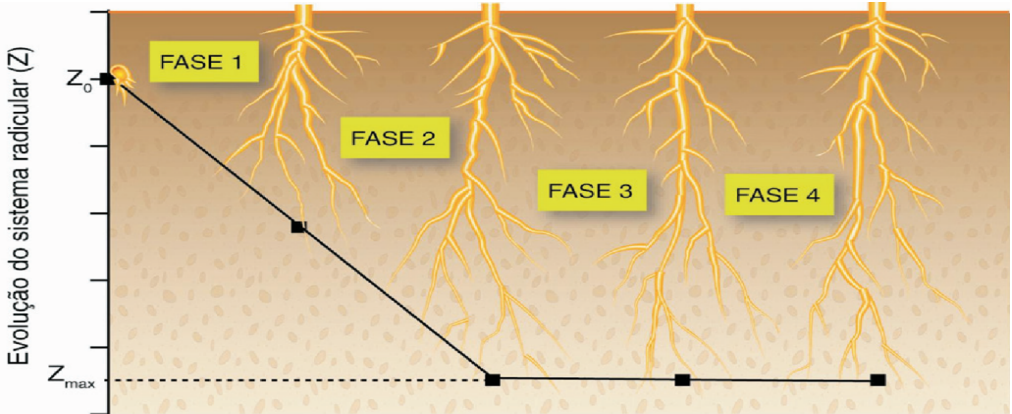


Figura 2. Estimativa do desenvolvimento do sistema radicular de culturas de ciclo curto em função das fases do ciclo da cultura (Z_0 é a profundidade de sementeira e Z_{max} é a profundidade efetiva do sistema em seu desenvolvimento máximo).

Evapotranspiração de referência (ET_o)

A planilha proposta se baseia com mais ênfase no clima, e essa necessidade de variáveis climáticas é fundamental para a determinação da evapotranspiração de referência (ET_o), que visa obter a demanda hídrica de qualquer cultura.

Atualmente, dados de ET_o podem ser obtidos de imagens de satélite diárias distribuídas pelo sistema NASA POWER (Stackhouse et al., 2015) em tempo real ou quase real, além de sua série histórica. Os dados climatológicos são disponibilizados pelo INMET, INPE/CPTEC, NASA, de forma gratuita e on-line, em diferentes formatos.

Nesta planilha IrrigaFácil, foi implementado o método Hargreaves-Samani

(Allen et al., 1998) para cálculo de evapotranspiração de referência (ET_o). Para alguns locais, relacionados na Tabela 3, foi também incorporado o acesso automático a dados de clima, via API ClimAPI, disponível na Plataforma AgroAPI¹ (Vaz et al., 2017).

A equação de Hargreaves-Samani é dada por:

$$ET_o = 0,0009384 \times Ra \cdot (T_m + 17,8) \times (T_{max} - T_{min})^{0,5} \quad (6)$$

ET_o = evapotranspiração de referência, em mm dia⁻¹

Ra = radiação extraterrestre, em MJ m⁻² dia⁻¹

T_m = temperatura média do ar, em °C

T_{max} = temperatura máxima do ar, em °C

T_{min} = temperatura mínima do ar, em °C.

Tabela 3. Acesso da API a algumas localidades (municípios brasileiros), com os códigos, UF, nome, mesorregião, microrregião, latitude, longitude e altitude

municipioibgeid	ufid	uf	nome	mesoregiao	microrregiao	latitude	longitude	altitude
5200050		52 GO	ABADIA DE GOIÁ	CENTRO GOIANC	GOIÂNIA	-167588	-494405	8936
3100104		31 MG	ABADIA DOS DO	TRIÂNGULO MIN	PATROCÍNIO	-184876	-473968	7531
5200100		52 GO	ABADIÂNIA	LESTE GOIANO	ENTORNO DE BR	-161827	-487188	10176
3100203		31 MG	ABAETÉ	CENTRAL MINEI	TRÊS MARIAS	-191558	-454462	6447
1500107		15 PA	ABAETETUBA	NORDESTE PARA	CAMETÁ	-172347	-488844	101
2300101		23 CE	ABAIARA	SUL CEARENSE	BREJO SANTO	-735698	-390475	4031
2900108		29 BA	ABÁIRA	CENTRO SUL BAI	SEABRA	-132535	-416616	6742
2900207		29 BA	ABARÉ	VALE SÃO-FRAN	PAULO AFONSO	-872342	-391166	3164
4100103		41 PR	ABATIÁ	NORTE PIONEIR	CORNÉLIO PROC	-233005	-503125	5793
4200051		42 SC	ABDON BATISTA	SERRANA	CURITIBANOS	-27609	-510253	721
1500131		15 PA	ABEL FIGUEIRED	SUDESTE PARA	PARAGOMINAS	-495139	-483968	1928
4200101		42 SC	ABELARDO LUZ	OESTE CATARINE	XANXERÊ	-26563	-523365	725
3100302		31 MG	ABRE CAMPO	ZONA DA MATA	MANHUAÇU	-203014	-42481	5898
2600054		26 PE	ABREU E LIMA	METROPOLITAN	RECIFE	-790445	-348991	271
1700251		17 TO	ABREULÂNDIA	OCIDENTAL DO T	MIRACEMA DO T	-962179	-491624	2389
3100401		31 MG	ACAIACA	ZONA DA MATA	PONTE NOVA	-203604	-431482	4928
2100055		21 MA	AÇAILÂNDIA	OESTE MARANH	IMPERATRIZ	-495138	-475067	229

Evapotranspiração da cultura (ETc)

A estimativa da ETc diária pode ser determinada por qualquer método. A partir da evapotranspiração de referência (ET_o), pode-se obter a ETc por meio do produto daquela pelo coeficiente de cultura (K_c), ou seja, $ETc = Kc \times ETo$.

Mais detalhes sobre K_c podem ser vistos na planilha sobre coeficientes de cultura, por meio do link: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1WkuTLkrYrcnMXf1LLSd2aQ8QF7HWItgDqZWe7gBBtBw/edit?usp=sharing> (Albuquerque; Coelho, 2021).

Resultados e Discussão

Planilha de manejo de irrigação

Observa-se, a partir da metodologia de Manejo de Irrigação apresentada na seção anterior, que as características físico-hídricas do solo, a variabilidade climática e as características específicas de cada cultura interferem diariamente, e de forma significativa, no balanço hídrico necessário para um cultivo, e, portanto, no manejo de irrigação, dificultando a prática diária de irrigação.

Embora existam diversas tecnologias de informação e comunicação (TIC) disponíveis, incluindo soluções em hardware, softwares embarcados e

aplicativos para dispositivos móveis, a maioria dessas soluções é dependente de dados coletados em tempo real, obtidos a partir de estações meteorológicas e sensores que aumentam os custos de uma solução (Albuquerque, 2007).

Diante do desafio de tornar a prática de irrigação mais simples, suprimindo a carência de dados técnicos, foi desenvolvida uma proposta de manejo de irrigação baseada na abordagem de APIs. Essa proposta é apresentada no formato de uma planilha eletrônica on-line. Quando aprimoradas por meio de recursos de linguagem computacionais, as planilhas eletrônicas se comportam como aplicações Web dinâmicas, conforme ilustra a Figura 3.

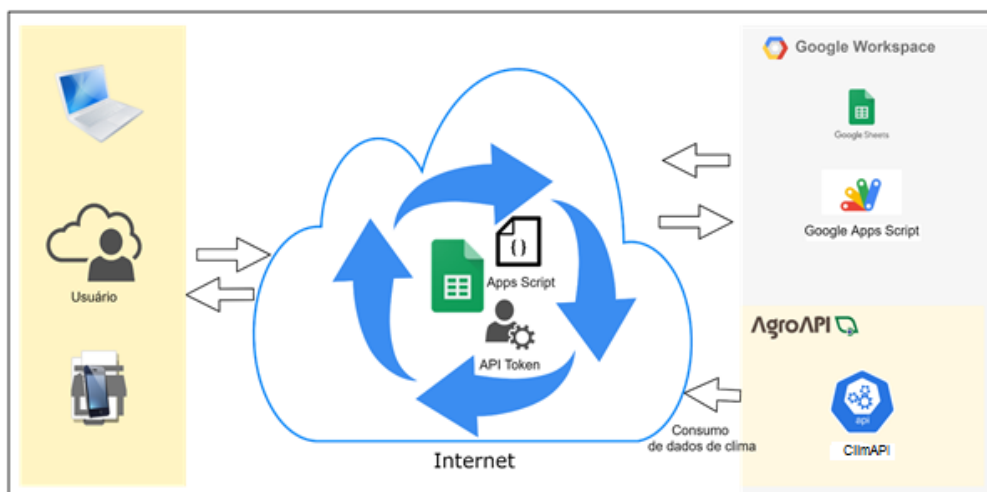


Figura 3. Visão geral da arquitetura da solução “Planilha de Manejo de Irrigação”.

Com base nesse modelo de arquitetura, a planilha de manejo de irrigação incorpora métodos computacionais, desenvolvidos em Linguagem Google Apps Script (Google, 2022), disponibilizados

por meio da Plataforma Google, conforme ilustrado na Figura 3. A dependência de variáveis climáticas é suprida pelo consumo de dados da API ClimAPI² (Embrapa, 2022). A API ClimAPI dispo-

nibiliza dados de previsibilidade climática a cada seis horas, a partir da latitude e da longitude (Embrapa, 2022).

“O principal diferencial da API de previsibilidade climática (ClimAPI) está na inteligência e codificação de dados climáticos brutos gerados pelo Global Forecast System (GFS) da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)”.

Dados de clima podem ser observados e registrados na planilha, ou obtidos via menu de acesso, via ClimaAPI. O balanço de água no solo e demais métodos necessários para compor um manejo de irrigação estão disponíveis diretamente por meio da planilha. A seção seguinte apresenta as principais características e ilustra o funcionamento da planilha.

Principais características da planilha eletrônica para o manejo de irrigação

A planilha orienta o manejo da irrigação para algumas culturas de ciclo anual, a partir de um conjunto mínimo de variáveis climáticas necessárias à obtenção da evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método de Hargreaves-Samani (temperaturas máxima, mínima e média) e do coeficiente de cultura (K_c) pelo método apresentado no manual 56/FAO (umidade relativa mínima e velocidade do vento) (Allen et al., 1998).

Por meio dessa planilha, obtêm-se o momento e a quantidade de água a aplicar, o irrigante passa a depender exclusivamente do desempenho e das características do seu sistema ou equipamento de irrigação.


Balanço hídrico

Como já descrito, a estratégia de manejo de irrigação foi operacionalizada por meio da planilha, por meio do balanço hídrico diário, com base nas informações estimadas do solo, do clima e da cultura. Diariamente, utiliza-se uma tabela ou planilha para avaliar os valores do consumo de água, precipitações, variações no armazenamento de água no solo e as irrigações.


Após o preenchimento de informações básicas sobre o local de plantio e cultivo, conforme etapas ilustradas a seguir, a implementação da planilha eletrônica incorpora todos os dados e cálculos necessários para o balanço hídrico diário.

Passo 1. Informações sobre o solo

O usuário deve selecionar o município do local de plantio, e registrar as informações básicas relacionadas ao local, conforme ilustra a Figura 4. O local de plantio é obtido a partir da seleção de uma relação do IBGE (IBGE, 2021) de municípios brasileiros e incorporados em planilha para obtenção de informações sobre a latitude e clima local.



Manejo de Irrigação (Planilha Eletrônica)




Informações sobre o Local				Informações sobre o Plantio										
Município	SETE LAGOAS/MINAS GERAIS ▾			Data do Pl	17/08/21									
CAD (mm/cm):	1,20			Cultura	Milho Grão ▾									
Zmax (cm):	40,00			Ciclo (dias):	130									
UoZmax (% CAD):	25			Preparo do Solo	3 - Conv./freq. irrigação 3 di ▾									
ATENÇÃO: Recomenda-se umedecer o solo na data de plantio, em pelo menos 10cm de profundidade do solo				Clique aqui para previsão do clima via AgroAPI Embrapa					Opcional		Obrigatório			
Data	DAS	FASE	Z (cm)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	URmin (%)	Vento 10m (m/s)	ETo HS (mm/dia)	ETo (mm/dia)	Irrigar?	LLRt (mm)	LLRr (mm)	LLA (mm)	CHUVA (mm)
2021-08-25	8	1	10,18						3,7	Sim	12,2	48		
2021-08-26	9	1	10,71						2,8	Sim	12,8	48		
2021-08-27	10	1	11,23						3,1	Sim	13,5	48		
2021-08-28	11	1	11,75						3,3	Sim	14,1	48		
2021-08-29	12	1	12,28						3,9	Sim	14,7	48		
2021-08-30	13	1	12,80						4,2	Sim	15,4	48		
2021-08-31	14	1	13,32						4,5	Sim	16,0	48		
2021-09-01	15	1	13,85						4,0	Sim	16,6	48		
2021-09-02	16	1	14,37						3,7	Sim	17,2	48		
2021-09-03	17	1	14,89						4,1	Sim	17,9	48		


Figura 4. Etapa 1: Seleção do local de plantio, com dados de solo e raiz.

Passo 2. Caracterizar o plantio, incluindo informações sobre a cultura.

O usuário deve informar a cultura, a data de plantio (ou semeadura), a duração total do ciclo de desenvolvimento e o preparo do solo (Figura 5).



Manejo de Irrigação (Planilha Eletrônica)



Informações sobre o Local				Informações sobre o Plantio										
Município	SETE LAGOAS/MINAS GERAIS ▾			Data do Pl	17/08/21									
CAD (mm/cm):	1,20			Cultura	Milho Grão ▾									
Zmax (cm):	40,00			Ciclo (dias):	130									
UoZmax (% CAD):	25			Preparo do Solo	3 - Conv./freq. irrigação 3 di ▾									
ATENÇÃO: Recomenda-se umedecer o solo na data de plantio, em pelo menos 10cm de profundidade do solo				Clique aqui para previsão do clima via AgroAPI Embrapa					Opcional		Obrigatório			
Data	DAS	FASE	Z (cm)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	URmin (%)	Vvento 10m (m/s)	ETo HS (mm/dia)	ETo (mm/dia)	Irrigar?	LLRt (mm)	LLRr (mm)	LLA (mm)	CHUVA (mm)
2021-08-25	8	1	10,18						3,7	Sim	12,2	48		
2021-08-26	9	1	10,71						2,8	Sim	12,8	48		
2021-08-27	10	1	11,23						3,1	Sim	13,5	48		
2021-08-28	11	1	11,75						3,3	Sim	14,1	48		
2021-08-29	12	1	12,28						3,9	Sim	14,7	48		
2021-08-30	13	1	12,80						4,2	Sim	15,4	48		
2021-08-31	14	1	13,32						4,5	Sim	16,0	48		
2021-09-01	15	1	13,85						4,0	Sim	16,6	48		
2021-09-02	16	1	14,37						3,7	Sim	17,2	48		
2021-09-03	17	1	14,89						4,1	Sim	17,9	48		

Figura 5. Etapa 2: Informações sobre a cultura, com dados da data do plantio, ciclo da cultura e preparo do solo.

Passo 3. Informar diariamente as variáveis climáticas, a lâmina líquida aplicada e precipitação, registro obrigatório das colunas LLA e chuva, respectivamente (Figura 6).

A planilha dispõe de recursos automatizados para registro das variáveis temperatura mínima (Tmin), temperatura máxima (Tmax), umidade relativa mínima (URmin) e velocidade do vento a 10 m, a partir do acionamento do menu Dados Clima ou botão de acesso à AgroAPI. O acesso a dados via API é realizado a partir da seleção do município do plantio, ou indicação de latitude e longitude local, realizados na etapa 1.

Informações sobre o Local				Informações sobre o Plantio											
Município	SETE LAGOAS/MINAS GERAIS ▾			Data do Pla	17/08/21										
CAD (mm/cm):	1,20			Cultura	Milho Grão ▾										
Zmax (cm):	40,00			Ciclo (dias):	130										
UoZmax (% CAD):	25			Preparo do Solo	3 - Conv./freq. irrigação 3 di ▾										
<small>ATENÇÃO: Recomenda-se umedecer o solo na data de plantio, em pelo menos 10cm de profundidade do solo</small>				<small>Clique aqui para previsão do clima via AgroAPI Embrapa</small>						Opcional		Obrigatório			
Data	DAS	FASE	Z (cm)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	URmin (%)	Vvento 10m (m/s)	ETo HS (mm/dia)	ETo (mm/dia)	Irigar?	LLRt (mm)	LLRr (mm)	LLA (mm)	CHUVA (mm)	
2021-08-21	4	1	8,09						4,5	Sim	9,7	45,7			
2021-08-22	5	1	8,62						4,5	Sim	10,3	46,3			
2021-08-23	6	1	9,14						3,9	Sim	11,0	47,0			
2021-08-24	7	1	9,66						3,6	Sim	11,6	47,6			
2021-08-25	8	1	10,18						3,7	Sim	12,2	48			
2021-08-26	9	1	10,71						2,8	Sim	12,8	48			
2021-08-27	10	1	11,23						3,1	Sim	13,5	48			
2021-08-28	11	1	11,75						3,3	Sim	14,1	48			
2021-08-29	12	1	12,28						3,9	Sim	14,7	48			
2021-08-30	13	1	12,80						4,2	Sim	15,4	48			

Figura 6. Apresentação da planilha com destaque aos dados de clima, da lâmina líquida aplicada (LLA, em mm) e chuva (em mm) que deverão ser anotados diariamente.

O balanço hídrico para um ciclo completo da cultura e o link de acesso à planilha são apresentados no Anexo I. Para iniciar um manejo para uma determinada cultura, recomenda-se, como primeiro passo, criar uma cópia da planilha e autorizar a execução de scripts por meio dessa planilha, que passará a ser armazenada na pasta do usuário, no Google Drive. Os scripts serão responsáveis pela integração de dados de clima e cálculos necessários para o manejo de irrigação.

Considerações finais

O Manejo de Irrigação e diversos processos agropecuários são altamente dependentes de um ecossistema de dados oriundos de medições das características dos solos brasileiros, das culturas e condições meteorológicas. Com este trabalho, busca-se apresentar um modo simples para fazer o manejo da irrigação de algumas culturas de ciclo anual, por meio da obtenção de algumas variáveis climáticas necessárias ao cálculo da evapotranspiração de referência (ETo) pelo método de Hargreaves-Samani (temperaturas máxima, mínima e média) e do coeficiente de cultura (Kc) pelo método apresentado no manual 56/FAO (umidade relativa mínima e velocidade do vento) (Allen et al., 1998).

Para facilitar a integração de informações climáticas, necessárias para o

manejo de irrigação, foram incorporadas e disponibilizadas novas funcionalidades para acesso automático a dados e atualização diária da planilha. Foram também incorporados cálculos de coeficientes de Kc, ajustados para as condições climáticas locais, otimizando os resultados de manejo de irrigação para um determinado plantio e local informado.

Por meio dessa solução simples, de planilha eletrônica, o irrigante é informado sobre o momento certo e a quantidade de água a aplicar, e passa a depender exclusivamente do desempenho e das características do seu sistema ou equipamento de irrigação.

Referências

EMBRAPA. **AgroAPI**: a plataforma de APIs da Embrapa. Disponível em: <https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/index.html>. Acesso em: 20 ago. 2022.

ALBUQUERQUE, P. E. P. **Planilha eletrônica para programação da irrigação em sistemas de aspersão convencional, pivô central e sulcos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 18 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 97).

ALBUQUERQUE, P. E. P. de. Estratégias de manejo de irrigação. In: RIOS, S. de A.; ALBUQUERQUE, P. E. P. de;

DURÃES, F. O. M. (ed.). **Irrigação: dos fundamentos ao manejo de sistemas**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 257-280.

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. 14 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 10).

ALBUQUERQUE, P. E. P. de; COELHO, E. A. **Planilha para obtenção de coeficiente de cultura (Kc) para culturas de ciclo anual, segundo método FAO, para as condições climáticas brasileiras**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 254).

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 144 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

HILLEL, D. **Advances in irrigation**. New York: Academic Press, 1982. v. 1.

GOOGLE. **Google Apps Script**: uma plataforma JavaScript baseada na nuvem que permite a integração e automação de tarefas em todos os produtos do Google.

Disponível em: <https://developers.google.com/apps-script>. Acesso em: 13 out. 2022.

IBGE. **Cadastro de Localidades IBGE**. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/estrutura_territorial/localidades/Geomedia_MDB/. Acesso em: 20 ago. 2021.

ITIER, B.; MARAUX, F.; RUELLE, P.; DEUMIER, J. M. Applicability and limitations of irrigation methods and techniques. In: ICID/FAO WORKSHOP ON IRRIGATION SCHEDULING, 1995, Rome. **Irrigation scheduling: from theory to practice: proceedings**. Rome: ICID: FAO, 1996. p. 19-32.

MOREIRA, H. J. da C. **S.A.A.C.I. – Sistema Agroclimatológico para o Acompanhamento das Culturas Irrigadas**: manual prático para o manejo da irrigação. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Irrigação, 1993. 86 p.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 188 p.

RIOS, S. de A.; ALBUQUERQUE, P. E. P. de; DURÃES, F. O. M. (ed.). **Irrigação: dos fundamentos ao manejo de sistemas**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. 349 p.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. **Manejo da irrigação do feijoeiro**: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1994. 46 p. (Embrapa-CNPAF. Circular Técnica, 27).

STACKHOUSE, J. R.; WESTBERG, P. W.; CHANDLER, W. S.; ZHANG, T.; HOELL, J. M. **Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER)**: agroclimatology methodology: version 1.0.2. Washington: The National Aeronautics and Space Administration, 2015.



VAZ, G. J.; APOLINÁRIO, D. R. de F.; CORREA, J. L.; VACARI, I.; GONZALES, L. E.; DRUCKER, D. P.; BARIANI, J. M.; EVANGELISTA, S. R. M.; ROMANI, L. A. S. **AgroAPI: criação de valor para a Agricultura Digital por meio de APIs**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 11., 2017, Campinas. **Ciência de dados na era da agricultura digital**: anais. Campinas: Editora da Unicamp: Embrapa Informática Agropecuária, 2017. p. 59-68. SBIAgro 2017.

Link Para Anexo I

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1sKmZGNkaYm7HCU5uy241BTDV7kb7R3XZ4rVhngNrb0Y/copy>

Anexo I - Planilha de manejo de irrigação de culturas anuais:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1sKmZGNkaYm7HCU5uy241BTDV7k7R3XZ4rVhngNrb0Y/copy>

 Informações sobre o Local			Informações sobre o Plantio						 <i>Milho e Sorgo</i>			
Município	CRISTALINA/GOIÁS		Data do Plantio:			1/2/2021						
CAD (mm/cm):	1,00		Cultura			Milho Gr8o						
Zmax (cm):	40,00		Ciclo (dias):			130						
UoZmax (% CAD):	100		Preparo do Solo			5 - Plantio Direto						
<small>ATENÇÃO: Recomenda-se umedecer o solo na data de plantio, em pelo menos 10cm de profundidade do solo</small>												
<small>Clique aqui para previsão do clima via AgroAPI Embrapa</small>												
Data	DAS	Z (cm)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	URmin (%)	Vvento 10m (m/s)	ETo (mm/dia)	ETo HS (mm/dia)	Irigar?	LLRr (mm)	LLA (mm)	CHUVA (mm)
2021-02-01	0	6	19,2	30,9	33,0	2,4		5,5	Não	0,0		0
2021-02-02	1	6,52	17,3	29,8	37,0	3,5		5,5	Não	0		13,2
2021-02-03	2	7,05	18,8	29,4	41,0	2,2		5,1	Não	2,2		0,4
2021-02-04	3	7,57	18,1	28,6	42,0	2,6		5,0	Não	0		7,4
2021-02-05	4	8,09	19,4	29,2	47,0	3,3		4,9	Não	0,5		2
2021-02-06	5	8,62	17,7	22,7	73,0	3,8		3,2	Não	0		14
2021-02-07	6	9,14	17,6	24,4	66,0	3,0		3,8	Não	0		59
2021-02-08	7	9,66	16,8	27,1	43,0	2,3		4,8	Não	0		14
2021-02-09	8	10,18	17,3	27,6	42,0	2,6		4,8	Não	2,2		0,2
2021-02-10	9	10,71	16,7	27,4	50,0	2,4		4,9	Não	4,8		0
2021-02-11	10	11,23	17,6	26,7	58,0	2,9		4,5	Não	0		10
2021-02-12	11	11,75	17,0	23,2	76,0	2,7		3,5	Não	0		45,4
2021-02-13	12	12,28	17,5	24,4	67,0	2,1		3,8	Não	0		14,2
2021-02-14	13	12,80	18,1	26,2	57,0	1,9		4,2	Não	0		5,8
2021-02-15	14	13,32	17,1	27,2	54,0	3,2		4,7	Não	0		26
2021-02-16	15	13,85	17,9	26,8	58,0	2,7		4,4	Não	0		25,6
2021-02-17	16	14,37	17,9	25,9	62,0	2,8		4,2	Não	0		79,8
2021-02-18	17	14,89	18,8	28,4	53,0	2,4		4,7	Não	2,0		0,4
2021-02-19	18	15,42	19,6	26,5	62,0	2,8		4,0	Não	0		7,6
2021-02-20	19	15,94	19,3	27,8	55,0	2,3		4,4	Não	0		6,8
2021-02-21	20	16,46	18,9	24,8	69,0	3,0		3,5	Não	0		3,8
2021-02-22	21	16,98	16,4	26,9	51,0	2,6		4,7	Não	0		18,8
2021-02-23	22	17,51	17,5	27,1	52,0	2,7		4,6	Não	0		21
2021-02-24	23	18,03	17,5	28,9	40,0	2,7		5,1	Não	1,1		1,4
2021-02-25	24	18,55	17,8	28,3	47,0	2,1		4,8	Não	0		27,4
2021-02-26	25	19,08	17,3	24,2	66,0	2,3		3,7	Não	0		33,4
2021-02-27	26	19,60	17,2	22,9	69,0	2,9		3,3	Não	0		65,6
2021-02-28	27	20,12	16,8	23,1	68,0	3,8		3,4	Não	0		15,2
2021-03-01	28	20,65	16,3	24,4	64,0	3,8		3,9	Não	1,8		0,2
2021-03-02	29	21,17	17,8	26,3	52,0	3,8		4,2	Não	3,9		0
2021-03-03	30	21,69	17,1	27,0	46,0	3,6		4,5	Não	6,3		0
2021-03-04	31	22,22	18,6	28,5	38,0	3,0		4,7	Não	8,8		0
2021-03-05	32	22,74	19,3	28,3	44,0	2,7		4,5	Não	11,2		0
2021-03-06	33	23,26	18,9	27,8	47,0	3,0		4,4	Sim	13,2	11,2	0,6
2021-03-07	34	23,78	18,2	28,2	48,0	2,3		4,6	Não	0		26,8
2021-03-08	35	24,31	17,1	26,1	57,0	2,0		4,2	Não	0		23,8
2021-03-09	36	24,83	17,2	25,5	55,0	2,5		4,0	Não	0		2,8
2021-03-10	37	25,35	18,0	22,4	69,0	2,8		2,8	Não	0		3,4
2021-03-11	38	25,88	18,4	27,0	50,0	2,3		4,2	Não	2,6		0
2021-03-12	39	26,40	17,3	26,1	61,0	1,7		4,1	Não	0		44
2021-03-13	40	26,92	18,2	27,8	50,0	1,7		4,4	Não	3,0		0
2021-03-14	41	27,45	17,8	28,6	41,0	2,1		4,7	Não	6,2		0
2021-03-15	42	27,97	17,6	26,7	49,0	2,1		4,2	Não	0,5		8,8
2021-03-16	43	28,49	19,5	23,6	64,0	1,6		2,8	Não	2,2		0,4
2021-03-17	44	29,02	19,5	26,7	48,0	2,4		3,8	Não	5,0		0
2021-03-18	45	29,54	18,0	27,3	47,0	2,5		4,3	Não	8,4		0
2021-03-19	46	30,06	18,0	28,6	38,0	2,7		4,6	Não	12,2		0
2021-03-20	47	30,58	18,3	28,2	44,0	2,7		4,4	Sim	16,0	16,1	0
2021-03-21	48	31,11	16,5	26,6	49,0	3,2		4,3	Não	3,5		0
2021-03-22	49	31,63	16,6	26,9	43,0	2,8		4,3	Não	7,3		0
2021-03-23	50	32,15	18,0	28,2	40,0	2,8		4,4	Não	11,3		0
2021-03-24	51	22,76	17,1	29,1	32,0	2,4		4,8	Sim	15,4	15,4	0
2021-03-25	52	23,69	19,0	28,3	33,0	2,7		4,3	Sim	16,0	16,0	0
2021-03-26	53	23,61	19,2	28,5	31,0	2,8		4,3	Sim	15,6	15,6	0
2021-03-27	54	24,82	17,8	29,2	23,0	2,1		4,7	Sim	16,5	16,5	0
2021-03-28	55	24,90	17,9	30,4	27,0	2,0		4,9	Sim	16,3	16,3	0
2021-03-29	56	24,13	20,5	30,8	28,0	1,7		4,6	Sim	15,8	15,8	0
2021-03-30	57	23,40	20,6	31,0	32,0	1,5		4,6	Sim	15,3	15,3	0
2021-03-31	58	36,34	17,9	30,5	29,0	2,1		4,9	Não	2,9	22,1	2,2
2021-04-01	59	36,86	19,1	30,6	30,0	1,8		4,7	Não	5,0		0

Esta publicação está disponível no endereço:

<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45

Caixa Postal 151

CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027-1100

Fax: (31) 3027-1188

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Publicação digital (2022): PDF



Comitê Local de Publicações
da Embrapa Milho e Sorgo

Presidente

Maria Marta Pastina

Secretário-Executivo

Elena Charlotte Landau

Membros

*Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso
Campanha, Roberto dos Santos Trindade e
Maria Cristina Dias Paes.*

Revisão de texto

Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica

Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações

Márcio Augusto Pereira do Nascimento

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Márcio Augusto Pereira do Nascimento

Foto da capa

Guilherme Viana