



COMUNICADO
TÉCNICO

254

Sete Lagoas, MG
Novembro, 2021

Embrapa

Planilha para obtenção de coeficiente de cultura (Kc) para culturas de ciclo anual, segundo método FAO, para as condições climáticas brasileiras

Paulo Emílio Pereira de Albuquerque
Enilda Alves Coelho

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



Planilha para obtenção de coeficiente de cultura (Kc) para culturas de ciclo anual, segundo método FAO, para as condições climáticas brasileiras¹

¹ Paulo Emílio Pereira de Albuquerque, engenheiro-agrícola, doutor em irrigação e drenagem, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG; Enilda Alves Coelho, cientista da informação, mestre em ciência da informação, analista da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

Introdução

Coeficiente de cultura (Kc) é definido como a relação entre a evapotranspiração da cultura (ETc) e a evapotranspiração de referência (ETo), isto é, $Kc = ETc/ETo$. A evapotranspiração da cultura (ETc) é definida como a soma da evaporação da água no solo e a transpiração das plantas, sendo que, em seu potencial máximo, a cultura deve estar livre de fatores limitantes, ou seja, livre de ataques de pragas e doenças e de competição com plantas invasoras, estando o solo em condições adequadas de umidade e de fertilidade. Desta forma, a necessidade hídrica de uma cultura é baseada em sua ETc e é expressa, normalmente, em milímetros por dia ($mm \cdot dia^{-1}$) (Albuquerque, 2000).

Já a evapotranspiração de referência (ETo) é definida como a evapotranspiração de uma superfície considerável de grama verde a uma altura uniforme (de 8 cm a 15 cm), sob desenvolvimento ativo, que recobre completamente o solo, sem limitação hídrica. Entretanto, um conceito mais moderno para a ETo é a taxa de evapotranspiração de uma cultura

hipotética, com uma altura uniforme de 12 cm, resistência do dossel da cultura de $70 s \cdot m^{-1}$ e albedo de 0,23 (Allen et al., 1998). Esse conceito de ETo assemelha-se, bem de perto, à evapotranspiração de uma superfície extensa coberta com grama de altura uniforme, em crescimento ativo, cobrindo completamente a superfície do solo e sem restrição de umidade.

Nos dias atuais, o método combinado de Penman-Monteith é a metodologia padrão utilizada para a estimativa da ETo, envolvendo a interação entre o processo físico de perda de água, parâmetros fisiológicos e resistências do dossel da cultura e aerodinâmica. Esse método tem fornecido os melhores resultados de estimativa da ETo para o caso dessa cultura hipotética de referência, atendendo tanto a definição original de evapotranspiração potencial de Penman quanto o atual conceito de ETo da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). A estimativa da ETc é feita a partir da determinação da ETo em um processo envolvendo duas etapas. A primeira etapa corresponde à própria determinação

de ETo, envolvendo uma cultura de referência adequadamente irrigada, com dossel vegetativo bem caracterizado e padronizado; hoje a FAO recomenda o uso da cultura hipotética de referência. A segunda etapa requer a multiplicação da ETo por um coeficiente de cultura (Kc), que varia com o estágio de crescimento de cada cultura e representa o efeito integrado de mudança na área foliar da cultura, da altura das plantas, do grau de cobertura, da resistência do dossel da cultura e do albedo (Gomide, 2021).

Valores de Kc são necessários como uma forma indireta da obtenção da ETc a partir da ETo, ou seja, $ETc = Kc \times ETo$. Esses valores são importantes não só para cálculo da demanda hídrica necessária ao manejo da irrigação, mas também para estudos do zoneamento agroclimático e monitoramento da umidade do solo em cultivos de sequeiro, dentre outros.

As variações climáticas ocorridas em cada local e em cada dia do ciclo da cultura interferem nos valores de Kc e, conseqüentemente, na demanda hídrica. Nesse sentido, o ajuste diário dos valores de Kc torna-se necessário para um adequado manejo.

Diferentes organizações públicas e privadas disponibilizam serviços de acesso a dados de clima através da Web, que por sua vez têm sido amplamente utilizados por diversas organizações, que consomem esses dados, transformam e incorporam em novas soluções de software, disponibilizando novos serviços com maior valor agregado.

Esse consumo de dados pode ser viabilizado através de conexões a dados, via Application Interface Program (API).

APIs têm sido amplamente utilizadas, em diversas aplicações utilizadas no dia a dia, como exemplo, a API Google Maps.

O presente trabalho, baseado na implementação de um procedimento automatizado em planilha eletrônica, integra o consumo de dados de clima da Plataforma AgroAPI (Embrapa, 2021) com o objetivo de estimar valores de coeficientes de cultura (Kc) de culturas de ciclo anual, para as condições brasileiras, tendo como suporte a metodologia apresentada nos manuais FAO/24 e FAO/56 (Doorenbos; Pruitt, 1977; Allen et al., 1998).

Este trabalho atende ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (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 por meio da irrigação. Também tem aderência ao ODS nº 12: “Consumo e Produção Responsáveis”, tendo em vista que boas práticas de produção, como o atendimento ao Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc) e ao manejo de irrigação correto e o monitoramento do balanço hídrico em cultivos de sequeiro, por meio da observação de coeficientes de cultura (Kc), são fatores essenciais para uma produção sustentável, com menor impacto ao

meio ambiente, o que favorece também a sustentabilidade econômica da produção agrícola.

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 (2021).

Fases do ciclo de culturas anuais

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, conforme a Figura 1. Nessa figura, estão evidenciadas a fase 1, que corresponde ao estágio inicial até o início do desenvolvimento vegetativo pleno (K_{c1}), e a fase 3, que corresponde ao estágio de florescimento até o início do enchimento de grãos (K_{c3}), cujos valores normalmente são os máximos apresentados para o K_c .

As quatro fases ou estádios do ciclo de desenvolvimento são descritas como:

1. Estádio inicial (fase 1) - Corresponde ao início do crescimento

da cultura, quando a superfície do solo não está completamente coberta pela cultura (cobertura do solo $< 10\%$).

2. Estádio de desenvolvimento vegetativo (fase 2) - Corresponde de 10% até 80% de cobertura do solo.

3. Estádio de florescimento ou reprodutivo (fase 3) - Corresponde ao início da cobertura plena do solo (início do florescimento) até o início da maturação, que é indicada pela descoloração ou queda das folhas.

4. Estádio de maturação (fase 4) - Corresponde ao início da descoloração (ou queda) das folhas até a plena maturação ou ponto de colheita. Para efeito da determinação dessa fase, considera-se uma fase pontual extra (fase 5) que é, teoricamente, o dia da maturação fisiológica da cultura, quando cessa todo o metabolismo fisiológico da cultura e, dessa forma, encerram-se também as irrigações.

Como referência, a faixa de duração total do ciclo de algumas culturas anuais e o percentual de duração para cada uma das quatro fases estão mostrados na Tabela 1, a qual foi gerada a partir da adaptação de dados médios obtidos em diferentes localidades, segundo Doorenbos e Pruitt (1977).

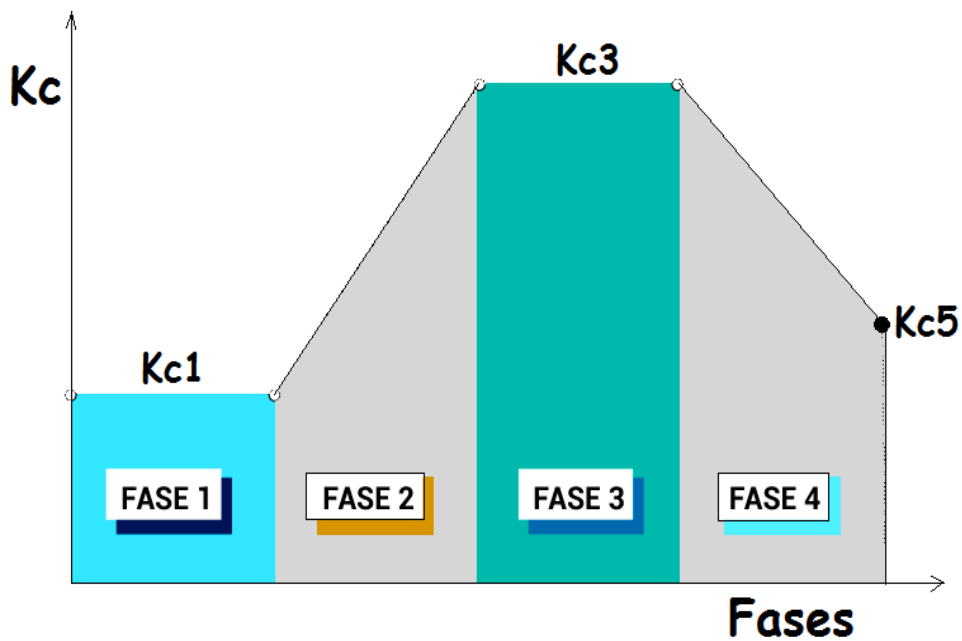


Figura 1. Evolução do coeficiente de cultura (K_c) ao longo do ciclo fenológico de culturas de ciclo anual, evidenciando-se as fases 1 ou inicial (K_{c1}), 3 ou de florescimento (K_{c3}) e o ponto da maturação fisiológica (K_{c5}). Fonte: Doorenbos e Pruitt (1977) e Allen et al. (1998).

Tabela 1. Faixas de duração total do ciclo (em dias) e duração de cada uma das quatro fases (em percentagem do total) de algumas culturas de ciclo curto, segundo dados obtidos e adaptados de algumas regiões do globo.

Cultura	Duração total do ciclo (dias)	Percentual de duração de cada uma das 4 fases ¹ (1 – 2 – 3 – 4)
Alface	75 a 140	(27-37-26-10)
Algodão	180 a 195	(16-27-31-26)
Amendoim	130 a 140	(22-26-34-18)
Batata	105 a 145	(21-25-33-21)
Berinjela	130 a 140	(22-32-30-16)
Beterraba	70 a 90	(25-35-28-12)
Cebola (seca)	150 a 210	(10-17-49-24)
Cenoura	100 a 150	(19-27-39-15)
Crucíferas ²	80 a 95	(26-37-25-12)
Feijão vagem	75 a 90	(21-34-33-12)
Feijão seco	95 a 110	(16-25-40-19)
Girassol	125 a 130	(17-27-36-20)
Melão	120 a 160	(20-28-37-15)
Milho-doce	80 a 110	(23-29-37-11)
Milho grãos	125 a 180	(17-28-33-22)
Pepino	105 a 130	(19-28-38-15)
Rabanete	35 a 40	(20-27-40-13)
Tomate	135 a 180	(21-28-33-18)
Trigo	120 a 150	(13-20-43-24)

¹Percentual de duração em relação ao tempo de duração total.

²Repolho, couve-flor, brócolis, etc.

Fonte: Doorenbos e Pruitt (1977).

Como exemplo para uso da Tabela 1, tem-se: uma cultura com duração total de 120 dias, dos quais 20% de duração são para a fase 1; 35%, para a fase 2; 25%, para a fase 3; e 20%, para a fase 4, o que corresponde, respectivamente, a uma duração de 24, 42, 30 e 24 dias. Isso significa que a fase 1 inicia com 0% e termina com 20% - 0 a 24 dias - do ciclo total; a fase 2 inicia com 20% e termina com 55% - 25 a 66 dias - do ciclo total; a fase 3 inicia com 55% e termina com 80% - 67 a 96 dias - do ciclo total; e a fase 4 inicia com 80% e termina com 100% - 97 a 120 dias - do ciclo total.

Coeficiente de cultura para culturas de ciclo anual em condição padrão

Na Tabela 2, estão listados valores típicos de Kc em três fases do ciclo de desenvolvimento das culturas, de acordo com o esquema apresentado na Figura 1 (Kc1, Kc3 e Kc5). 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 Kc3 e Kc5 da Tabela 2 são apresentados, para a condição de clima subúmido, com umidade relativa mínima (URmin), média diária de cerca

de 45%, e com velocidades médias de vento (medidas a 2 m da superfície - u_2) moderado em torno de 2 m s^{-1} .

Coeficiente de cultura da fase inicial (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 (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 Kc1 para um patamar de até 50%. Portanto, refinamentos dos valores usados para o Kc1 deveriam ser sempre utilizados. Para umedecimentos frequentes, tais como irrigação por aspersão ou chuva de alta frequência, os valores do Kcini podem aumentar significativamente.

Também a demanda evaporativa da atmosfera, ou seja, a intensidade da ETo pode afetar significativamente o Kc1. Demanda mais elevada fará com que o solo seque mais rápido entre eventos de aplicação de água, e o valor do Kc1 será menor num determinado período.

Tabela 2. Coeficientes de cultivo único, Kc, e alturas máximas médias de plantas, para cultivos sob condição padrão (culturas bem manejadas, não estressadas, em clima subúmido (umidade relativa mínima diária = 45% e velocidade do vento a 2 m da superfície = 2 m s⁻¹)).

Cultura	Kc1	Kc3	Kc5	Altura máxima da cultura - h (m)
Amendoim		1,15	0,60	0,4
Ervilha		1,15 ²	1,10–0,30 ¹	0,5
Feijão	0,40	1,05–1,15 ¹	0,90–0,35 ¹	0,4
Feijão-caupi		1,05	0,60–0,35 ¹	0,4
Grão-de-bico		1,00	0,35	0,4
Lentilha		1,10	0,30	0,5
Soja		1,15	0,50	0,5–1,0
Algodão		1,15–1,20	0,70–0,50	1,2–1,5
Girassol		1,00–1,15 ³	0,35	2,0
Mamona		1,15	0,55	2,0
Arroz	1,05	1,20	0,90–0,60	1,0
Aveia		1,15	0,25	1,0
Cevada		1,15	0,25	1,0
Milheto		1,00	0,30	1,5
Milho		1,20	0,60–0,35 ⁴	2,0
Sorgo		1,00–1,10	0,55	1,0–2,0
Trigo		1,15	0,25–0,40 ⁵	1,0
Cana-de-açúcar	0,40	1,25	0,75	3,0

Kc1, Kc3 e Kc5: coeficientes de cultura da fase inicial, reprodutiva e de maturação, respectivamente.

(1) O primeiro valor é para colheita fresca e o segundo é para colheita de grãos secos.

(2) Algumas vezes são utilizadas estacas com 1,5 m a 2,0 m de altura, assim o valor de Kc3 pode atingir 1,20.

(3) Os valores mais baixos referem-se a condições chuvosas com menor densidade populacional.

(4) O primeiro valor para Kc5 é para colheita com alta umidade nos grãos. O segundo valor para Kc5 é para cultura colhida após o grão estar seco (por volta de 18% de umidade à base de peso úmido).

(5) O valor mais alto é para colheita manual.

Fonte: Allen et al. (1998).

Para facilitar a escolha do valor de Kc1, pode-se contar com o auxílio da seguinte equação, de acordo com a ETo e com a frequência de irrigação (F) escolhida para essa fase (Albuquerque; Andrade, 2001):

$$\text{Kc1} = 1,41704 - 0,092412 \cdot \text{ETo} - 0,11001 \cdot \text{F} + 0,0042672 \cdot \text{ETo}^2 + 0,0033743 \cdot \text{F}^2 + 0,00028724 \cdot \text{ETo} \cdot \text{F}$$

em que

Kc1 é o coeficiente de cultura para a fase 1 do ciclo vegetativo de qualquer cultura de ciclo curto;

ETo é a evapotranspiração de referência reinante na época da fase 1 (mm/dia; $1 \leq \text{ETo} \leq 10$ mm/dia);

e F é a frequência de irrigação na fase 1 (dias; $1 \leq \text{F} \leq 20$ dias).

A Equação 1 foi gerada pelo ajuste realizado por Albuquerque e Andrade (2001) nas curvas de Kc, ETo e F apresentadas 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 e de maturação (Kc3 e Kc5)

O valor do coeficiente de cultura relativo à fase de florescimento ou reprodutiva se refere à fase 3 (Kc3) e, na

data de maturação, se refere a um valor pontual no fim da fase 4 (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 Kc3 ou Kc5, 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 Kc3 e Kc5 apresentados na Tabela 2, quando a URmin for diferente de 45% ou a velocidade do vento (u2) for maior ou menor do que 2 m s^{-1} , é necessária a seguinte equação:

$$\text{Kc} = \text{Kc}(\text{tab}) + [0,04 \cdot (u_2 - 2) - (0,004 \cdot \text{URmin} - 45)] \cdot (h/3) \cdot 0,3$$

em que

Kc = Kc3 ou Kc5;

Kc(tab) é o valor do Kc3 ou Kc5 apresentados na Tabela 2;

u2 é o valor médio da velocidade do vento diário a 2 m da superfície, durante a fase 3 (para Kc3) ou a 4 (para Kc5);

URmin é o valor médio da umidade relativa mínima diária durante a fase 3 (para Kc3) ou a 4 (para Kc5);

e h é a altura média da planta durante a fase 3 (para Kc_3) ou a 4 (para Kc_5).

Os valores de Kc determinados com a Equação 2 são ajustes médios para a fase reprodutiva (Kc_3) e de maturação (Kc_5). Os valores para as variáveis u_2 e UR_{min} devem ser tomados como valores médios para aqueles períodos. Também os limites impostos para ambas as variáveis e h devem ser observados.

No caso de Kc_5 , a Equação 2 deve ser aplicada somente quando os valores tabulados do Kc excederem 0,45. A equação reduz o valor do Kc_5 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, $Kc_5 > 0,45$). Nenhum ajuste é necessário quando $Kc_5(tab) < 0,45$ (isto é, $Kc_5 = Kc_5(tab)$). Quando as culturas são deixadas senescendo e secando no campo (como evidenciado por $Kc_5 < 0,45$), u_2 e UR_{min} têm menos efeito sobre o Kc_5 , e o ajuste é desnecessário.

Passos para obtenção da curva do coeficiente de cultura

Somente três valores do coeficiente de cultivo são necessários para descrever e construir a curva do Kc , segundo esquema mostrado na Figura 1. Esses valores correspondem a Kc_1 , Kc_3 e Kc_5 .

Os passos necessários para obter os diferentes valores de Kc nos estádios são dados a seguir:

1. Estabelecer a data de plantio (ou semeadura) e informações locais do clima ou de regiões próximas de condições similares.

2. Determinar a duração total do ciclo de desenvolvimento e a duração de cada fase a partir de informações locais (como referência, verificar a Tabela 1).

3. Estádio inicial (fase 1): prever a frequência de irrigação ou de chuva; para um valor predeterminado de ET_0 , obter o Kc_1 oriundo da Equação 1 e plotar o seu valor como está representado na Figura 1.

4. Estádio de desenvolvimento vegetativo (fase 2): para uma conhecida condição de clima (umidade relativa e vento), selecionar o valor de Kc_3 pela Equação 2 e Tabela 2, para a fase 3, e plotá-lo para a fase 2 como uma linha reta entre o valor da fase 1 (Kc_1) e o da fase 3 (Kc_3).

5. Estádio reprodutivo (fase 3): para uma conhecida condição de clima (umidade relativa e vento), selecionar o valor de Kc_3 conforme o item anterior e assumi-lo como uma linha reta (valor constante) até o início da fase 4.

6. Estádio de maturação (fase 4): também obter o Kc_5 (valor pontual) pela Equação 2 e Tabela 2 e plotá-lo como o último valor do ciclo (maturação completa ou ponto de colheita) e ligar esse valor

com uma linha reta até o final da fase 3 (ver Figura 1).

Equação de Hargreaves e Samani para determinação da ETo

O método de estimativa da ETo proposto por Hargreaves e Samani (1985) é considerado empírico e requer uma menor quantidade de informações

climatológicas. A sua equação é a seguinte:

$$E_{To} = 0,0023.Ra.(T_{max} - T_{min})0,5.(T_{med} + 17,8)$$

em que

ETo é a evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);

Ra é a radiação extraterrestre (mm dia⁻¹);

Tmax é a temperatura do ar máxima (°C);

Tmin é a temperatura do ar mínima (°C);

Tmed é a temperatura do ar média diária (°C).

Para a radiação extraterrestre (Ra) apresentada em MJ.m⁻².dia⁻¹ deve-se multiplicá-la pelo fator 0,408 (Gomide, 2021).

Planilha para estimativa de coeficiente de cultura (Kc) segundo o manual FAO/56

Planilha eletrônica para estimar valores de coeficientes de cultura (Kc) de culturas de ciclo anual, para as condições brasileiras, tendo como suporte a metodologia apresentada nos manuais FAO/24 e 56 (Doorenbos; Pruitt, 1977; Allen et al., 1998).

Para facilitar o uso e a aplicação da metodologia FAO/56 para o ajuste de Kc, optou-se pela criação de uma planilha eletrônica online “Google Sheet”, customizada com recursos de programação em linguagem Google Apps Script (Google, 2021), através da Plataforma Google Workspace (Google, 2020) conforme ilustra a Figura 2.

A solução de planilhas Google Sheet, embora limitada em sua versão online básica, pode ser enriquecida por meio de complementos adquiridos no marketplace Google ou através de customização em linguagem baseada em Javascript, a Google Apps Script.

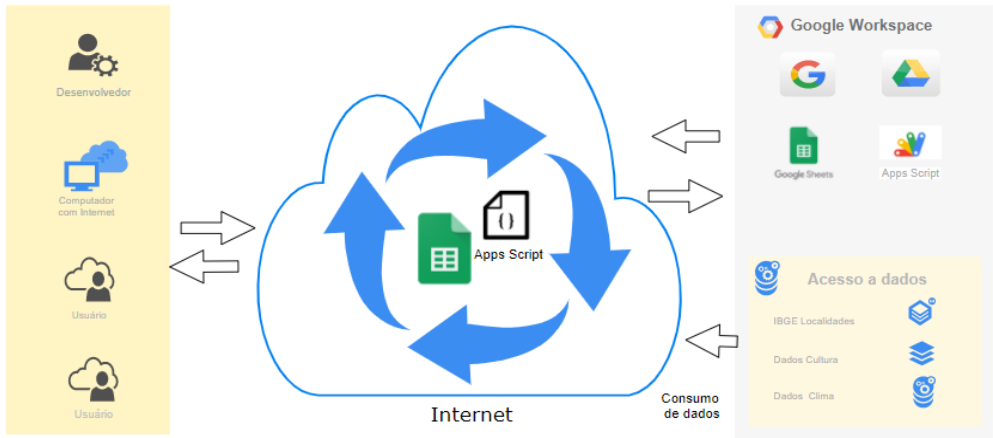


Figura 2. Visão Geral da Arquitetura da Solução.

Para compor a solução, foram utilizados recursos nativos da plataforma, além da implementação de funções, com o objetivo de automatizar o processo de ajuste de Kc, embutindo interação com o usuário, o acesso a dados e aplicação de cálculos automáticos.

Destaca-se, também, na Figura 2, a implementação da estratégia de consumo automático de dados de clima. O consumo de dados via API, acrônimo para Application Program Interface, é um recurso que tem sido amplamente utilizado. Uma API consiste em padrões e linguagens de programação que permite, de maneira automatizada, a comunicação entre sistemas diferentes de forma ágil e segura (Vaz et al., 2017).

O consumo de dados meteorológicos, seja de forma manual, ou automatizado via APIs, já é uma realidade em diferentes aplicações, por exemplo, os

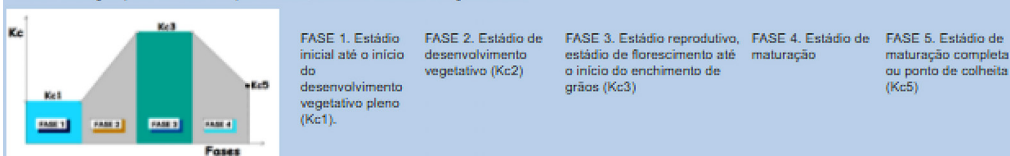
vários sites que publicam informações sobre previsões climáticas. Os dados climatológicos são disponibilizados pelo INMET, pelo INPE/CPTEC, pela NASA, de forma gratuita e online, em diferentes formatos.

O acesso aos dados necessários para o ajuste de Kc foi automatizado, com recursos da linguagem Google Apps Script (Google, 2021) e o acesso à Plataforma AgroAPI (Embrapa, 2021).

O acesso automático a dados de clima, dados de cultura e a implementação da metodologia apresentada para ajustes de Kc estão disponíveis, de forma automatizada, na planilha KcFAO.

Planilha para estimativa de Coeficiente de Cultura (Kc) segundo o manual FAO56

Esta planilha consiste na aplicação do método da FAO para a estimativa de valores Kc (Doorenbos; Pruitt, 1977; Allen et al., 1998) para culturas de ciclo anual, onde o ciclo fenológico pode dividido em quatro fases, conforme ilustrado na figura abaixo:



Para cada fase, estima-se os valores de Kc para uma conhecida condição de clima. Os passos necessários são apresentados a seguir:

Orientações de uso da planilha

1. Ao abrir a planilha, faça uma cópia local da planilha, selecionando no MENU principal >Arquivo > Fazer uma cópia. Será realizada uma cópia da planilha Google Sheet que inclui scripts que automatizam os cálculos de coeficiente de Kc. Para o funcionamento da planilha, é necessária autorização do acesso, que é solicitada logo em seguida. Nenhum dado pessoal do usuário é coletado por meio dos scripts executados neste projeto. A partir da autorização, uma cópia da planilha será realizada na pasta (online) no drive de armazenamento Google Drive.
2. Na aba Kc, selecione a cultura, a data de plantio (ou semeadura), a duração total do ciclo de desenvolvimento e demais campos obrigatórios, indicados na cor cinza clara. Caso não indique a seleção equitativa das fases, informar a duração de cada fase. Para o Estádio inicial (fase 1): prever a frequência de irrigação ou de chuva, caso seja selecionado plantio convencional.
3. Nesta mesma aba, selecionar o município e ET0 prevalente na fase 1. O seguintes dados de clima são necessários: Temperatura máxima e mínima, Umidade Relativa mínima, Velocidade do Vento.
A planilha inclui uma conexão com fonte de dados de clima e apresenta de forma automática, diretamente na planilha, que podem ser substituídos por informações locais.

Figura 3. Apresentação da Planilha KcFAO.

Ao acessar, deverá ser criada uma cópia da planilha, que passará a ser armazenada na pasta do usuário, no Google Drive. No primeiro acesso, deve-se observar as orientações, apresentadas na primeira página:

Passo 1. Caracterizar o plantio

O usuário deve informar a data de plantio (ou semeadura), a duração total do ciclo de desenvolvimento e, caso não indique a seleção equitativa das fases, informar a duração de cada fase. Para o Estádio inicial (fase 1): informar a frequência de irrigação ou de chuva. Deve ser observada a legenda com indicação


dos campos obrigatórios e opcionais, conforme ilustra a Figura 4.

Em caso de “Plantio Convencional”, o campo “Turno de rega inicial” é obrigatório. Caso não seja marcada a opção de divisão equitativa de fases, deverá ser informado o percentual de duração de cada uma das quatro fases.

Caso não seja identificada a cultura na seleção, é possível indicar valores próprios de Kc para qualquer cultura não especificada (GENÉRICA), desde que o ajuste de Kc seja realizado com base no preenchimento obrigatório de valores de coeficientes de cultura, para a fase 1, fase 3 e fase 5 (Kc1, Kc3 e Kc5).

Kc

Coeficiente de Cultura (Kc FAO56) para as condições brasileiras



20/09/2021

Passo 1. Caracterize o plantio

Passo 2. Caracterize o local e clima

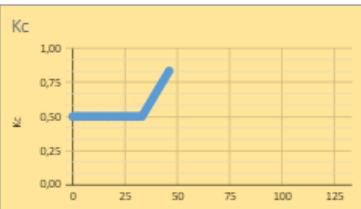
Cultura*:	Milho Grão	Plantio direto na palha?	<input checked="" type="checkbox"/>	Turno de rega na fase inicial (dias)****:	5
Data do Plantio:	21/08/2021	Prof. de plantio (Z _o , cm):	6	Prof. máx. efetiva (Z _{max} , cm):	40
Duração do ciclo (dias):	130	Divisão equitativa das fases?	<input checked="" type="checkbox"/>		

	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Total
Duração (%)*	25	25	25	25		100
Duração (dias)	33	33	33	31		130
Kc (culturas genéricas)						

Kc INICIAL	0,50	0,50	1,35	1,35	0,35	Kc
Kc FINAL		1,35		0,35		

MUNICÍPIO/UF
SETE LAGOAS/MINAS GERAIS

ET_o prevalente na fase 1
2. Média demanda (2.5<ET_o<5.0 mm/dia)



Preenchimento Opcional

Preenchimento Obrigatório

Dados estimados

Figura 4. Dados de caracterização do plantio, local de instalação e clima.

Passo 2. Caracterizar o local e o clima

O usuário deve selecionar o município e registrar as informações locais do clima ou de regiões próximas de condições similares.

Apenas quando disponível, a conexão com a fonte de dados pré-estabelecida, a planilha apresenta um conjunto de dados de clima (tabela), que pode ser substituído por informações locais, diretamente na planilha.

A planilha dispõe de recursos automatizados de consumo de dados via API pré-configurados. O acesso a dados de clima para o local é realizado a partir da seleção do município do plantio,

entretanto, pode não haver disponibilidade de dados para o seu município, podendo ser adotada a estratégia de seleção de município circunvizinho ao local, ou ser adotada a alternativa de preenchimento com dados próprios. Para ajuste de Kc são necessários os seguintes dados:

Nome	Sigla	Unidade
Temperatura Mínima	Tmin	°C
Temperatura Máxima	Tmax	°C
Umidade Relativa Mínima	URmin	%
Velocidade do Vento	U	m s ⁻¹
Evapotranspiração de Referência	ET _o	mm dia ⁻¹

A Figura 5 apresenta o resultado da Planilha KcFAO com valores ajustados de Kc, de culturas de ciclo anual, para as condições brasileiras.

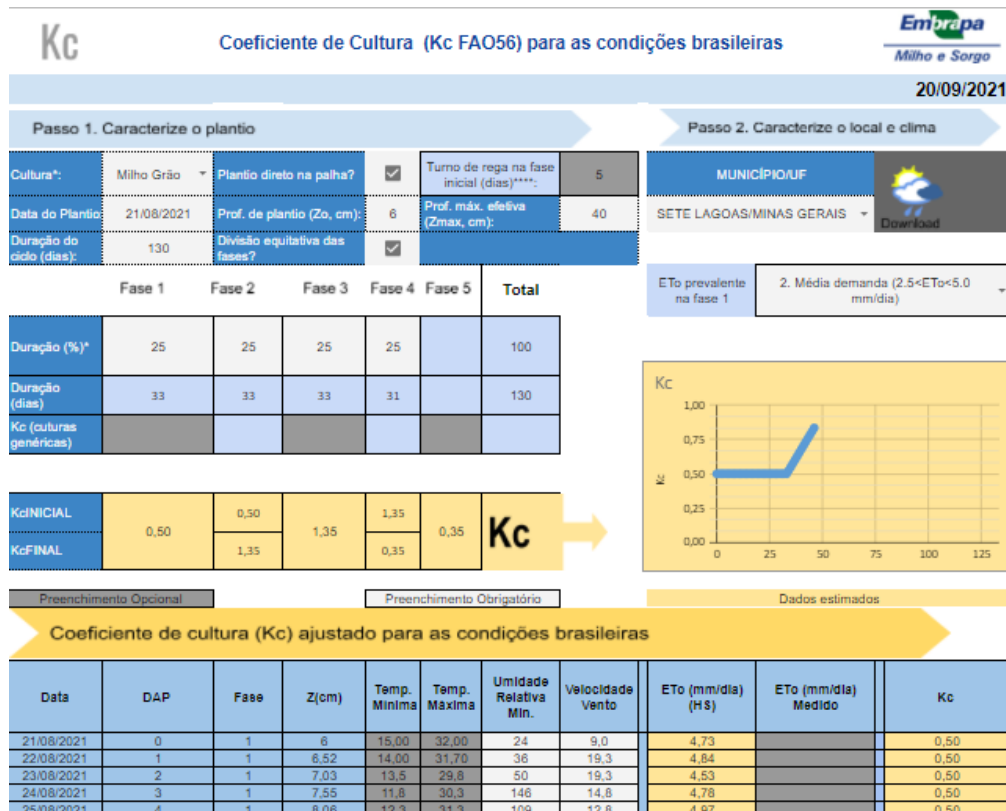


Figura 5. Resultado da Planilha KcFAO com valores ajustados de Kc.

Referências

- EMBRAPA. **AgroAPI - a plataforma de APIs da Embrapa**. Disponível em: <https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/>. Acesso em: 8 nov. 2021.
- ALBUQUERQUE, P. E. P. de; ANDRADE, C. de L. T. de. **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. 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. **Requerimento de água das culturas para fins de manejo e dimensionamento de sistemas de irrigação localizada**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 54 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 1).
- 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. 144p. (FAO Irrigation and drainage paper, 24).
- GOMIDE, R. L. Requerimento de água de culturas. 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. 135-162.
- GOOGLE. **Crie planilhas avançadas**. 2020. Disponível em: <https://www.google.com/sheets/about/>. Acesso em: 8 ago. 2021.
- GOOGLE. **Overview of Google Apps Script**. 2021. Disponível em: <https://developers.google.com/apps-script/overview>. Acesso em: 8 ago. 2021.
- HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. **Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature**. Chicago: American Society of Agricultural and Biological Engineers Meeting, 1985. (Paper 85-2517).
- 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. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1083275/agro-api-criacao-de-valor-para-a-agricultura-digital-por-meio-de-apis>. Acesso em: 8 nov. 2021.

Literatura Recomendada

IBGE. **Organização do território:** estrutura territorial: localidades. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/estrutura_territorial/localidades/Geomedia_MDB/. Acesso em: 20 ago. 2021.

Anexo

Planilha - Coeficiente de cultura (Kc FAO56) para as condições brasileiras:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1WkuTLkrYrcnMXf1LLSd2aQ8QF7HWItgDqZWe7gBBtBw/edit?usp=sharing>

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

Formato digital (2021)

Embrapa

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

PRÓPRIA AMADA
BRASIL
ORGANIZANDO O TERRITÓRIO

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente

Maria Marta Pastina

Secretária-Executiva

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

Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Mônica Aparecida de Castro

Foto da capa

Clenio Araujo