

Denise dos Santos Vila Verde
Luanna Alves Miranda
Isaquiél de Moura Ribeiro Azevedo
Silmare Nogueira do Nascimento Pereira
Schirley Costalonga
Organizadores

Produção Vegetal na Agronomia: abordagens e aplicações

Volume 2

 **Wissen**
editora
Teresina-PI, 2025

©2025 by Wissen Editora
 Copyright © Wissen Editora
 Copyright do texto © 2025 Os autores
 Copyright da edição © Wissen Editora
Todos os direitos reservados

Direitos para esta edição cedidos pelos autores à Wissen Editora.



Todo o conteúdo desta obra, inclusive correção ortográfica e gramatical, é de responsabilidade do(s) autor(es). A obra de acesso aberto (Open Access) está protegida por Lei, sob Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional, sendo permitido seu *download* e compartilhamento, desde que atribuído o crédito aos autores, sem alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Editores Chefe: Dr. Junielson Soares da Silva
 Ma. Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
 Dra. Denise dos Santos Vila Verde
 Dra. Adriana de Sousa Lima

Projeto Gráfico e Diagramação: Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira

Imagem da Capa: Canva

Edição de Arte: Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira

Revisão: Os autores
 Os Organizadores

Informações sobre a Editora

Wissen Editora
 Homepage: www.editorawissen.com.br
 Teresina – Piauí, Brasil
 E-mails: contato@wisseneditora.com.br
wisseneditora@gmail.com

Siga nossas redes sociais:



@wisseneditora

CAPÍTULO 18

USO DO CROPWAT PARA O BALANÇO HÍDRICO E SIMULAÇÃO DE DATAS DE SEMEADURA DO MILHO EM TERESINA, PIAUÍ

Gonçalves Albino Daula   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Renato Oliveira de Sousa   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Ramón Yuri Ferreira Pereira   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Selma Maria Dias de Moraes Costa   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Vânia Maria Gomes da Costa Lima   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Ana Alice Salmito Nolêto de Campos Ferreira   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Edson Alves Bastos   
Embrapa Meio-Norte e Universidade Federal do Piauí, Brasil

Aderson Soares de Andrade Júnior   
Embrapa Meio-Norte e Universidade Federal do Piauí, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.979 

Resumo: A estimativa da demanda hídrica das culturas com base em projeções futuras é uma ferramenta essencial para o uso racional e eficiente da água na agricultura irrigada. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo utilizar o software CROPWAT 8,0 para realizar o balanço hídrico diário e simular diferentes datas de semeadura da cultura do milho, considerando às condições edafoclimáticas do município de Teresina, Piauí. As simulações do balanço hídrico foram realizadas em dois cenários distintos: um com irrigação plena e outro sem irrigação, considerando três datas de semeadura (25/02, 05/04 e 05/08/2023). Foram utilizados dados meteorológicos diários de evapotranspiração de referência e precipitação ao longo de um ano, além de informações sobre as características físico-hídricas do solo e os parâmetros fenológicos da cultura do milho, obtidos junto à Embrapa Meio-Norte. As estimativas da evapotranspiração de referência e da cultura foram realizadas conforme a metodologia descrita no Boletim FAO 56. Os resultados indicam que, a semeadura simulada para o dia 25/02/2023, coincidente com o início da estação chuvosa, apresentou a maior eficiência no uso da água, garantindo a produtividade potencial do milho, estimada em 12.500 kg ha⁻¹, sem a necessidade de irrigação. Sob irrigação plena, o cultivo de milho mantém sua produtividade potencial, independentemente da data de semeadura simulada. Por outro lado, na ausência de irrigação, especialmente em semeaduras mais tardias, observa-se perda parcial ou total da produtividade, **devido à ocorrência** do déficit hídrico ao longo do ciclo da cultura.

Palavras-Chave: *Zea mays*. Necessidade hídrica da cultura. Manejo da irrigação. Previsão meteorológica.

1 INTRODUÇÃO

No Nordeste do Brasil, às condições climáticas adversas têm sido apontadas como um dos principais fatores limitantes para o desenvolvimento das atividades agrícolas. A baixa produtividade nas regiões semiáridas está geralmente associada às elevadas temperaturas e à ocorrência de déficit hídrico (Edvan *et al.*, 2020). A distribuição irregular das chuvas e os longos períodos de seca resultam na redução da disponibilidade de água no sistema solo-planta-atmosfera, impactando diretamente na produtividade das culturas (Silva *et al.*, 2021).

Nesse contexto, uma estratégia crucial para mitigar os efeitos do déficit hídrico é o adequado planejamento da época de semeadura, visando otimizar o aproveitamento das chuvas e reduzir a dependência de irrigação (Santos *et al.*, 2021). Para esse fim, o uso de modelos de simulação, como o software CROPWAT 8.0, desenvolvido pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), se destaca como uma ferramenta eficaz (Roja *et al.*, 2020). O software CROPWAT possibilita a estimativa das necessidades hídricas das culturas, o cálculo do balanço hídrico do solo, a simulação de estratégias de manejo de irrigação e datas de semeadura, com base nos dados climáticos, edáficos e culturais (Sales *et al.*, 2016; Ndayitegeye *et al.*, 2020; Roja *et al.*, 2020). A simulação de datas de semeadura auxilia na escolha do período ideal de semeadura, considerando a disponibilidade hídrica e a evapotranspiração da cultura, reduzindo riscos de déficit hídrico e promovendo maior eficiência no uso da água e na produtividade (Roja *et al.*, 2020).

Embora seja uma ferramenta eficiente e amplamente utilizada, o CROPWAT apresenta limitações, como a simplificação dos processos fisiológicos das plantas, a dependência da qualidade dos dados de entrada, a não consideração de variações climáticas inesperadas e a generalização de parâmetros edafoclimáticos, o que pode comprometer a precisão das estimativas (Ndayitegeye *et al.*, 2020; Roja *et al.*, 2020). Ainda assim, o modelo tem sido amplamente utilizado por pesquisadores no Brasil e no exterior, sobretudo em estudos que relacionam a demanda hídrica das culturas às variações climáticas (Saha *et al.*, 2019; Oliveira *et al.*, 2020).

A cultura do milho é amplamente cultivada na região Nordeste do Brasil, destacando-se como uma das principais culturas agrícolas em Teresina, Piauí, sendo cultivada tanto em regime irrigado quanto em sequeiro. Devido ao seu alto consumo diário de água, a cultura é altamente sensível ao déficit hídrico, o que torna a adoção de práticas de irrigação fundamental (Andrea *et al.*, 2018). Os autores destacam que essa necessidade é ainda mais evidente diante da irregularidade no regime de chuvas, que resulta em um balanço hídrico negativo no solo. Nesse cenário, a definição da época ideal para a semeadura, aliada a um manejo eficiente da irrigação, é fundamental para garantir a produtividade do milho e de outras culturas na região.

Considerando a crescente demanda por práticas agrícolas mais resilientes e sustentáveis, este estudo teve como objetivo utilizar o software CROPWAT para realizar o balanço hídrico diário e simular diferentes datas de semeadura da cultura do milho, considerando às condições edafoclimáticas do município de Teresina, Piauí. As simulações do balanço hídrico foram realizadas em dois cenários distintos: um com irrigação plena e outro sem irrigação, considerando três datas de semeadura diferentes, com o intuito de otimizar o uso da água e minimizar os riscos de perdas de produção devido ocorrência do déficit hídrico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Clima local do estudo

Segundo a classificação climática de Koppen, o município de Teresina, Piauí, apresenta clima do tipo Aw, caracterizado como tropical quente e úmido, com a estação chuvosa concentrada no verão. Por outro lado, de acordo com a classificação de Thornthwaite e Mather (1995), o clima da região é definido como tropical subúmido seco e megatérmico (Andrade Júnior *et al.*, 2004; Bastos; Andrade júnior, 2008).

2.2 Obtenção de dados

O estudo foi conduzido com base em dados meteorológicos diários de evapotranspiração de referência e precipitação ao longo de um ano, além de informações referentes às características

físico-hídricas do solo e os parâmetros fenológicos da cultura do milho, considerando às condições edafoclimáticas do município de Teresina. Todos os dados utilizados foram obtidos junto à Embrapa Meio-Norte. A qualidade dados de entrada do modelo, como precipitação, evapotranspiração, características do solo e parâmetros da cultura do milho, foram validados pela Embrapa Meio-Norte e pelos autores, assegurando a confiabilidade das análises.

2.3 Balanço Hídrico-CROPWAT

Com o objetivo de determinar a variação do teor de água no solo e a quantidade de água armazenada, foi realizado o Balanço Hídrico da Cultura (BHC) diário utilizando o software CROPWAT 8.0 ao longo de um ano. Como dados de entrada, foram empregadas informações climáticas, características físico-hídricas do solo e parâmetros da cultura. As simulações do BHC foram realizadas em dois cenários: um com irrigação plena e outro sem irrigação, ambos considerando três diferentes datas de semeadura para cultura de milho.

2.3.1 Entrada de dados das variáveis meteorológica

No módulo *Climate/ET_o* do software CROPWAT, foram inseridos os dados diários da evapotranspiração de referência (ET_o , mm dia⁻¹) referentes a um período de um ano, estimados pelo método padrão Penman-Monteith-FAO 56. Em seguida, no módulo *Rain*, foram inseridos os dados diários de precipitação (mm) correspondentes ao mesmo intervalo de tempo. Para o cálculo da precipitação efetiva, adotou-se o método do Serviço de Conservação de Solo do USDA (*USDA Soil Conservation Service*), que se baseia no balanço hídrico, levando em conta as entradas e saídas de água por meio do escoamento superficial, percolação e retenção de umidade na zona radicular da cultura.

2.3.2 Entrada de dados das variáveis da cultura

Para o preenchimento do módulo *Crop* do software CROPWAT, foram inseridas informações referentes à cultura, incluindo: nome da cultura, data de semeadura, coeficiente de cultivo (kc), duração dos estádios fenológicos em dias, profundidade do sistema radicular (z) em metros, fator de disponibilidade de água no solo (p) e coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico (ky). Os valores utilizados estão apresentados na Figura 1 (A, B e C). Os valores referentes à depleção crítica e ao ky total foram obtidos no Allen et al. (1998), enquanto os demais parâmetros fornecidos pela Embrapa Meio-Norte.

A estimativa da evapotranspiração da cultura foi realizada conforme a metodologia descrita no Boletim FAO 56. A simulação do BHC considerou três datas de semeadura do milho (25/02,

05/04/e 05/08/2023), adotando-se um ciclo de cultivo de 117 dias. As datas de semeadura foram estabelecidas com base na série histórica de precipitação do município de Teresina, conforme recomendação da Embrapa Meio-Norte, com o objetivo de reduzir os impactos do déficit hídrico e do uso excessivo de irrigação, otimizando o aproveitamento da água das chuvas.

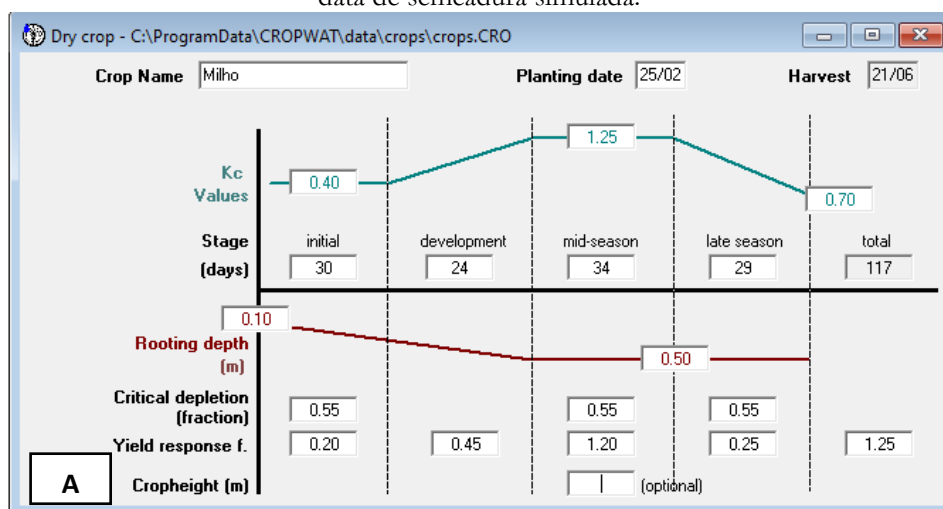
2.3.3 Entrada de dados das variáveis do solo

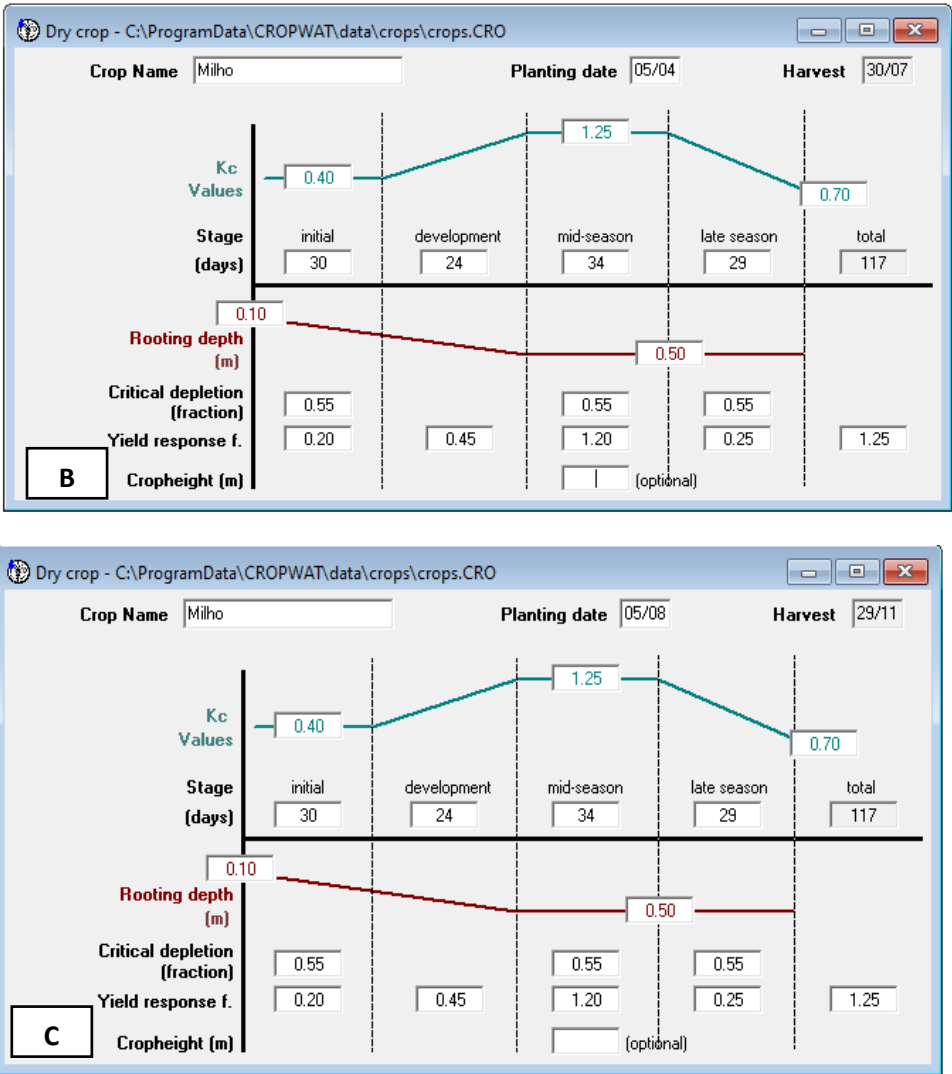
No módulo *Soil*, foram inseridas informações sobre a classe textural, a capacidade de água disponível (CAD) em mm m^{-1} , a taxa máxima de infiltração de água no solo em mm m^{-1} , a profundidade máxima de enraizamento da cultura (cm) e a depleção inicial do teor de água no solo em %. Os valores utilizados estão ilustrados na Figura 2. Para a taxa máxima de infiltração, foi adotado um valor próximo ao da CAD, em conformidade com os padrões recomendados por Bernardo et al (2013). A profundidade máxima de enraizamento foi definida em 50 cm, indicando que o solo possui condições adequadas para o pleno desenvolvimento radicular da cultura. O valor da CAD em cada camada do solo foi calculado com base na Equação 1:

$$\text{CAD} = [(\text{CC}-\text{PMP}):100] \times \text{Ds} \times \text{Z} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: CAD-Capacidade de água disponível no solo (mm). CC- Umidade do solo na capacidade de campo (%). PMP- Umidade do solo no ponto de murcha permanente (%). Ds- Densidade do solo (g.cm^{-3}). Z- Profundidade efetiva do sistema radicular ou da camada do solo (mm).

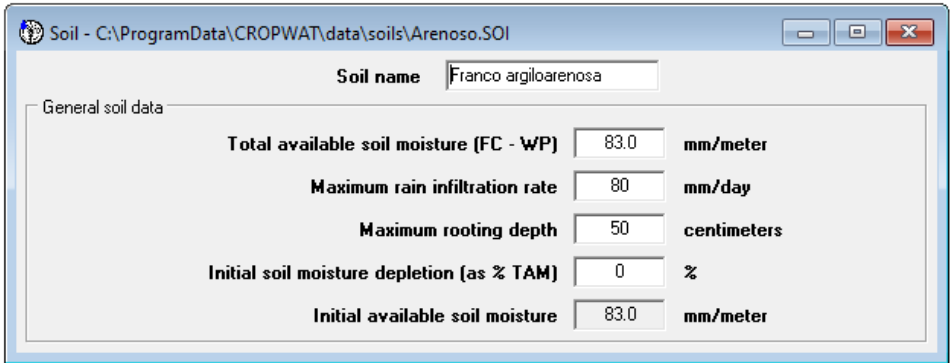
Figura 1 - Parâmetros de entrada utilizado no módulo *Crop* do software CROPWAT 8.0 em função da data de semeadura simulada.





Fonte: Autores, 2025.

Figura 2 – Parâmetros entrada utilizados no módulo *Soil* do software CROPWAT 8.0



Fonte: Autores, 2025.

2.4 Programação de irrigação

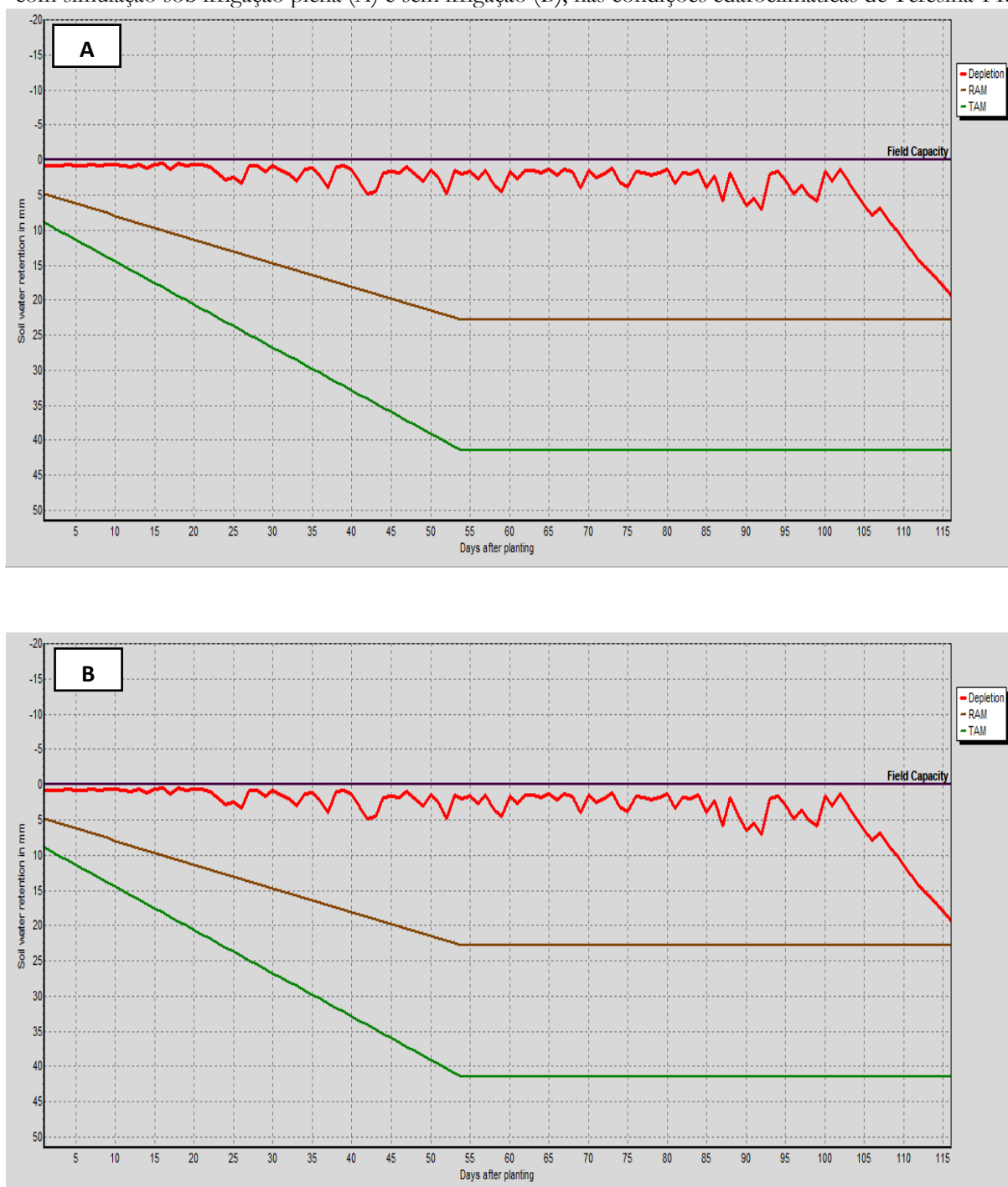
A simulação do BHC considerando a prática de irrigação foi fundamentada em três datas de semeadura do milho, com um ciclo de 117 dias. Foram realizadas simulações adotando-se como critério a não ocorrência de restrições hídricas nas datas de semeadura, isto é, irrigar a uma depleção crítica (irrigação em 100% depleção crítica), ou seja, assim que o teor de água no solo atingisse a fração da RAM (água facilmente disponível) seria aplicado uma lâmina até que o teor de água atingisse a capacidade de campo. A simulação do BHC foi realizada considerando um sistema de irrigação por aspersão convencional, com eficiência de 75%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram gerados seis gráficos do BHC, apresentados nas Figuras 3, 4 e 5. Neles, estão representadas as seguintes variáveis: *Depletion* (variação do teor de água no solo, em mm), indicada em vermelho; RAM (água facilmente disponível), em marrom; TAM (umidade total disponível), em verde; e *Field Capacity* (capacidade de campo-CC), representada no eixo das abscissas, em preto. As simulações do BHC, tanto sob irrigação plena quanto sem irrigação, estão apresentadas nas Figuras 3, 4 e 5 (A e B), respectivamente, em função as datas de semeaduras definidas.

Para a primeira data de semeadura (25/02/2023), verificou-se que a *Depletion* simulada sob irrigação plena e sem irrigação, não apresentou diferenças significativas entre os cenários, mantendo-se próxima à CC durante a maior parte do ciclo da cultura (Figura 3 A e B). Esses resultados indicam a ausência do déficit hídrico no cultivo sem irrigação, uma vez que as precipitações ocorridas no período foram suficientes para suprir a evapotranspiração da cultura (ETc). A ETc registrada foi de 170.5 mm, enquanto a precipitação efetiva totalizou 509.1 mm. Dessa forma, a irrigação torna-se desnecessária para essa data de semeadura, permitindo que a produtividade potencial do milho, estimada em 12.500 kg ha⁻¹, seja alcançada sem suplementação hídrica, o que favorece a viabilidade econômica e ambiental da produção nas condições edafoclimáticas de Teresina.

Figura 3 - Armazenamento de água no solo (mm), correspondendo à data de semeadura em 25/02/2023, com simulação sob irrigação plena (A) e sem irrigação (B), nas condições edafoclimáticas de Teresina-PI.



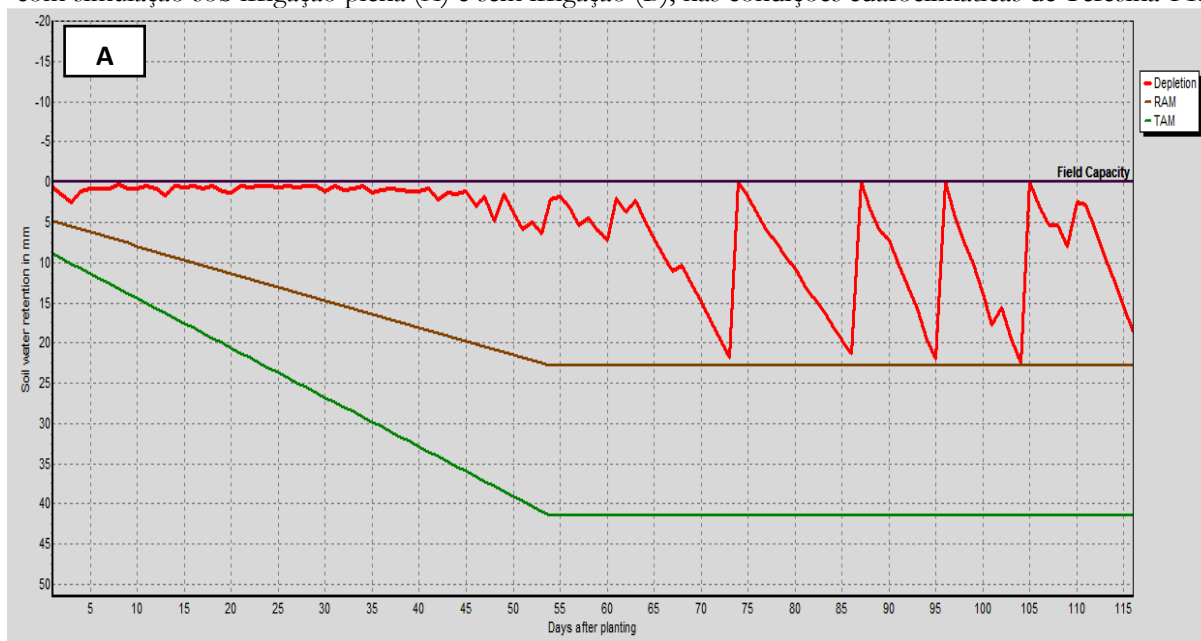
Fonte: Autores, 2025.

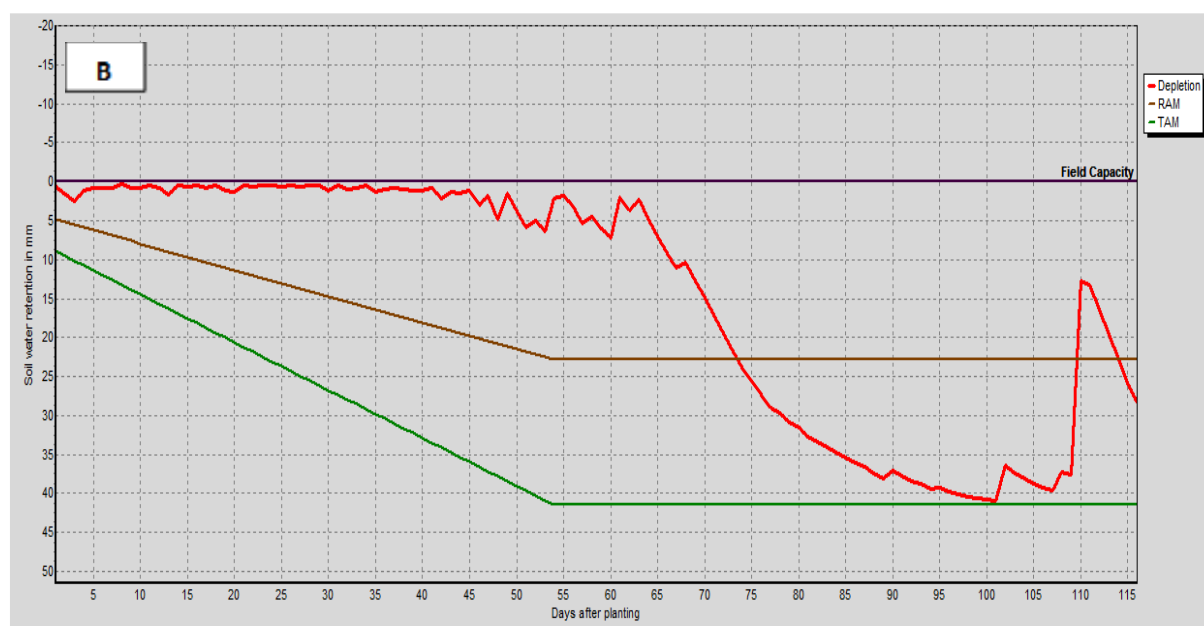
Em relação à segunda data de semeadura (05/04/2023), observa-se que a *Depletion* simulada sob irrigação e sem irrigação não apresentou diferenças entre os cenários até 73 dias após o plantio (DAP), com o teor de água no solo próximo à CC (Figura 4A e 4B). A partir dos 74 DAP, na simulação com irrigação, a *Depletion* manteve-se entre RAM e à CC (Figura 4A), indicando o uso

exclusivo da água prontamente disponível no solo. Esse resultado evidencia melhor aproveitamento tanto das lâminas de irrigação aplicadas quanto das precipitações ocorridas no período. Por outro lado, sem irrigação, a partir dos 74 DAP o teor de água no solo reduziu-se de forma acentuada, com a linha de *Depletion* posicionando-se abaixo da RAM até 109 DAP (Figura 4B). Este período, foi marcado pela ausência de precipitações e por elevada ETc, resultando em déficit hídrico e consequente redução na produtividade potencial da cultura.

A ETc para o período analisado foi de 210,8 mm, enquanto a precipitação efetiva registrada foi de 348,9 mm, sendo suficiente para atender parcialmente à demanda hídrica. No entanto, verificou-se déficit hídrico durante dois meses (junho e julho) coincidentes com o período de florescimento e início da maturação fisiológica. Como resultado, o software CROPWAT estimou uma redução de 42,33% na produtividade potencial da cultura (equivalente a 5.291.25 kg ha⁻¹) sem irrigação, tornando inviável a produção nessas condições. Dessa forma, para a data de semeadura em questão, o planejamento da irrigação torna-se essencial a partir dos 74 DAP, com uma lâmina bruta de irrigação de 132.5 mm e uma lâmina líquida de 99.4 mm, concentradas principalmente na fase de florescimento, período mais sensível ao déficit hídrico no milho, conforme indicado pelo CROPWAT.

Figura 4 - Armazenamento de água no solo (mm), correspondendo à data de semeadura em 05/04/2023, com simulação sob irrigação plena (A) e sem irrigação (B), nas condições edafoclimáticas de Teresina-PI.



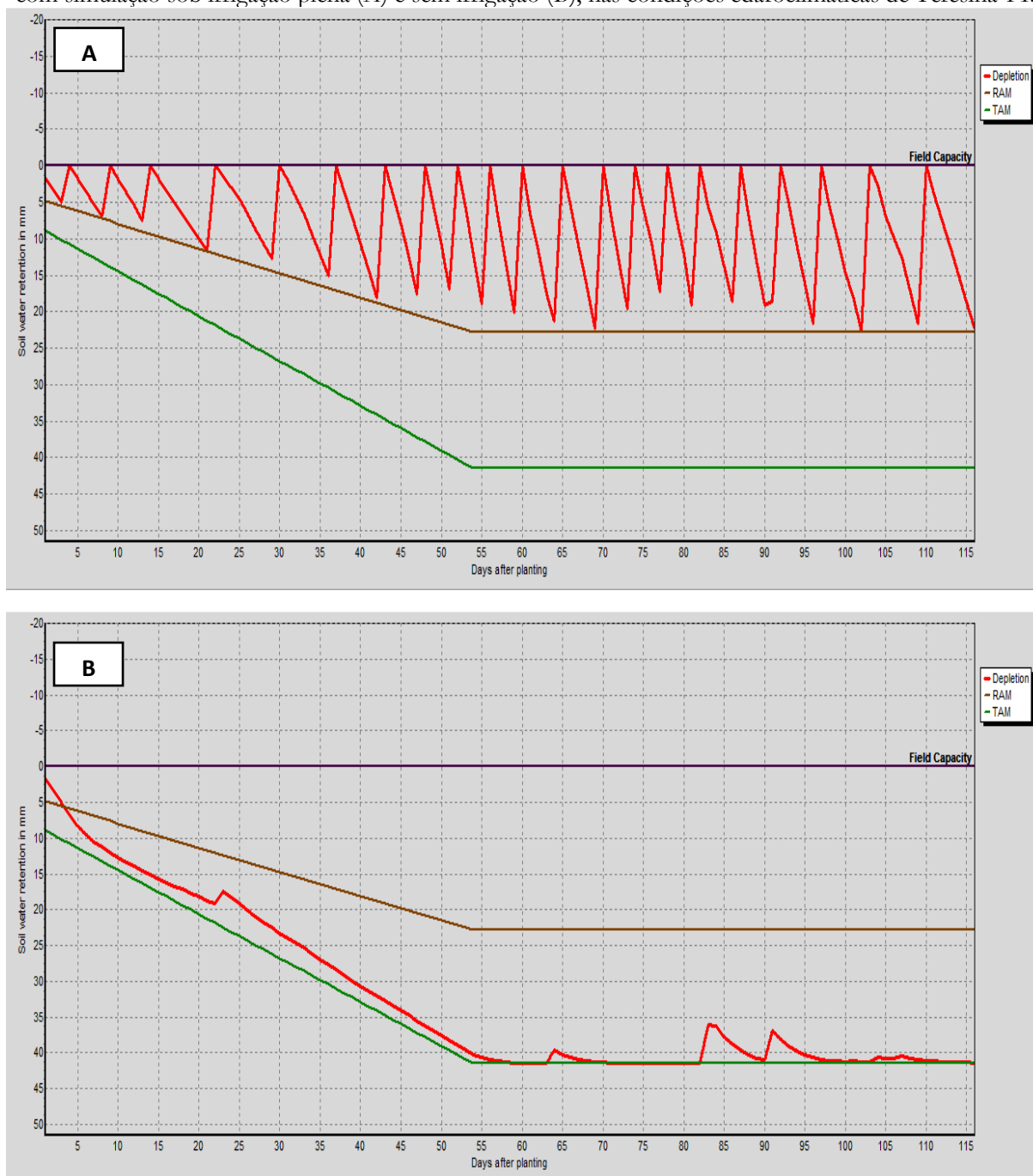


Fonte: Autores, 2025.

Para a última data de semeadura (05/08/2023), observa-se que a *Depletion* simulada sob irrigação plena e sem irrigação apresentou diferenças entre os cenários. Na simulação com irrigação plena, o teor de água no solo manteve-se entre os limites da RAM e CC) (Figura 5A). Em contrapartida, na simulação sem irrigação, a partir dos 4 DAP, verificou-se uma acentuada redução no teor de água no solo, com a linha de *Depletion* situando-se abaixo da RAM e TAM (Figura 5B). Essa condição inviabiliza a produção, pois as sementes não encontram disponibilidade hídrica suficiente para germinar, emergir e realizar os processos fisiológicos essenciais, como a fotossíntese, durante a fase inicial de crescimento.

Portanto, para a data de semeadura analisada, o cultivo sem irrigação não é recomendado. Como a data da semeadura simulada foi realizada no final da estação chuvosa, houve um aumento da ETc, totalizando 485.30 mm. No entanto, a precipitação efetiva foi insuficiente para atender a essa demanda, somando apenas 21.7 mm, dos quais apenas 2.5 mm ocorreram na fase inicial da cultura. Assim, a irrigação torna-se imprescindível para assegurar a viabilidade da produção.

Figura 5 - Armazenamento de água no solo (mm), correspondendo à data de semeadura em 05/08/2023, com simulação sob irrigação plena (A) e sem irrigação (B), nas condições edafoclimáticas de Teresina-PI.



Fonte: Autores, 2025.

De acordo com a simulação realizada pelo CROPWAT, a perda da produtividade potencial do milho ($12.500 \text{ kg ha}^{-1}$) sem irrigação foi de 100%, devido ocorrência do déficit hídrico na fase de floração ter excedido o limite máximo tolerado pela cultura, que é de 55% da capacidade de água disponível no solo (CAD), conforme Allen et al. (1998), tornando inviável a produção nesse cenário. Assim, a adoção do regime irrigado é essencial a partir dos 4 DAP, sendo necessárias uma

lâmina bruta de irrigação de 597,8 mm e uma lâmina líquida de 448,2 mm, com maior demanda durante a fase de floração considerada a mais sensível ao déficit hídrico. Dessa forma, a irrigação torna-se viável para garantir o aproveitamento do potencial produtivo da cultura nessa data de semeadura. A semeadura tardia, expõe a cultura a maiores riscos de déficit hídrico, comprometendo o crescimento, a produção e a produtividade, devido à redução no desempenho fisiológico e bioquímico das plantas provocada pelo déficit hídrico.

Os resultados do presente estudo indicam que a semeadura no início da estação chuvosa favorece a sincronização das fases críticas da cultura com a ocorrência de chuvas, reduzindo a dependência de irrigação e o risco de déficit hídrico. Em contrapartida, a semeadura tardia aumenta a dependência de irrigação, impactando negativamente a viabilidade econômica e ambiental da produção. Esses achados reforçam a necessidade de políticas públicas e estratégias de capacitação para que os produtores utilizem ferramentas como o CROPWAT no planejamento de suas atividades, aumentando a resiliência da agricultura frente às mudanças climáticas e à crescente pressão sobre os recursos hídricos. Além disso, os resultados corroboram estudos anteriores, como os de Pereira et al (2012), que destacam o planejamento da época de semeadura como estratégia de adaptação às variações climáticas em regiões semiáridas.

4 CONCLUSÃO

A semeadura simulada para o dia 25/02/2023, coincidente com o início da estação chuvosa, apresentou a maior eficiência no uso da água, garantindo a produtividade potencial do milho, estimada em 12.500 kg ha⁻¹, sem a necessidade de irrigação.

Sob irrigação plena, o cultivo de milho mantém sua produtividade potencial em todas as datas de semeadura simuladas, devido à reposição adequada de umidade ao longo do ciclo da cultura.

Na ausência de irrigação, especialmente em semeaduras mais tardias, observa-se perda parcial ou total da produtividade, devido à ocorrência de déficit hídrico ao longo do ciclo da cultura.

Recomenda-se a realização de novos estudos com séries temporais mais longas e sob diferentes condições climáticas, com o objetivo de validar e generalizar os resultados obtidos neste trabalho

Agradecimentos e financiamento

Agradecimentos são dirigidos aos Pesquisadores e Professores Aderson Soares de Andrade Júnior e Edson Alves Bastos, da Embrapa Meio-Norte, pelo fornecimento dos dados, no âmbito das atividades curriculares da disciplina Relação Solo-Água-Planta-Atmosfera.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 306 p. Irrigation and Drainage Paper, 56.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; DA SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N.; FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M. (2004). **Atlas climatológico do estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2004. 150 p. (Embrapa Meio Norte. Documentos, 101).
- ANDREA, M. C. D. S.; BOOTE, K. J.; SENTELHAS, P. C.; ROMANELLI, T. L. Variability and limitations of maize production in Brazil: Potential yield, water-limited yield and yield gaps. **Agricultural Systems**, v. 165, p. 264-273, 2018.
- BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de. **Boletim Agrometeorológico de 2007 para o município de Teresina, Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008. 37 p. (Documentos / Embrapa Meio-Norte, 181).
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: Editora UFV, 2013, 625p.
- EDVAN, R. L.; MOTA, R. R. M.; DIAS, S.T.P.; NASCIMENTO, R.R.; SOUSA, S. V.; SILVA, A.L; ARAÚJO, J. S. Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2020.
- FAO. **Cropwat 8.0 for windows user guide**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 2006.
- NDAYITTEGEYE, O., ONYANDO, J. O. OKWANY, R. O. KWACH, J. K. Evaluation of CROPWAT 8.0 model in predicting the yield of east. Africa highland banana under different sets of irrigation scheduling. **Fundamental and Applied Agriculture**, v. 5, n. 3, p. 344-352, 2020.
- OLIVEIRA, Z B; KNIES, A E; BOTTEGA, E L; SILVA, C M. Estimativa da demanda hídrica da soja utilizando modelo de balanço hídrico do solo e dados da previsão do tempo. **Irriga**, v. 25 n 3 p 492 507, 2020.
- PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. mproved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. **Agricultural water management**, v. 108, p. 39-51, 2012.
- ROJA, M.; NAVATHA, N.; DEVENDER, R.; DEEPTHI, C. Estimation of crop water requirement of groundnut crop using FAO CROPWAT 8.0 model. **Agro Econ. Int. J.**, v. 7, p. 35-40, 2020.

SAHA, S K; SINGH, S P; BISWAS, B; KINGRA, P. K. Comparative Assessment of Empirically Estimated Reference Evapotranspiration with CROPWAT 8.0 Outcome in Indian Punjab.

Journal of Agricultural Physics, v. 19, n. 2, p. 194-200, 2019.

SALES, R A DE; J M, L. E. C. DE O.; PINHEIRO; M. A. B. R. A. DE S. Estimativa das necessidades hídricas do milho cultivado nas condições edafoclimáticas de São Mateus-ES.

Journal of Chemical Information and Modeling, v. 53, n. 9, p. 1689-1699, 2016.

SANTOS, L.C. FIGUEIRÓ, L. S. ANDRADE, A. X. R., NETO, A. C. F. BONFÁ, C. S.

Estudo comparativo entre metodologias de estimativa da evapotranspiração de referência para localidades do Norte de Minas Gerais. **Irriga**, v. 1, n. 4, p. 714-721, 2021.

SILVA, M. V.; PANDORFI, H.; JARDIM, A. M. R. F.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.;

DIVINCULA, J. S.; GIONGO, P. R.; LOPES, P. M. O. Spatial modeling of rainfall patterns and groundwater on the coast of northeastern Brazil. **Urban Climate**, v. 38, p. 100-911, 2021.