



## **DEMANDA DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO DO MILHO SILAGEM NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Marcelo Rossi Vicente<sup>1</sup>, Patrícia de Oliveira e Lucas<sup>1</sup>, Caio Vinicius Leite<sup>2</sup>, Ronaldo  
Medeiros dos Santos<sup>1</sup>

**RESUMO:** Com o objetivo de estimar o consumo de água para a irrigação do milho silagem, escolheu-se três locais nas bacias hidrográficas dos rios Jequitinhonha, Mucuri e Doce no estado de Minas Gerais. Foi realizado o balanço hídrico, com simulações de irrigação, para a cultura do milho silagem em dez datas de plantio, sendo 6 para a primeira safra (01-set., 15-set., 10-out., 20-out., 01-nov. e 10-nov.) e 4 para a segunda safra (10-fev., 20-fev., 1-mar. e 10-mar.). Utilizou-se um banco de dados climáticos diários de 01/01/1990 à 30/06/2021 extraídos da Nasa/Power (*Prediction Of Worldwide Energy Resources*) do satélite Chirps (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations*). Os plantios de 1<sup>a</sup> safra proporcionaram a maior demanda de irrigação, com exceção do local estudado na bacia do Rio Jequitinhonha. Nas datas de plantio da 1<sup>a</sup> safra, observou-se uma maior variação entre as demandas máximas e mínimas de irrigação. No geral, o plantio do milho para a produção de silagem no início de setembro apresenta maior demanda de irrigação.

**PALAVRAS-CHAVE:** NASA/POWER, CHIRPS, evapotranspiração

### **IRRIGATION WATER DEMAND OF MAIZE CROP IN MINAS GERAIS STATE**

**ABSTRACT:** Aiming at estimating the water consumption for the irrigation of corn silage, three locations in the hydrographic basins of the Jequitinhonha, Mucuri and Doce rivers in the state of Minas Gerais were chosen, where the water balance, with irrigation simulations, was chosen to the cultivation of corn silage on ten planting dates, 6 for the 1st Crop (01-Sep., 15-Sep., 10-Oct., 20-Oct., 01-Nov. and 10-Nov.) and 4 for the second harvest (Feb 10, Feb 20, Mar 1 and Mar 10). We used a daily climate database from 01/01/1990 to 30/06/2021 extracted from NASA / Power (*Prediction Of Worldwide Energy Resources*) from the satellite Chirps (*Climate*

---

<sup>1</sup> Professores, IFNMG – campus Salinas, Fazenda Varginha, Rod. Salinas-Taíbeiras, Km 2, CEP 39560-000, Salinas, MG. Fone (38)3841-4000. e-mail: marcelo.vicente@ifnmg.edu.br

<sup>2</sup> Professor, IFB – campus Planaltina, Planaltina, DF

Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations). The 1st crop plantations provided the greatest demand for irrigation, except for the location studied in the Jequitinhonha River basin. On the planting dates of the 1st crop, there was a greater variation between the maximum and minimum irrigation demands. Overall, planting corn for silage production in early September has the greatest demand for irrigation.

**KEYWORDS:** NASA/POWER, CHIRPS, evapotranspiration

## INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada é altamente intensiva no uso dos recursos hídricos (RODRIGUES, 2017). No Brasil representa cerca de 70% da água consumida (ANA, 2021). Portanto, se faz necessário quantificar de forma adequada a demanda de água pelas culturas.

A falta de informações básicas sobre as necessidades de água das culturas em condições tropicais é uma das causas do uso ineficiente da água na agricultura e do manejo inadequado da irrigação (SILVA et al., 2019).

Para a quantificação do consumo da água das culturas, leva-se em conta o clima, os modelos de exploração pelo sistema radicular, crescimento e desenvolvimento das culturas, a disponibilidade de água, a fertilidade do solo, os métodos e as práticas de cultivo, além das irrigações. Como são difíceis e trabalhosos os procedimentos utilizados na avaliação direta do aproveitamento da água pelas culturas no campo, foram desenvolvidos diversos métodos para a estimativa das necessidades hídricas da cultura, com destaque ao método FAO 56 descrito por Allen et al. (1998).

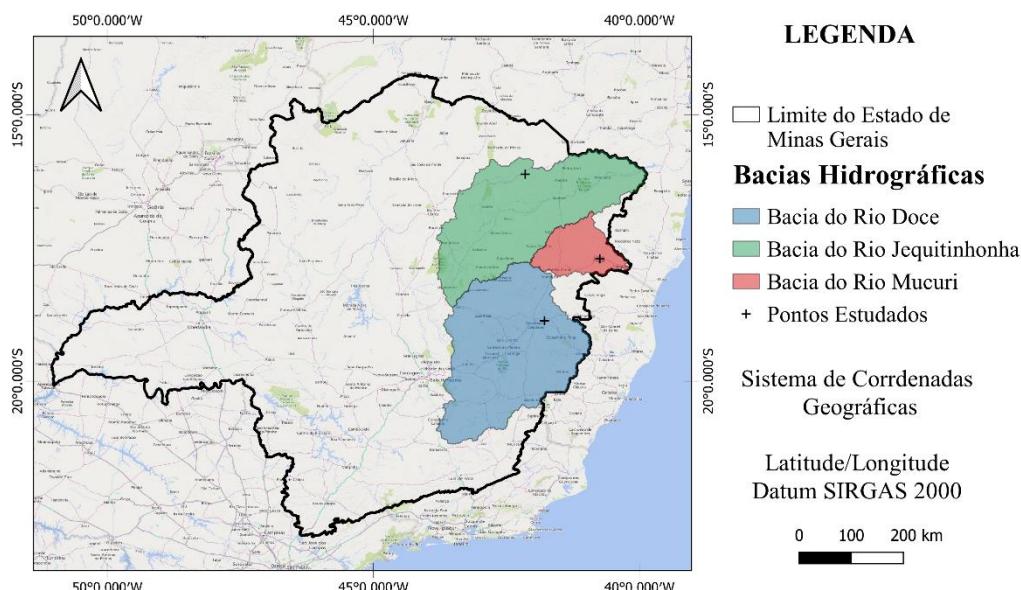
Pereira et al. (2020) elaborou uma revisão das abordagens da modelagem do balanço hídrico no solo para determinar a evapotranspiração da cultura, as demandas de irrigação pelas culturas e os turnos de rega seguindo o método FAO56 (ALLEN et al., 1998). O método FAO 56 é amplamente utilizado na determinação da evapotranspiração da cultura como o produto de um coeficiente de cultura ( $K_c$  único ou duplo) e a evapotranspiração de referência ( $ETo$ ) (DAROUICH et al., 2021).

Os parâmetros climáticos são essenciais na modelagem do balanço hídrico, sendo que nem sempre essas informações estão disponíveis com quantidade e qualidade suficientes para a realização de simulações. Na ausência de um banco de dados climáticos observados in loco, tem-se utilizado dados oriundos de interpolações ou estações meteorológicas virtuais. Um exemplo para o Brasil são os dados disponibilizados por Xavier et al. (2015).

Este estudo teve como objetivo estimar o consumo de água para a irrigação do milho para produção de silagem em três locais do estado de Minas Gerais.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização da pesquisa, escolheu-se 3 locais nas bacias hidrográficas dos rios Jequitinhonha (Lat. -16,1133°; Long.-42,1479°), Mucuri (Lat. -17,7031°; Long. 40,7472°) e Doce (Lat. -18,8633°; Long. -41,7855°) no estado de Minas Gerais (Figura 1). O clima dos três locais, segundo a classificação de Köppen, são classificados como Aw, considerado como clima tropical com estação seca de inverno (MARTINS et al., 2018).



**Figura 1.** Mapa de localização dos locais estudados.

Realizou-se o balanço hídrico com simulações de irrigação para a cultura do milho silagem em dez datas de plantio, sendo 6 para a 1<sup>a</sup> Safra (01-set., 15-set., 10-out., 20-out., 01-nov. e 10-nov.) e 4 para a segunda safra (10-fev., 20-fev., 1-mar. e 10-mar.). As datas foram estabelecidas de acordo com calendário proposto pela CONAB (2019). Realizou-se 30 simulações para cada data de plantio, correspondendo a cada ano do banco de dados.

As durações por estádio e por ciclo foram adaptadas de Albuquerque & Resende (2002), estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Duração dos estádios de desenvolvimento e do ciclo de cultivo em função das diferentes datas de plantio.

Data de Plantio	Duração por estádio (dias)				Duração do Ciclo (dias)
	I	II	III	IV	
1 <sup>a</sup> Safra 01-set., 15-set.; 10-out.; 20-out.; 01-nov.; 10-nov	20	34	40	6	100
2 <sup>a</sup> Safra 10-fev.; 20-fev. 01-mar.; 10-mar.	21	35	41	8	105
	24	39	46	11	120

Utilizou-se um banco de dados climáticos diários de 01/01/1990 à 30/06/2021. As variáveis climáticas utilizadas foram a temperatura máxima e mínima, radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento, extraídos do projeto POWER (*Prediction Of Worldwide Energy Resources*) da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). O projeto POWER utiliza dados das seguintes fontes da NASA: *World Climate Research Program* (WCRP), *Global Energy and Water Cycle Experiment* (GEWEX), *Surface Radiation Budget Project* (NASA GEWEX SRB) e do *Clouds and the Earth's Radiant Energy System* (CERES), além do *Global Modeling and Assimilation Office* (GMAO) do *Goddard Space Flight Center* (<https://power.larc.nasa.gov>) (AKRAM et al., 2022).

Já os dados de precipitação, foram obtidos do satélite Chirps (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations*). O *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations* (CHIRPS) é um conjunto de dados de precipitação desenvolvido pelo *United States Geological Survey* (USGS) e pelo *Climate Hazards Group at the University of California* (UCSB) (FUNK et al., 2015).

O balanço hídrico foi calculado baseando-se na metodologia proposta por Allen et al. (1998). Utilizou-se a equação de Penman-Monteith FAO (Allen et al., 1998) para a determinação da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) e da evapotranspiração da cultura ajustada às condições de cultivo ( $ETc_{aj}$ ), obtida pela Equação 1. Os valores de coeficiente da cultura ( $K_c$ ), bem como a metodologia de obtenção do valor de coeficiente de estresse hídrico ( $K_s$ ) foram extraídos de Allen et al. (1998).

$$ETc_{aj} = ET_0 \times K_c \times K_s \quad (1)$$

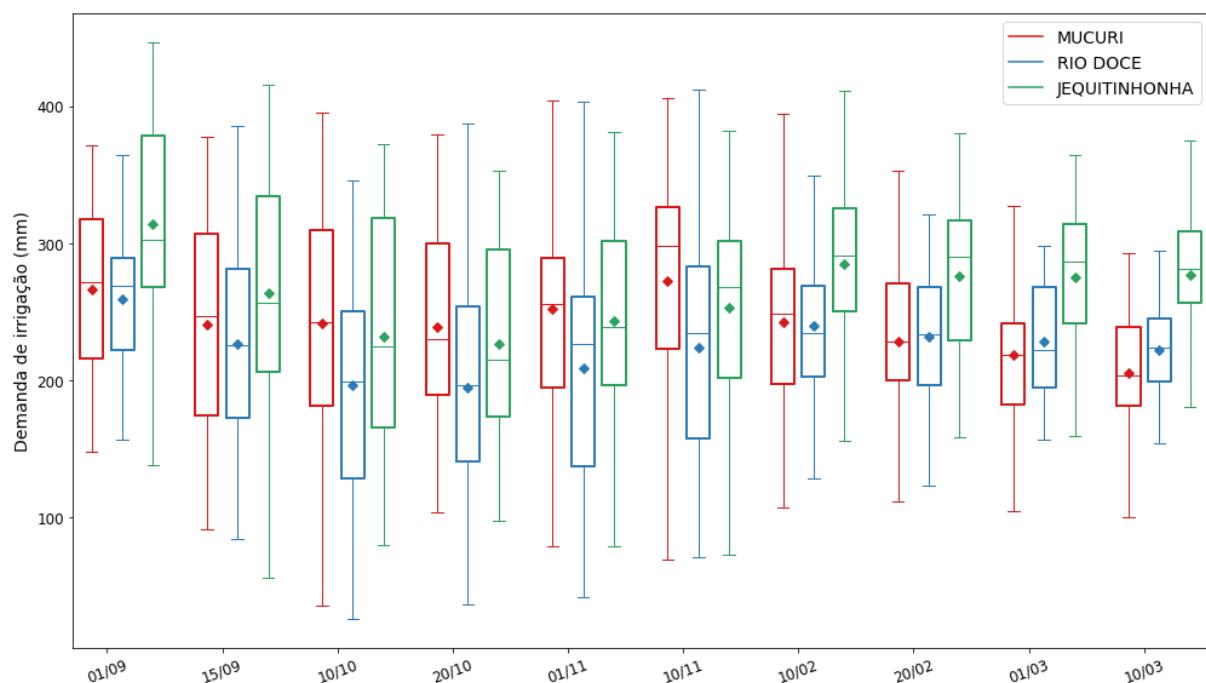
Em que:  $ETc_{aj}$  - evapotranspiração da cultura, em  $\text{mm dia}^{-1}$ ;  $ET_0$  – evapotranspiração de referência, em  $\text{mm dia}^{-1}$ ;  $K_c$  = coeficiente da cultura, adimensional;  $K_s$  = coeficiente de estresse hídrico, adimensional.

Para garantir a reproduzibilidade e continuidade desta pesquisa os códigos e simulações/experimentos estão disponíveis em: [https://github.com/Hidrovales/Balanco\\_Hidrico](https://github.com/Hidrovales/Balanco_Hidrico). Para as análises dos resultados dos 30 anos simulados, foi obtido um gráfico boxplot e determinou-se as frequências para as demandas de irrigação serem igualadas ou superadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 2, o boxplot das demandas de irrigação em função das diferentes datas de plantio para os três locais estudados. As datas de 1<sup>a</sup> safra obtiveram médias maiores de demanda de irrigação quando comparadas com as datas de 2<sup>a</sup> safra, com exceção do local estudado na bacia do Rio Jequitinhonha. As demandas médias das datas de 1<sup>a</sup> safra foram de 252, 218 e 255 mm, respectivamente para os locais das bacias dos Rios Mucuri, Doce e Jequitinhonha. Já para as datas de 2<sup>a</sup> safra, as demandas médias foram de 224, 231 e 278 mm, respectivamente para os locais das bacias dos Rios Mucuri, Doce e Jequitinhonha.

Para o local estudado na bacia do Rio Mucuri, as datas de plantio do milho silagem que apresentaram a maior e menor demanda média de irrigação (30 anos), foram: 10-nov. (272 mm) e 10-mar. (224 mm). No local presente na bacia do Rio Doce, a maior demanda média de irrigação foi encontrada para a data de plantio de 01-set (259 mm) e a menor em 20-out (195 mm), mesmas datas para o local estudado na bacia do Rio Jequitinhonha, onde observou-se 314 e 22 mm, respectivamente para a maior e menor demanda média.



**Figura 2.** BoxPlot da demanda de irrigação.

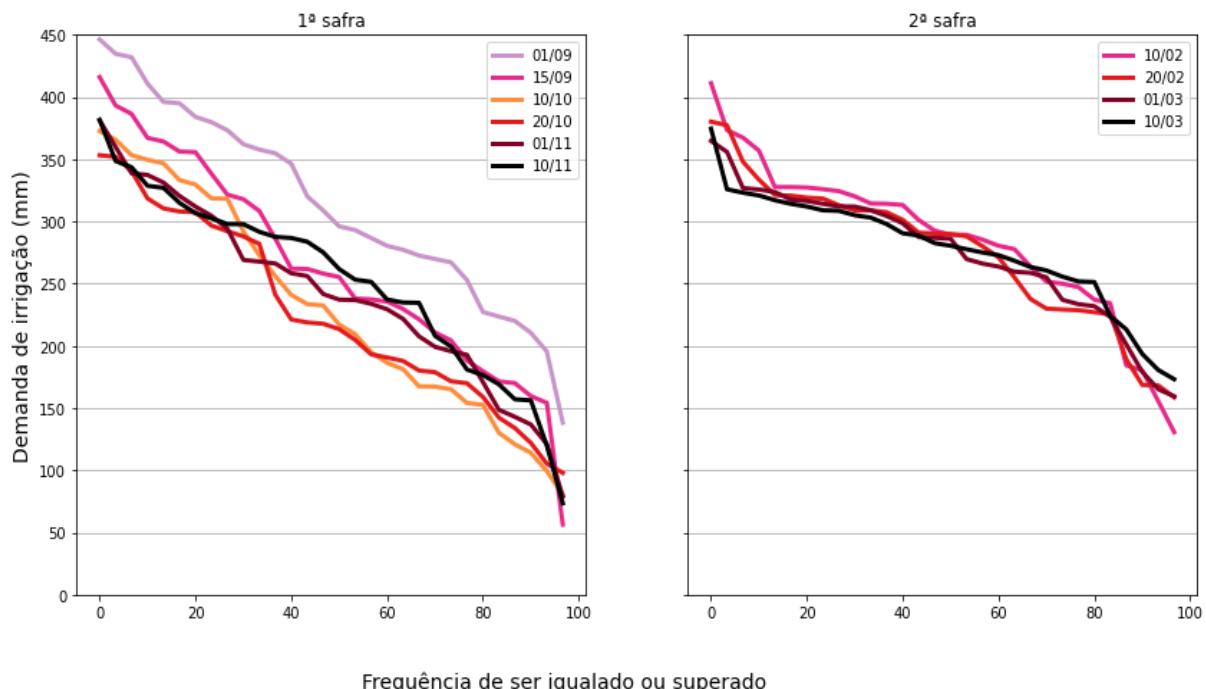
Para os três locais estudados, a maior variação entre as demandas máximas e mínimas foram observadas na 1<sup>a</sup> safra, em virtude da maior variação da precipitação no período compreendido de setembro a meados de fevereiro. As maiores variações foram observadas para as datas de plantio de 10-out. (mínima: 36 mm; máxima: 395 mm), 01-nov. (mínima: 42 mm;

máxima: 403 mm) e 15-set. (mínima: 56 mm; máxima: 416 mm) respectivamente, para os locais estudados nas bacias do Rios Mucuri, Doce e Jequitinhonha.

As variações das demandas de irrigação dentro de uma mesma data de plantio causam muita incerteza aos irrigantes, uma vez que dificultam o planejamento das irrigações, das estimativas de consumo de água e energia elétrica e do armazenamento de água em reservatórios, quando for o caso.

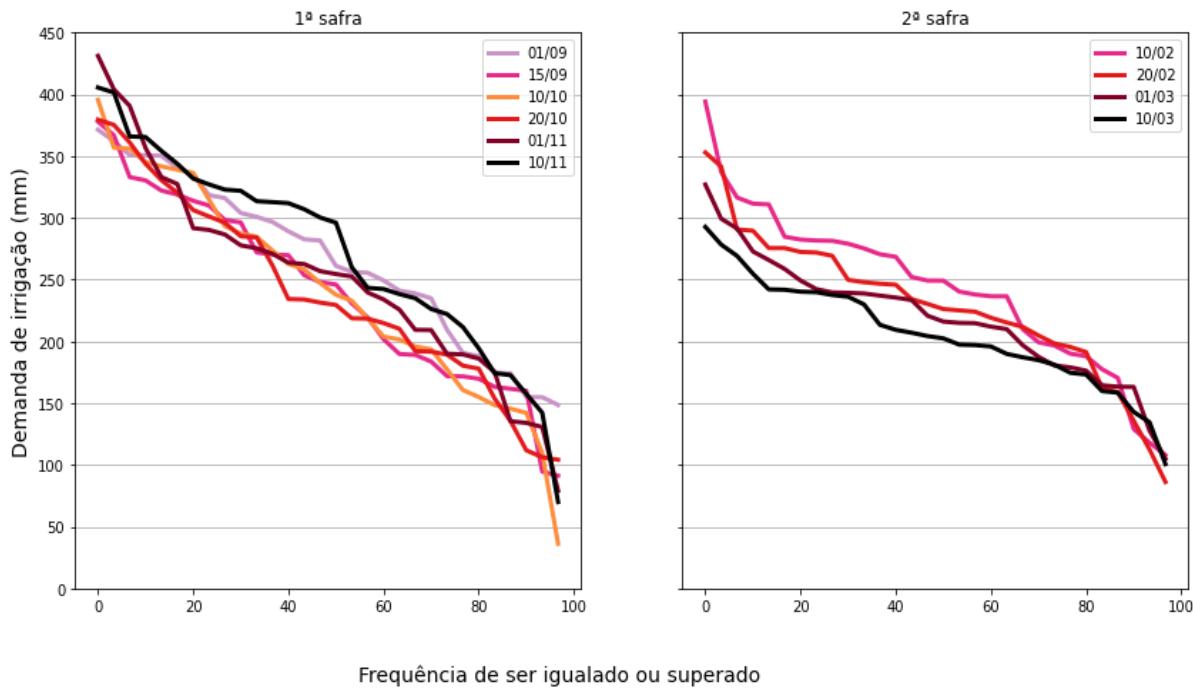
Observam-se nas Figuras 3, 4 e 5, em função das datas de plantio da 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup>, as frequências das demandas de irrigação serem igualadas ou superadas para os locais estudados, respectivamente, nas bacias dos rios Jequitinhonha, Mucuri e Doce.

No local estudado na bacia do Jequitinhonha (Figura 3), para a 1<sup>a</sup> safra, considerando 80% de probabilidade, ou seja, uma frequência de 20% da demanda de irrigação ser igualada ou superada, a maior demanda foi observada no plantio de 01-set (384 mm), sendo 77 mm superior à demanda do plantio em 20-out. (307 mm). Já para a 2<sup>a</sup> safra, a diferença foi de apenas 15 mm, com a maior demanda em 10-fev. (327 mm) e a menor demanda em 10-mar. (312 mm).

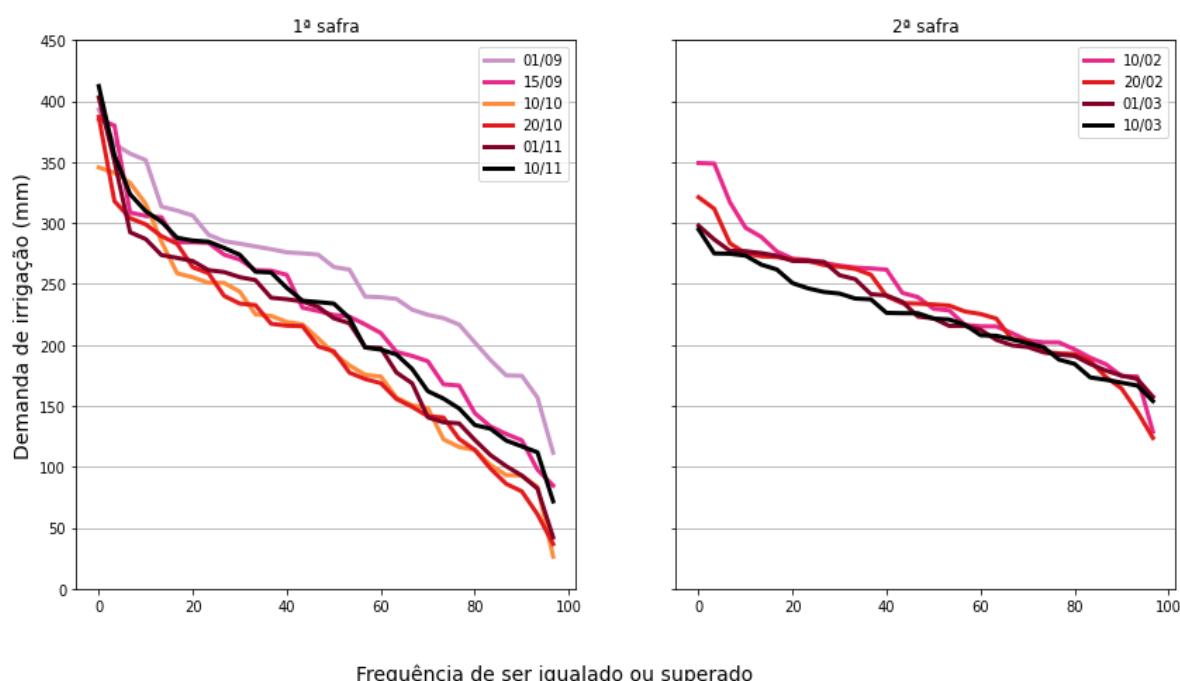


**Figura 3.** Frequência de ser igualado ou superado para o local na bacia do Rio Jequitinhonha.

Tratando-se da 1<sup>a</sup> Safra, para o local estudado na bacia do Rio Mucuri (Figura 4), ainda considerando 80% de probabilidade, as maiores demandas foram observadas nas datas de 10-out e 01-set., com 336 e 335 mm, respectivamente, sendo superiores em aproximadamente 44 mm à menor demanda de 292 mm (01-nov.). Já para a 2º safra a diferença foi de 42 mm, com a maior demanda em 10-fev. (282 mm) e a menor demanda em 10-mar. (240 mm).

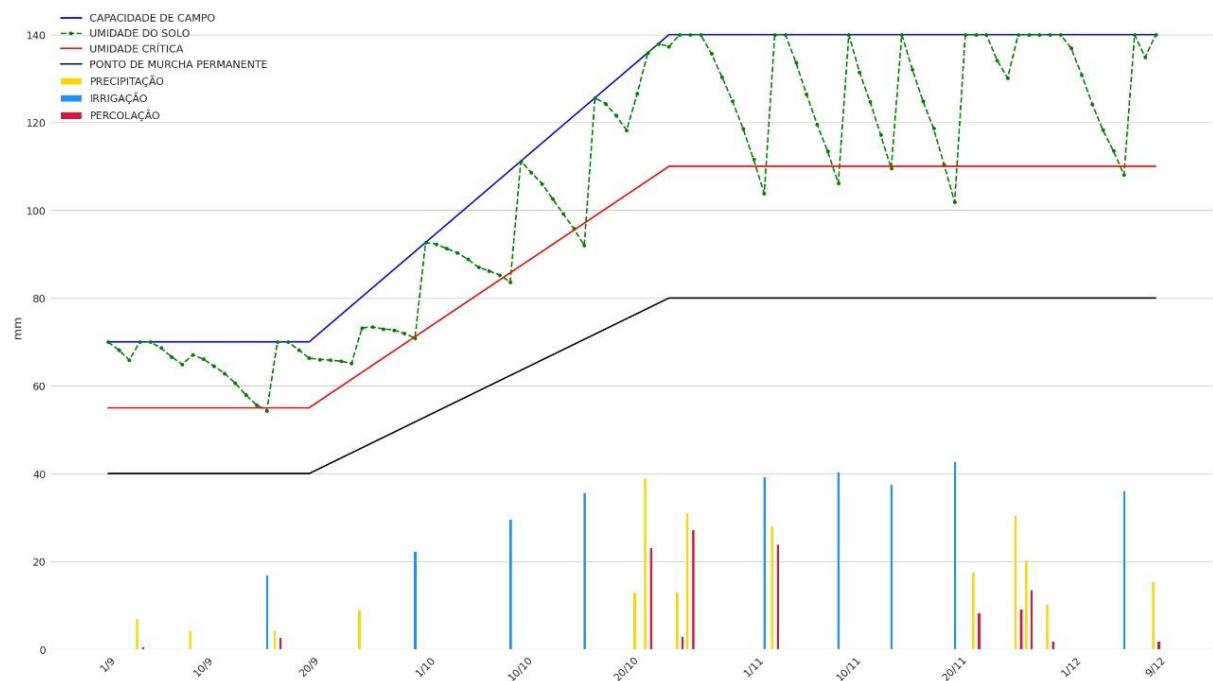


Para o local estudado na bacia do Rio Doce (Figura 5), ainda considerando 80% de probabilidade, assim como no local estudado na bacia do Jequitinhonha, também observou-se, para a 1ª safra, maior demanda em 01-set (306 mm) e menor demanda em 10-out (255 mm), perfazendo uma diferença de 51 mm. Assim como nos locais estudados nas bacias do Jequitinhonha e Mucuri, para a 2ª safra, a maior demanda foi observada no plantio realizado em 10-fev. e a menor em 10-mar., respectivamente com os valores de 271 e 251 mm (diferença de 20 mm).



Tratando-se de 2<sup>a</sup> safra, mesmo com o ciclo de cultivo do milho maior (120 dias), nas datas de plantio de março, a demanda de irrigação foi inferior, em virtude da redução da evapotranspiração de referência no outono.

Observa-se na Figura 6 o balanço de água no solo, em mm, com as informações de capacidade de campo, umidade do solo, umidade crítica, ponto de murcha permanente e percolação, além da precipitação e irrigação. A título de demonstração utilizou-se para a simulação a data de plantio de 01-set, ano de 1990, para o local na bacia do Rio Mucuri. Para esta data específica de plantio foram necessárias 9 irrigações perfazendo um total de aproximadamente 300 mm e um total precipitado de aproximadamente 243 mm. Nota-se que se estabeleceu como critério para as irrigações o momento que a umidade do solo atingisse a umidade crítica.



**Figura 6.** Simulação do balanço de água no solo para a data de plantio de 01-set, ano de 1990, para o local na bacia do Rio Mucuri.

## CONCLUSÕES

Com exceção do local estudado na bacia do Rio Jequitinhonha, os plantios de 1<sup>a</sup> safra proporcionaram a maior demanda de irrigação. Também se observou, nas datas de plantio da 1<sup>a</sup> safra, uma maior variação entre as demandas máximas e mínimas de irrigação. No geral, o plantio do milho para a produção de silagem no início de setembro apresenta maior demanda de irrigação, quando comparado com as outras datas de plantio.

## REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada.** Brasília: ANA, 2021, 66p.
- AKRAM, H.; LEVIA, D. F.; HERRICK, J. E.; LYDIASARI, H.; SCHÜTZE, N. Water requirements for oil palm grown on marginal lands: A simulation approach. **Agricultural Water Management**, v. 60, p. 107292, 2022.
- ALBUQUERQUE, P. E. A.; RESENDE, M. **Cultivo do milho: Manejo de Irrigação.** Comunicado Técnico, n. 17, 2002, 8p.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Calendário de Plantio e Colheita de Grãos no Brasil.** Brasília: CONAB, 2019, 73p.
- DAROUICH, H.: KARFOUL, R.; RAMOS, T. B.; MOUSTAFA, A.; SHAHEEN, B.; PEREIRA, L. S. Crop water requirements and crop coefficients for jute mallow (*Corchorus olitorius* L.) using the SIMDualKc model and assessing irrigation strategies for the Syrian Akkar region. **Agricultural Water Management**, v. 255, p. 107038, 2021.
- FUNK, C.; PETERSON, P.; LANDSFELD, M.; PEDREROS, D.; VERDIN, J.; SHUKLA, S.; HISAK, G.; ROWLAND, J.; HARRISON, L.; HOELL, A.; MICHAELSEN, J. The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. **Sci Data**, v. 2, p. 150066, 2015.
- MARTINS, F. B.; GONZAGA, G.; SANTOS, D. F. dos; REBOITA, M. S. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: cenário atual e projeções futuras. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, p. 129-156, 2018.
- PEREIRA, L. S.; PAREDES, P.; JOVANOVIC, N. Soil water balance models for determining crop water and irrigation requirements and irrigation scheduling focusing on the FAO56 method and the dual Kc approach. **Agricultural Water Management**, v. 241, p. 106357, 2020.
- SILVA, E. H. F. M.; GONÇALVES, A. O.; PEREIRA, R. A.; FATTORI JÚNIOR, I. M.; SOBENKO, L. R.; MARIN, F. R. Soybean irrigation requirements and canopy-atmosphere coupling in Southern Brazil. **Agricultural Water Management**, n. 218, p. 1–7, 2019.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p. 2644–2659, 2015.