

BIANCA BUENO NOGUEIRA

**PRODUÇÃO DA CALÊNDULA IRRIGADA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE
SEMEADURA E COBERTURAS DO SOLO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Catariny Cabral Aleman Pina

Coorientador: Wagner Luiz Araújo

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

N778p
2021

Nogueira, Bianca Bueno, 1995-
Produção da calêndula irrigada em diferentes épocas de
semeadura e coberturas do solo / Bianca Bueno Nogueira. –
Viçosa, MG, 2021.
67 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Catariny Cabral Aleman.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 56-64.

1. *Cobertura morta (Agricultura) Calendula officinalis L.*
2. Cobertura morta (Agricultura).
3. Irrigação. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 631.4

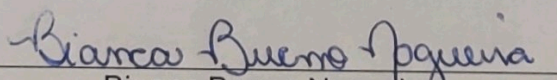
BIANCA BUENO NOGUEIRA

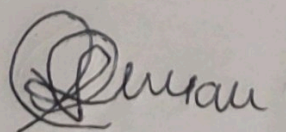
PRODUÇÃO DA CALÊNDULA IRRIGADA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE
SEMEADURA E COBERTURAS DO SOLO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 fevereiro de 2021.

Assentimento:


Bianca Bueno Nogueira
Autora



Catariny Cabral Aleman Pina
Orientadora

*Aos meus queridos pais, Cleide e Márcio,
por todo o apoio, carinho e suporte ao longo
da minha jornada,
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir evoluir e experienciar essa trajetória. À minha mãe, por ser minha fortaleza e maior incentivadora. Ao meu pai, por todo o suporte e apoio. À minha avó, por ser exemplo de perseverança e resiliência. Ao meu irmão, por me inspirar a ser exemplo. À minha família, por compreender que a minha ausência foi devido à um sonho, que, enfim, se tornou realidade.

À minha orientadora Catariny Cabral Aleman, por toda a paciência, incentivo, amizade e ensinamentos. Ao meu coorientador Wagner Luiz Araújo, por toda a disponibilidade e apoio. Ao professor Paulo Roberto Cecon, por todo o suporte, disponibilidade e paciência. Aos professores, os ensinamentos foram fundamentais para a realização desse trabalho.

À família de Viçosa, minha rede de apoio e amor, nunca imaginei viver tão feliz longe dos meus e transitar de forma tão leve por essa fase. À Gabriella Machado, por me lembrar o quanto eu sou capaz. À Marisa de Fátima, por ser minha mãezona. À Wiron Matos, por todo o amor, incentivo e parceria em todos os momentos, até naqueles em que achei ser impossível.

À família do coração, que mesmo longe fisicamente, se fizeram presente. À Carolina Nakatani, por se fazer presente mesmo do outro lado do oceano. À Andreza Marcelli, pela irmandade. Ao Wilson Zaneti, por compartilhar dos perrengues da vida acadêmica. Ao Luis Sanches, cujo incentivo e apoio foram fundamentais para a conclusão desse e de outros sonhos. Ao Erli Pinto, exemplo de profissional, que não mediu esforços para me ajudar nessa jornada.

Aos amigos que a UFV me presenteou, Júlia Governici, Joslanny Higino, Elis Marina, Matheus Caliman e Gustavo Silva. A vocês, muito obrigada por partilharem tantos momentos bons, embaixo de sol ou de chuva. Aos amigos da pós-graduação, Jesiele Divincula, Diego Bispo, Silas Alves, Adson Pereira, Antônio Magno, Igor Boninsenha, por toda a convivência e parceria.

Aos técnicos do Departamento de Engenharia Agrícola, José Antônio, Policarpo Silva e Francisco Charles, por todo o suporte.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo financiamento econômico, indispensável para o desenvolvimento da pesquisa. À Universidade Federal de Viçosa, por me permitir cursar uma pós-graduação de excelência.

Para as mulheres: *“Que nada nos defina, que nada nos sujeite. Que a liberdade seja a nossa própria substância”.*

(Simone de Beauvoir)

“Lembre-se que as pessoas podem tirar tudo de você, menos o seu conhecimento”.

(Albert Einstein)

RESUMO

NOGUEIRA, Bianca Bueno, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2021. **Produção da calêndula irrigada em diferentes épocas de semeadura e coberturas do solo**. Orientador: Catariny Cabral Aleman Pina. Coorientador: Wagner Luiz Araújo.

A calêndula é uma planta medicinal, originária da região do Mediterrâneo com aplicações na indústria farmacêutica, cosmética e alimentícia. O cultivo de plantas medicinais contribui para o desenvolvimento agrícola sustentável por meio da crescente demanda global por produtos orgânicos e fitoterápicos. A adoção de práticas de manejo de irrigação aliado a práticas de manejo de conservação do solo, como o uso de cobertura orgânica morta, pode ser uma alternativa que favorece a retenção de água no solo e reduz o componente evaporação do balanço hídrico, contribuindo para a economia de água. Além do manejo da água e do solo, a definição da data de semeadura é importante para contribuir com a maximização do potencial produtivo, sem que haja aumento nos custos de produção. Com isso, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de épocas de semeadura e uso de cobertura orgânica morta do solo sobre os aspectos agronômicos e a produtividade da água no cultivo da calêndula irrigada. O experimento foi conduzido em esquema fatorial triplo 2x5x2, e os tratamentos consistiram em duas épocas de semeadura: época I – outono/inverno e época II – primavera/verão; aplicação de cinco lâminas de irrigação: L0 – 0%, L25 – 25%, L50 – 50%, L75 – 75% e L100 – 100%; e duas coberturas do solo: C1 – sem cobertura e C2 – cobertura orgânica morta, no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, na Área Experimental de Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. O manejo da irrigação foi realizado por tensiometria, com sistema por gotejamento. Foram avaliadas a altura, diâmetro do caule, massa fresca e seca da parte aérea, índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), índice SPAD, massa fresca e seca e produção de capítulos florais e a eficiência do uso da água. Os dados foram submetidos à análise de variância. O fator qualitativo foi submetido ao teste de comparação de médias Tukey, à 5% de probabilidade e o fator quantitativo à regressão. O uso de cobertura morta do solo, proporcionou efeitos positivos no cultivo orgânico da calêndula. Essa prática cultural propiciou, em conjunto ao cultivo no outono/inverno, para as condições edafoclimáticas da cidade de Viçosa - MG,

aumentos significativos em parâmetros de crescimento, produtividade da cultura e do uso da água. O déficit hídrico não foi suficiente para ocasionar prejuízos produtivos. O destaque foi para plantas não irrigadas e submetidas a 25% da lâmina de irrigação que apresentaram os maiores valores para os parâmetros analisados. A época de cultivo na primavera/verão apresentou baixa produção de capítulos florais, independente do uso de cobertura do solo. Para o cultivo no outono/inverno, na cidade de Viçosa – MG, indica-se o uso de cobertura de solo e o cultivo em sequeiro, utilizando a irrigação apenas em casos críticos, visto que as precipitações no período foram suficientes para o desenvolvimento da calêndula.

Palavras-chave: *Calendula officinalis* L. Irrigação. Cobertura do solo. Produtividade da água.

ABSTRACT

NOGUEIRA, Bianca Bueno, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2021.
Production of irrigated marigold at different sowing times and ground cover.
Adviser: Catariny Cabral Aleman Pina. Co-adviser: Wagner Luiz Araújo.

Calendula is a medicinal plant, originating in the Mediterranean region with applications in the pharmaceutical, cosmetic and food industries. The cultivation of medicinal plants contributes to sustainable agricultural development through the growing global demand for organic and phytotherapeutic products. The adoption of irrigation management practices combined with soil conservation management practices, such as the use of dead organic cover, can be an alternative that favors soil water retention and reduces the evaporation component of the water balance, contributing to water savings. In addition to water and soil management, the definition of the sowing date is important to contribute to the maximization of productive potential, without increasing production costs. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of sowing times and use of dead organic soil cover on agronomic aspects and water productivity in irrigated calendula cultivation. The experiment was conducted in a 2x5x2 triple factorial scheme, and the treatments consisted of two sowing seasons: season I - autumn/winter and season II - spring/summer; application of five irrigation depths: L0 - 0%, L25 - 25%, L50 - 50%, L75 - 75% and L100 - 100%; and two soil cover: C1 - without cover and C2 - dead organic cover, in a randomized block design with four replications, in the Experimental Area of Irrigation and Drainage of the Department of Agricultural Engineering of the Federal University of Viçosa. Irrigation management was performed by tensiometry, with drip system. Height, stem diameter, fresh and dry shoot mass, normalized difference vegetation index (NDVI), SPAD index, fresh and dry mass and production of floral chapters and water use efficiency were evaluated. The data were submitted to variance analysis. The qualitative factor was submitted to the Tukey mean comparison test, at 5% probability and the quantitative factor to regression. The use of dead soil cover provided positive effects on the organic cultivation of calendula. This cultural practice provided, together with the cultivation in autumn/winter, for the edaphoclimatic conditions of the city of Viçosa - MG, significant increases in growth parameters, crop productivity and water use. The water deficit was not sufficient to cause productive losses. The highlight was non-irrigated plants submitted to 25% of the irrigation depth, which presented the

highest values for the analyzed parameters. The growing season in spring/summer showed low production of floral chapters, regardless of the use of soil cover. For the cultivation in autumn/winter, in the city of Viçosa - MG, it is indicated the use of soil cover and cultivation in dryland, using irrigation only in critical cases, since the precipitations in the period were sufficient for the development of calendula.

Keywords: *Calendula officinalis* L. Irrigation. Mulching. Water productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Curva de retenção da água no solo.....	20
Figura 2 – Produção de mudas de calêndula: (A) disposição das sementes de calêndula e (B) preenchimento das bandejas de poliestireno com substrato.....	21
Figura 3 – Desbaste de mudas de calêndula: (A) mudas de calêndula antes do desbaste e (B) durante o desbaste.	22
Figura 4 – Área experimental: (A) mudas transplantadas e (B) imagem aproximada das mudas transplantadas em canteiro com espaçamento de 0,3 m x 0,3 m.....	22
Figura 5 – Cobertura do solo: (A) parcela experimental com cobertura de solo e (B) processo de cobertura do solo.	23
Figura 6 – Tensiômetros instalados nas parcelas experimentais no cultivo da calêndula em Viçosa - MG (DEA/UFV).	25
Figura 7 – Capítulos florais de calêndula provenientes do cultivo na área experimental em Viçosa – MG (DEA/UFV).	27
Figura 8 – Fases de desenvolvimento da calêndula: (A) fase vegetativa; (B) início do florescimento; (C) florescimento; e (D) início da senescência de plantas de calêndula provenientes do cultivo na área experimental em Viçosa – MG (DEA/UFV).....	27
Figura 9 – Colheita e análises de parâmetros morfofisiológicos: (A) organização por tratamento das plantas analisadas; (B) altura de planta; (C) diâmetro do caule; e (D) pesagem da massa fresca de plantas de calêndula provenientes do cultivo na área experimental em Viçosa – MG (DEA/UFV).	28
Figura 10 – Temperatura máxima (Tmax), média (Tmed) e mínima (Tmin), em °C, para o período de cultivo da calêndula referente às épocas de semeadura de 05/02/2020 (A) e 08/07/2020 (B) para a cidade de Viçosa - MG, Brasil.....	29
Figura 11 – Precipitação (P), em mm, e Umidade relativa do ar (UR), em %, para o período de cultivo da calêndula referente aos ciclos de 05/02/2020 (A) e 08/07/2020 (B) para a cidade de Viçosa - MG, Brasil.	30
Figura 12 – Balanço hídrico climatológico sequencial em decênios para (A) época de semeadura I: no período de fevereiro a junho, e (B) época de semeadura II: no período de julho a novembro de 2020.....	31
Figura 13 – Estimativa da altura de planta, em cm, de calêndulas em função da lâmina de irrigação para as épocas de cultivo.....	36
Figura 14 – Estimativa da massa fresca da parte aérea, em g planta ⁻¹ , de calêndulas em função da lâmina de irrigação.	39
Figura 15 – Estimativa do Índice SPAD na fase vegetativa de calêndulas para as respectivas combinações de épocas de semeadura e coberturas do solo em função	

da lâmina de irrigação (E1C1 – época I sem cobertura do solo; E1C2 – época I com cobertura do solo; E1I1 – época II sem cobertura do solo; e E1I2 – época II com cobertura do solo).42

Figura 16 – Estimativa do Índice NDVI na fase vegetativa de calêndulas para as respectivas épocas de semeadura em função da lâmina de irrigação.....45

Figura 17 – Estimativa do índice NDVI na fase de florescimento de calêndulas para as respectivas épocas de semeadura em função da lâmina de irrigação.47

Figura 18 – Estimativa do índice NDVI na fase de florescimento de calêndulas para as respectivas épocas de semeadura em função da lâmina de irrigação.48

Figura 19 – Estimativa do número de capítulos florais planta⁻¹ de calêndulas em função da lâmina de irrigação.49

Figura 20 – Estimativa da produtividade da água (W) do cultivo de calêndulas, em kg mm⁻¹, para as respectivas épocas de semeadura em função da lâmina de irrigação.....54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise química e física do solo.	19
Tabela 2 – Valores de lâmina de estabelecimento (Lest), lâmina aplicada na irrigação (Li), precipitação efetiva (Pef) e lâmina total (Lt) aplicados em plantas de calêndulas para épocas de semeadura e coberturas do solo (sem cobertura – C1 e com cobertura orgânica morta do solo – C2) submetidas ao manejo da irrigação (L0 – 0%, L25 – 25%, L50 – 50%, L75 – 75% e L100 – 100% da lâmina de irrigação requerida).	32
Tabela 3 – Valores médios de altura, em cm, de calêndulas submetidas às épocas de semeadura e coberturas do solo.	34
Tabela 4 – Valores médios de altura, em cm, de calêndulas submetidas às épocas de semeadura e lâminas de irrigação.	36
Tabela 5 – Valores médios de diâmetro de caule, em mm, de calêndulas sob o uso de coberturas de solo.	37
Tabela 6 – Valores médios de massa fresca da parte aérea, em g planta ⁻¹ , de calêndula submetida a épocas de semeadura e coberturas do solo.	38
Tabela 7 – Valores médios de massa seca da parte aérea, em g planta ⁻¹ , de calêndulas submetidas a épocas de semeadura e coberturas do solo.	39
Tabela 8 – Valores médios de massa seca da parte aérea, em g planta ⁻¹ , de calêndulas, submetidas às coberturas do solo e lâminas de irrigação.	40
Tabela 9 – Valores médios de clorofila total por meio do índice SPAD para as fases vegetativa (CLAV) e de florescimento (CLAF) para as respectivas combinações de épocas de semeadura, lâminas de irrigação e coberturas do solo.	41
Tabela 10 – Valores médios de índice SPAD na fase de florescimento de calêndulas submetidas a épocas de semeadura e coberturas do solo.	43
Tabela 11 – Valores médios de NDVI na fase vegetativa de calêndulas submetidas às épocas de semeadura e lâminas de irrigação.	44
Tabela 12 – Valores médios de NDVI na fase de florescimento de calêndulas submetidas a épocas de semeadura e coberturas do solo.	46
Tabela 13 – Valores médios de NDVI na fase de florescimento de calêndulas submetidas às épocas de semeadura e lâminas de irrigação.	46
Tabela 14 – Valores médios de NDVI na fase de florescimento de calêndulas submetidas às coberturas do solo e lâminas de irrigação.	47
Tabela 15 – Valores médios de número de capítulos florais planta ⁻¹ de calêndulas sob o uso de coberturas de solo.	49

Tabela 16 – Valores médios de massa fresca de capítulos florais, em g planta⁻¹, de calêndulas submetidas a épocas de semeadura e coberturas do solo.50

Tabela 17 – Valores médios de massa fresca de capítulos florais, em g planta⁻¹, de calêndulas submetidas às épocas de semeadura e lâminas de irrigação.....50

Tabela 18 – Valores médios de massa seca de capítulos florais, em g planta⁻¹, de calêndulas submetidas a épocas de semeadura e coberturas do solo.51

Tabela 19 – Valores médios de massa seca de capítulos florais, em g planta⁻¹, de calêndulas submetidas às épocas de semeadura e lâminas de irrigação.....51

Tabela 20 – Valores médios de produtividade da água, em kg mm⁻¹, do cultivo de calêndulas submetidas às épocas de semeadura e coberturas do solo.53

Tabela 21 – Valores médios de produtividade da água, em kg mm⁻¹, do cultivo de calêndulas submetidas às épocas de semeadura e lâminas de irrigação.....53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 MATERIAL E MÉTODOS	19
2.1 Localização e caracterização da área experimental	19
2.2 Delineamento experimental.....	19
2.3 Caracterização físico-química e hídrica do solo.....	19
2.4 Clima e balanço hídrico.....	21
2.5 Plantio	21
2.6 Cobertura do solo.....	22
2.7 Manejo da irrigação.....	23
2.8 Parâmetros morfofisiológicos e de produção	25
2.8.1 Altura de planta.....	25
2.8.2 Diâmetro do caule.....	25
2.8.3 Massa fresca e seca da parte aérea.....	26
2.8.4 Teor relativo de clorofila.....	26
2.8.5 NDVI	26
2.8.6 Produção de capítulos florais e massa seca de capítulos florais.....	26
2.8.7 Produtividade da água	26
2.9 Análise estatística	28
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
3.1 Caracterização climática	29
3.3 Parâmetros morfofisiológicos	34
3.3.1 Altura de planta.....	34
3.3.2 Diâmetro do caule.....	37
3.3.3 Massa fresca e seca da parte aérea.....	37
3.3.4 Índice SPAD	40
3.3.5 Índice de vegetação por diferença Normalizada (NDVI)	44
3.3.6 Número, massa fresca e seca de capítulos florais.....	48
3.3.7 Produtividade da água	52
4 CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS.....	58
APÊNDICE A – Resumo da análise de variância.....	67

1 INTRODUÇÃO

A calêndula (*Calendula officinalis* L.) é uma planta medicinal pertencente à família Asteraceae. Herbácea anual de rápido crescimento, possui flores amarelas e laranjas, fácil germinação e é amplamente cultivada para fins ornamentais, medicinais e cosméticos. É originária da região do Mar Mediterrâneo e, atualmente, devido a sua disseminação, é cultivada em diversos locais, incluindo o Brasil (BERIMAVANDI et al., 2011; EFSTRATIOU et al., 2012; MISHRA et al., 2018).

As plantas medicinais são uma fonte variada de antioxidantes naturais podendo ser utilizadas para o tratamento de doenças. Algumas dessas propriedades são antimicrobianas, anticancerígenas, antidiabéticas, contra arteriosclerose, entre outras (RAFIEIAN-KOPAEI, 2012; KODIYAN; AMBER, 2015). A ANVISA (2016) autoriza o uso das flores da calêndula para fins medicamentosos, sendo o seu uso externo indicado como anti-inflamatório, cicatrizante e antisséptico e para o tratamento de lesões da pele e mucosas, auxiliador do processo de cicatrização e modulador de possíveis focos inflamatórios. De acordo com a Farmacopéia Brasileira (2019), suas formas farmacêuticas são: infusão, tintura, extrato fluido, gel, creme e pomadas. Os principais constituintes químicos ativos da calêndula são carotenoides, triterpenos, esteroides, saponinas, ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas e lipídeos (ASHWLAYAN et al., 2018; ZARRINABADI et al., 2019).

Na área medicinal, a calêndula é utilizada no tratamento de diversas enfermidades, com ação antimicrobiana (FATIMA et al., 2018; SAHINGIL, 2019), anti-inflamatória (ALEXANDRE et al., 2018; TANIDEH et al., 2020; VILLANUEVA-BERMEJO et al., 2019), antitumoral (CRUCERIU; BALACESCU; RAKOSY, 2018; MOUHID et al., 2018), antibactericida (CHALESHTORI; KACHOIE; PIRBALOUTI, 2016; VARGAS-SEGURA et al., 2018), antifúngica (ALI; ABD EL-MOATY, 2017; PAZHOHIDEH et al., 2018; SAFFARI et al., 2017), analgésica (ELZORBA, 2016; LAMPONI et al., 2019) e cicatrizante (BUZZI; FREITAS; WINTER, 2016; DINDA et al., 2016; GIVOL et al., 2019; NICOLAUS et al., 2017).

O mercado de fitoterápicos está em constante evolução. No Brasil, é expressivo o crescimento do número de programas de fitoterapia desde 2006, ano de lançamento da Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Isso vem contribuindo para a expansão e interesse no setor de plantas medicinais, condimentares e aromáticas, com destaque para a região Sul e Sudeste (RIBEIRO, 2019).

O mercado de plantas medicinais no Brasil está concentrado em algumas regiões. O Paraná é o maior produtor de plantas medicinais, aromáticas e condimentares do Brasil, seguido por Rio Grande do Sul e São Paulo. A sua produção corresponde a, aproximadamente, 90% da produção nacional. A necessidade de busca por mercados externos a Minas Gerais e a dependência de empresas de Paraná e São Paulo, dificultam a expansão da cadeia produtiva de plantas medicinais no Estado (SOUZA; PEREIRA; FONSECA, 2012).

O Estado de Minas Gerais, iniciou em 2010, o Programa de Plantas Medicinais e Fitoterápicos na Atenção Primária à Saúde do Estado de Minas Gerais (Componente Verde da Rede de Farmácia de Minas), que possibilitou o acesso de usuários do SUS a produtos advindos de plantas medicinais. Esse projeto incentivou a implantação de novos programas, desenvolvendo a cadeia produtiva de plantas medicinais e fitoterápicos, com geração de emprego e renda (AGÊNCIA MINAS, 2019). Em extensão, a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais é precursora de pesquisas voltadas a cadeia produtiva de plantas medicinais, e contempla testes de avaliação de genótipos, adubação, irrigação, espaçamento entre plantas, época de colheita e temperaturas de armazenamento e secagem (EPAMIG, 2021; SEAPA, 2020). No entanto, em Minas Gerais, ainda há necessidade de estimular o cultivo e a produção sustentável, com foco na obtenção de matérias-primas vegetais de qualidade e abertura do mercado para o setor medicinal.

O desenvolvimento das culturas e o seu potencial produtivo é resultado de fatores genéticos, ambientais e de suas interações. Identificá-los pode possibilitar melhorias nas técnicas de produção e favorecer positivamente o aumento da produtividade (MIRZAEI et al., 2016). Em áreas agrícolas, é fundamental identificar a interação da planta e do ambiente para que seja possível extrair o máximo potencial produtivo, em conjunto ao uso sustentável dos recursos disponíveis. A deficiência hídrica, variações de temperatura e baixa radiação solar, são fatores responsáveis por perdas de produtividade e qualidade que podem ser ajustados por meio da escolha da época de semeadura (GESCH, 2013). A deficiência hídrica pode ser corrigida pelo uso adequado de técnicas de irrigação, e possibilita o aumento do número de ciclos de cultivo.

A crescente escassez de recursos hídricos, em âmbito mundial, torna o desenvolvimento de práticas eficiente de irrigação um desafio para a agricultura. A compreensão da resposta das plantas à disponibilidade reduzida de água é essencial

para melhorar a eficiência do uso de água (BOYLE; MCAINSH; DODD, 2016; LAWSON; VIALET-CHABRAND, 2019).

Práticas de irrigação mais eficientes podem reduzir o volume de água aplicada aos campos agrícolas, de 30 a 70%, e aumentar o rendimento das culturas, de 20 a 90%. Para o aumento da eficiência do uso da água na agricultura, o gerenciamento da irrigação deve ser otimizado para evitar desperdícios e alcançar o máximo potencial de rendimento da cultura (SACCON, 2018). O uso de irrigação com déficit controlado pode ser uma alternativa para otimizar o uso eficiente da água nos cultivos agrícolas.

Para mitigar os problemas relacionados ao uso da água, são buscadas estratégias visando a economia desse recurso a curto e longo prazo. Com isso, são implementadas algumas estratégias de cultivo e conservação da água e do solo, como o uso da irrigação de precisão (CHEN; ORLOV-LEVIN; MERON, 2019; MÉRIDA GARCÍA et al., 2018; ZHUANG et al., 2019); uso de espécies de plantas nativas e tolerantes à seca (PARK et al., 2018; RUPP et al., 2018); identificação das necessidades hídricas das plantas em diferentes estádios de desenvolvimento fenológico (MASONDO et al., 2019; SHAREEF et al., 2018), estratégias de aplicação de irrigação por déficit (WANG et al., 2018; GHOLAMI; ZAHEDI, 2019; KIRNAK; IRIK; UNLUKARA, 2019); e o uso de cobertura do solo (KADER et al., 2019; LAHMOD et al., 2019; SHENG; ABUDU; GANJEGUNTE, 2019).

A adoção de práticas de manejo de irrigação contribui para a economia de água a partir da determinação da lâmina de irrigação correspondente a demanda hídrica da cultura. Fatores como as características edafoclimáticas, tipo de cultura e sistema de irrigação são fundamentais para o sucesso da agricultura irrigada (GALIOTO et al., 2020). Aliado ao uso da irrigação, o manejo de conservação do solo com uso de cobertura orgânica morta pode ser uma alternativa que favorece a retenção de água no solo e reduz o componente evaporação do balanço hídrico, propiciando a aplicação de menores lâminas de água para atingir o potencial produtivo requerido (FRYE et al., 1988; LIN; LIU; XUE, 2016; YU et al., 2018).

O uso de cobertura morta do solo é uma técnica agrícola utilizada para conservação da água e do solo. Essa técnica propicia a manutenção da umidade do solo e a diminuição da sua temperatura, além de reduzir os efeitos das perdas hídricas por evaporação, acarretando a diminuição dos efeitos do déficit hídrico (BERÇA; MENDONÇA; SOUZA, 2019). Além disso, o uso de cobertura morta e seus inúmeros efeitos no solo propiciam melhorias físicas, na qualidade do solo; químicas, na

ciclagem de nutrientes; e biológicas, ao atuar na regulação de pragas, além de controlar as variações de temperatura no solo (SILVA; MOORE, 2017). Além disso, pode ser fonte de nutrientes para o solo favorecendo o crescimento e desenvolvimento de plantas e, conseqüentemente, aumentando a produtividade (SILVA et al., 2018).

Além do manejo da água e do solo, a definição da data de semeadura é importante para contribuir com a maximização do potencial produtivo, sem que haja aumento nos custos de produção. Assim, as condições meteorológicas mais favoráveis devem coincidir com as necessidades das plantas em seus estádios de desenvolvimento.

A produção agrícola está sujeita a restrições decorrente de variações edafoclimáticas e, portanto, as propriedades medicinais podem ser alteradas devido a fatores como época do ano e local de cultivo; e o uso de irrigação suplementar e técnicas como o uso de cobertura do solo podem minimizar os efeitos negativos causados por condições adversas (EBERLE et al., 2014; SOUZA; PEREIRA; FONSECA, 2012). Ademais, as plantas medicinais possuem um alto valor agregado e o interesse econômico por parte da indústria vem aumentando, e com isso, o aumento da produtividade se torna um desafio. A produção e as práticas de manejo para o cultivo de calêndula não foram totalmente descritas para a região da Zona da Mata Mineira. Assim, o desenvolvimento de melhores práticas de gestão para a produção dessa cultura é primordial para otimizar o rendimento e o lucro dos produtores.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de épocas de semeadura e uso de cobertura orgânica morta do solo sobre os aspectos agrônômicos e a produtividade da água no cultivo da calêndula irrigada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi instalado e conduzido em campo na Área Experimental de Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa - MG (20°45'14" latitude; 12°51'54" longitude) a 649 m acima do nível do mar. O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho-amarelo distrófico (FEAM et al., 2010). O clima é caracterizado como subtropical úmido (Cwa) com verões quentes e úmidos e inverno seco, segundo a escala de Köppen e Geiger (1928).

2.2 Delineamento experimental

Os experimentos foram conduzidos em um esquema fatorial triplo 2x5x2 no delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. O fator A foi constituído por épocas de semeadura (05 de fevereiro de 2020 – época I (outono/inverno) e 06 de julho de 2020 – Época II (primavera/verão)), o fator B por níveis de reposição de água no solo (0% - L0, 25% - L25, 50% - L50, 75% - L75 e 100% - L100 da lâmina necessária para elevar a umidade do solo à capacidade de campo) e o fator C por coberturas do solo (solo exposto - C1 e solo com cobertura orgânica morta - C2). Cada repetição foi formada por 24 plantas e, para fins de análises, foram consideradas 6 plantas centrais úteis.

2.3 Caracterização físico-química e hídrica do solo

Para a caracterização química e granulométrica do solo foram coletadas amostras da área experimental na profundidade de 0 - 20 cm (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise química e física do solo.

P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	T	V	P-Rem	pH - H ₂ O
mg dm ⁻³		mmolc dm ⁻³						%	mg L ⁻¹	-
19,2	60	30,9	36,9	5,7	32	40,1	72,1	55,6	36,9	5,7
Argila		Silte		Areia		Classificação textural			Solo	
-----%		-----%		-----%						
41		13		46		Argilo-arenosa			Argiloso	

SB = Soma de bases trocáveis; T = Capacidade de troca catiônica a pH 7; V = índice de saturação por bases; R-rem = Fósforo remanescente.

A densidade do solo foi determinada por meio do método do anel volumétrico, obteve-se 1,45 g cm³ e 1,39 g cm⁻³ para as camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente.

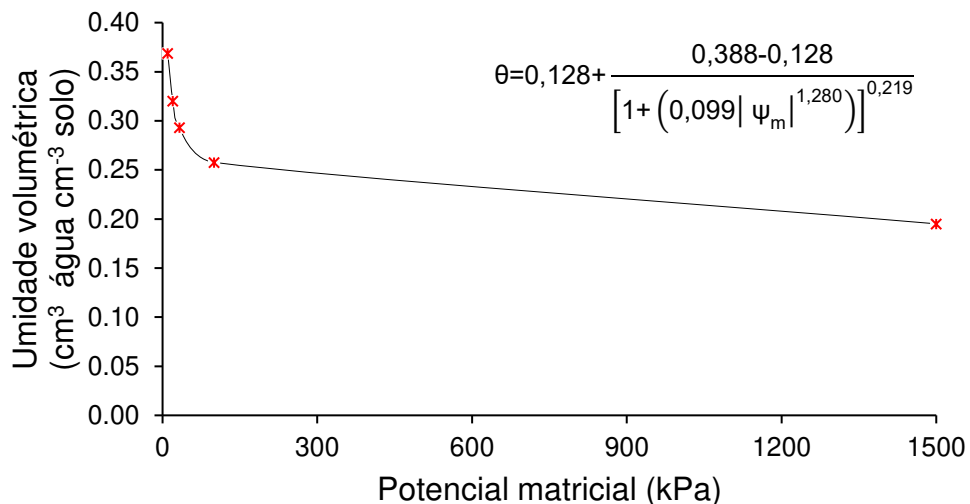
Para a adubação foi utilizada as recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação, para a cultura do crisântemo, que é da mesma família (Asteraceae) e possui hábitos de crescimento semelhantes à calêndula, pois não havia a recomendação para a cultura em estudo (CFSEMG, 1999). A fonte utilizada foi o NPK que é um fertilizante mineral formulado, composto por nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) com composição 4-14-8, em que se aplicou, aproximadamente, 225 g por parcela. Não foi aplicado calcário.

Para a caracterização hídrica do solo foi realizada a coleta de amostras indeformadas na profundidade de 0-20 cm para determinar a curva de retenção de água no solo, seguindo metodologias para o uso da mesa de tensão e da câmara de Richards. A curva foi ajustada de acordo com a metodologia de van Genuchten (1980) (Equação 1). Foi utilizado o software SWRC Fit® para determinação dos parâmetros médios da equação de ajuste (SEKI, 2007). Com isso, foram determinadas a umidade na capacidade de campo e o ponto de murcha permanente da planta de referência.

$$\theta = \theta_r * \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha |\Psi_m|)^n]^m} \quad (1)$$

Em que: θ é a umidade volumétrica em função do potencial matricial, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$; θ_r é a umidade volumétrica residual do solo, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$; θ_s é a umidade volumétrica do solo saturado, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$; n e m são parâmetros adimensionais da equação de regressão; α é o parâmetro com dimensão equivalente ao inverso da tensão, kPa^{-1} e Ψ_m é o potencial matricial de água no solo, kPa .

Figura 1 – Curva de retenção da água no solo.



De acordo com a curva de retenção de água no solo, a umidade do solo com base volumétrica para a capacidade de campo e para o ponto de murcha permanente foi de $0,386 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (-10 kPa) e $19,5 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (-1500 kPa) respectivamente (Figura 1).

2.4 Clima e balanço hídrico

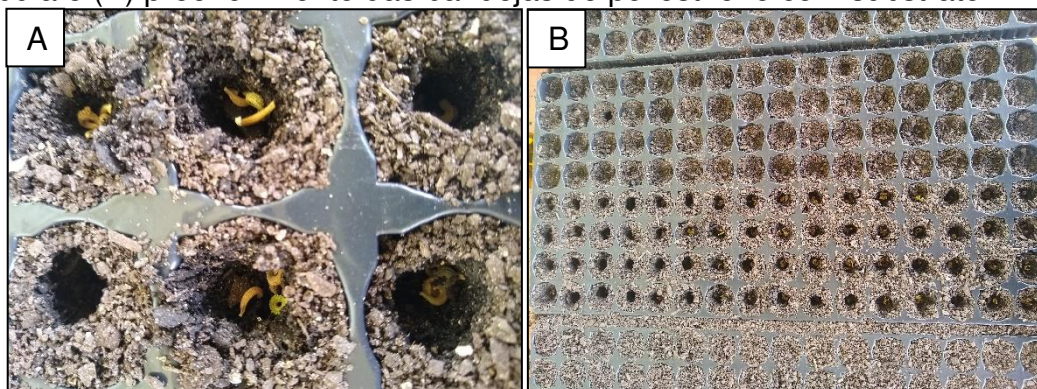
As variáveis meteorológicas de temperatura máxima e mínima do ar, em °C, umidade relativa do ar, em %, e precipitação, em mm, foram monitoradas diariamente por uma estação meteorológica da IRRIPLUS®, modelo E50000.

Foi elaborado o balanço hídrico climatológico de acordo com as precipitações pluviais, para caracterização das informações de déficit e excesso hídrico para o período experimental (ROLIM, 1998).

2.5 Plantio

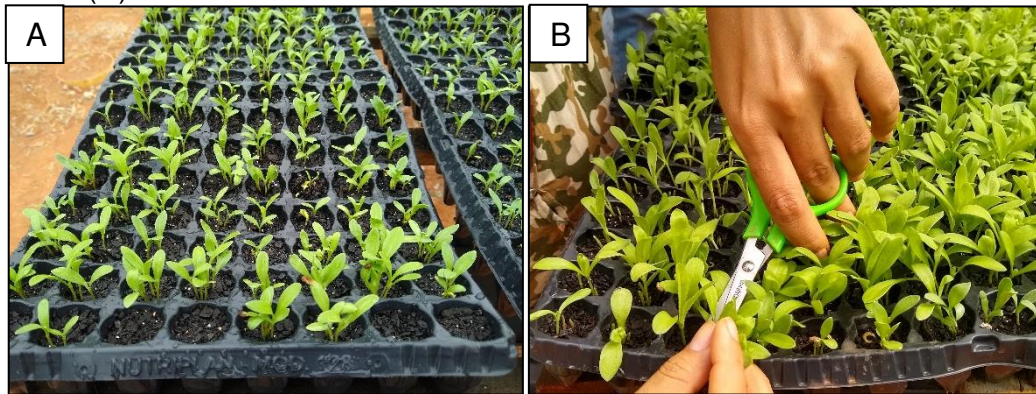
As sementeiras ocorreram em 05 de fevereiro de 2020 e 06 de julho de 2020 para o primeiro (E1) e segundo ciclo (E2), respectivamente. As sementes comerciais da cultivar Bonina Sortida (Isla®) foram cultivadas em bandejas de poliestireno com 128 células e preenchidas com substrato MecPlant® (Figura 2). O desbaste das mudas foi realizado após 15 dias (Figura 3). As mudas foram transplantadas para o campo aos 40 (1° ciclo) e 36 (2° ciclo) dias após a sementeira (DAS), quando apresentaram de 4 a 6 folhas definitivas.

Figura 2 – Produção de mudas de calêndula: (A) disposição das sementes de calêndula e (B) preenchimento das bandejas de poliestireno com substrato.



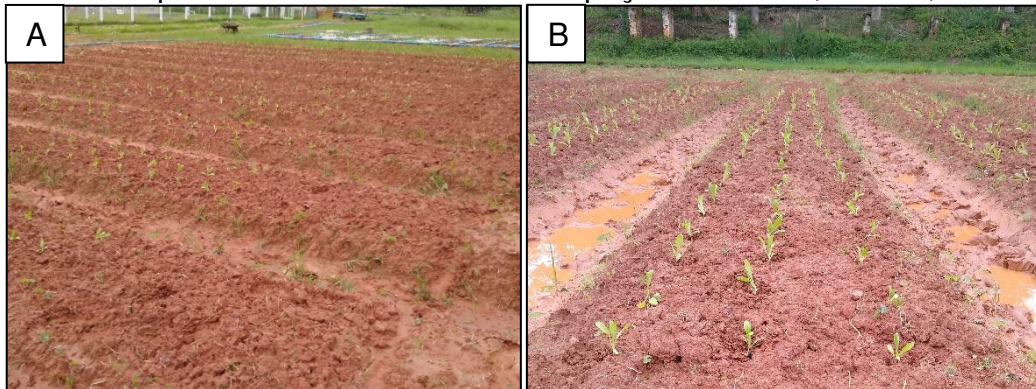
Fonte: Autora (2021).

Figura 3 – Desbaste de mudas de calêndula: (A) mudas de calêndula antes do desbaste e (B) durante o desbaste.



Fonte: Autora (2021).

Figura 4 – Área experimental: (A) mudas transplantadas e (B) imagem aproximada das mudas transplantadas em canteiro com espaçamento de 0,3 m x 0,3 m.



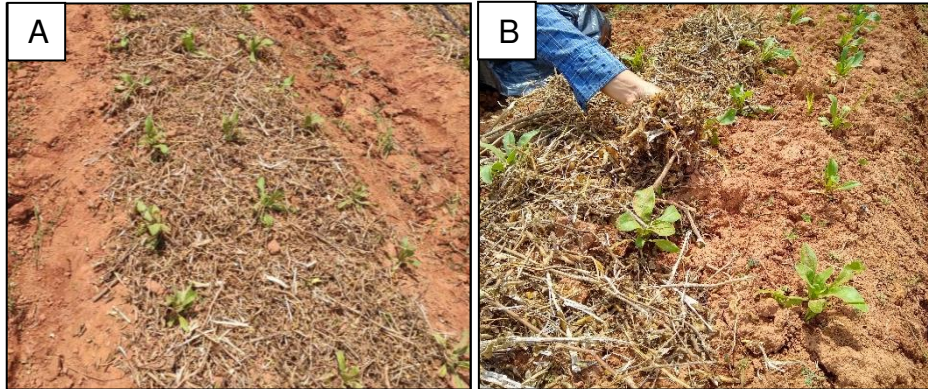
Fonte: Autora (2021).

O espaçamento adotado foi de 0,30 m entre plantas e 0,30 m entre linhas laterais. A área utilizada para instalação do experimento foi subdividida em 10 canteiros com 11 m de comprimento e 1 m de largura, totalizando 165 m². Para o pegamento das mudas houve a aplicação de irrigação mantendo o solo em capacidade de campo durante 14 dias (Figura 4A e 4B).

2.6 Cobertura do solo

Para a cobertura do solo foi utilizada palhada proveniente do corte da biomassa aérea de leguminosas (soja e feijão). A quantidade aplicada da cobertura morta foi de, aproximadamente, 2,5 kg m⁻² (SANTOS et al., 2011). A cobertura foi alocada após as mudas serem transplantadas e foi aplicada com uma distância de aproximadamente 2 cm de raio do caule das plantas, para evitar a proliferação de fungos e/ou doenças que pudessem se proliferar no microambiente criado com a palhada (Figura 5A e 5B).

Figura 5 – Cobertura do solo: (A) parcela experimental com cobertura de solo e (B) processo de cobertura do solo.



Fonte: Autora (2021).

2.7 Manejo da irrigação

A irrigação do experimento foi realizada por sistema de gotejamento com tubos gotejadores planos da marca Irritec®, com vazão nominal de 1,10 L h⁻¹ com filtro de 155 *mesh* e espaçamento de 0,30 m entre gotejadores. O sistema foi composto por uma motobomba de 2 cv de potência para pressurização do sistema, filtro de disco, válvula reguladora de pressão de 10 mca, considerada a pressão média de serviço ideal para o gotejador, reservatório de água, linha principal, linha de derivação e linhas laterais (fitas gotejadoras). O sistema de irrigação foi constituído de duas linhas laterais para cada canteiro com espaçamento de 0,30 m entre linha.

A uniformidade de distribuição de água foi determinada por meio da metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), que consiste na coleta da vazão dos gotejadores em oito pontos ao longo da linha lateral e em quatro linhas laterais, ao longo da linha de derivação. As linhas selecionadas foram aquelas situadas no início, 1/3, 2/3 e final da linha de derivação.

Para avaliação do sistema foi utilizado o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), adaptado por Cunha et al. (2006) (Equação 2) e o coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD) de Keller e Karmeli (1975) (Equação 3).

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n_e * q_i} \right] \quad (2)$$

Em que: CUC, %, q_i é a vazão média de cada gotejador i , L h⁻¹, \bar{q} é a vazão média dos gotejadores, L h⁻¹, e n_e é o número de gotejadores.

$$\text{CUD} = 100 * \frac{q_{25}}{\bar{q}} \quad (3)$$

Em que: CUD, %, q_{25} é o valor médio dos 25% menores valores de vazões observadas, $L h^{-1}$.

O CUC apresentou o valor de 98,7% e foi classificado como excelente, segundo Mantovani (2002). O CUD foi classificado como excelente, com 98%, de acordo com Merriam e Keller (1978). Para fins de classificação, sempre se utiliza o menor valor entre CUC e CUD a fim de atender o cenário mais crítico

A irrigação real necessária ou lâmina líquida (LL) foi obtida por meio do produto da capacidade real de água no solo (CRA) e do fator de déficit (f_{def}), que foi adicionado à equação para cada tratamento (Equação 4). Os fatores de estresse foram estabelecidos para cada tratamento irrigado, sendo eles: 0,25 (L25), 0,50 (L50), 0,75 (L75) e 1,00 (L100).

$$LL = \frac{(U_{CC} - U_A)}{10} * D_a * Z * f_{def} \quad (4)$$

Em que: LL, mm; U_{CC} é o teor de água na capacidade de campo, $cm^3 cm^{-3}$; U_A é o teor de água atual, $cm^3 cm^{-3}$, obtida indiretamente por meio da leitura dos tensiômetros; D_a é a densidade do solo ou a densidade aparente, $g cm^{-3}$; Z é a profundidade efetiva do sistema radicular, cm; e f_{def} é o fator de déficit, adimensional.

A irrigação total necessária ou lâmina bruta (LB) leva em consideração a eficiência do sistema de irrigação, previamente calculado (Equação 5).

$$LB = \frac{IRN}{E_i} \quad (5)$$

Em que: LB, mm; IRN é a irrigação real necessária, mm; e E_i , é a eficiência do sistema de irrigação pelo teste de campo.

Após definir o quanto aplicar, foi definido quando aplicar, ou seja, o tempo de irrigação (T_i). Essa variável é dependente da quantidade de água a ser aplicada e da intensidade de aplicação (Equação 6).

$$T_i = \frac{LB}{I_a} \quad (6)$$

Em que: T_i , h; e I_a é a intensidade de aplicação, mm h^{-1} .

O manejo da irrigação foi realizado por tensiometria. Para para manter a % da lâmina requerida para cada tratamento foram instalados tensiômetros a uma profundidade de 0,20 e 0,40 m no solo. Após 24 horas da instalação dos tensiômetros foram iniciadas as leituras com o auxílio de tensímetro digital. As leituras foram realizadas diariamente no período da manhã durante todo o ciclo de desenvolvimento da calêndula.

Figura 6 – Tensiômetros instalados nas parcelas experimentais no cultivo da calêndula em Viçosa - MG (DEA/UFV).



Fonte: Autora (2021).

A precipitação efetiva (P_{ef}) foi determinada por meio do balanço hídrico, considerando a CTA, a evapotranspiração da cultura (ET_c) e o excedente hídrico (Exc), que considera as perdas, além da lâmina de irrigação aplicada para os canteiros irrigados (Equação 7).

$$P_{ef} = CTA - ET_c - Exc \quad (7)$$

Em que: P_{ef} , mm; e ET_c , mm; Exc , mm.

2.8 Parâmetros morfofisiológicos e de produção

2.8.1 Altura de planta

A altura foi determinada por meio da medição da base até o ápice das plantas por meio de uma fita métrica graduada em cm (Figura 9A).

2.8.2 Diâmetro do caule

O diâmetro do caule foi realizado por meio da medição da base do caule por meio de um paquímetro digital, em mm (Figura 9C).

2.8.3 Massa fresca e seca da parte aérea

Ao final do período de cultivo as plantas foram colhidas e pesadas para a obtenção da massa fresca da parte aérea (MFPA). A massa seca da parte aérea (MSPA) foi determinada após a colheita final e secagem da MFPA em balança analítica. As amostras foram alocadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação de ar forçada a 65°C, até atingir massa constante (Figura 9D).

2.8.4 Teor relativo de clorofila

O medidor portátil de clorofila SPAD-502 foi utilizado para as medidas indiretas de clorofila em valor SPAD, em folhas intactas. As medidas foram realizadas na fase vegetativa (30 DAT) e florescimento (90 DAT).

2.8.5 NDVI

As leituras de NDVI foram realizadas com o aparelho GreenSeeker® 505 Handheld Sensor. O NDVI é obtido por meio da reflectância no vermelho (0,58-0,68 µm) e infravermelho próximo (0,725-1,1 µm). Os valores da leitura variam de -1 a 1, assim, quanto mais próximo de 1 mais sadia está a vegetação. As coletas foram realizadas às 9 horas, conforme descrito por Crusiol et al. (2012), a uma altura fixa entre o topo do dossel e o sensor, dentro de uma faixa recomendada pelo fabricante. As medições foram realizadas na fase vegetativa e no final do florescimento.

2.8.6 Produção de capítulos florais e massa seca de capítulos florais

A produção de capítulos florais ou número de capítulos florais (NCF) foi determinada por meio da soma de capítulos por planta ao final da colheita (Figura 7). Foram realizadas colheitas do início da floração até a senescência (Figura 8). A massa seca dos capítulos florais (MSCF) foi determinada por meio da secagem da massa fresca dos capítulos florais (MFCF), alocados em sacos de papel, em estufa a 45 °C, até atingir massa constante.

2.8.7 Produtividade da água

A produtividade da água (W) foi determinada por meio da massa seca de capítulos florais e da lâmina total de irrigação. A MSCF foi extrapolada para um hectare de cultivo (Equação 8).

$$W = \frac{MSCF}{Lt} \quad (8)$$

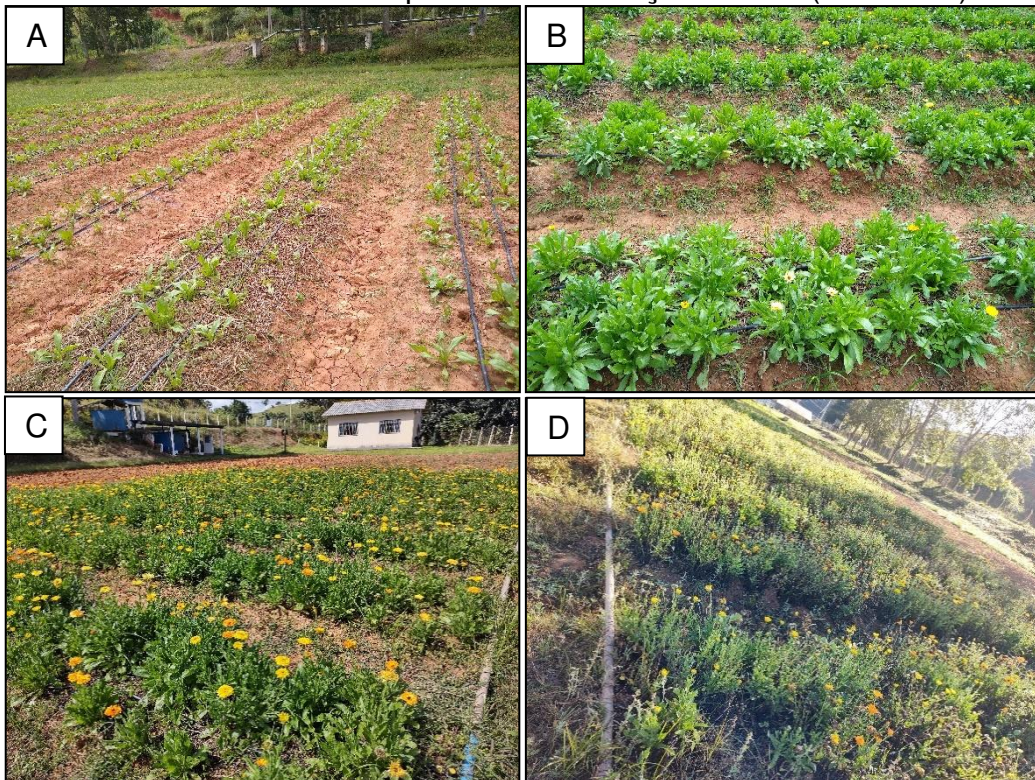
Em que: W , $\text{kg}^{-1} \text{ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$; e Lt é a lâmina total recebida pela cultura, composta por lâmina de irrigação e precipitação, mm.

Figura 7 – Capítulos florais de calêndula provenientes do cultivo na área experimental em Viçosa – MG (DEA/UFV).



Fonte: Autora (2021).

Figura 8 – Fases de desenvolvimento da calêndula: (A) fase vegetativa; (B) início do florescimento; (C) florescimento; e (D) início da senescência de plantas de calêndula provenientes do cultivo na área experimental em Viçosa – MG (DEA/UFV).



Fonte: Autora (2021).

Figura 9 – Colheita e análises de parâmetros morfofisiológicos: (A) organização por tratamento das plantas analisadas; (B) altura de planta; (C) diâmetro do caule; e (D) pesagem da massa fresca de plantas de calêndula provenientes do cultivo na área experimental em Viçosa – MG (DEA/UFV).



Fonte: Autora (2021).

2.9 Análise estatística

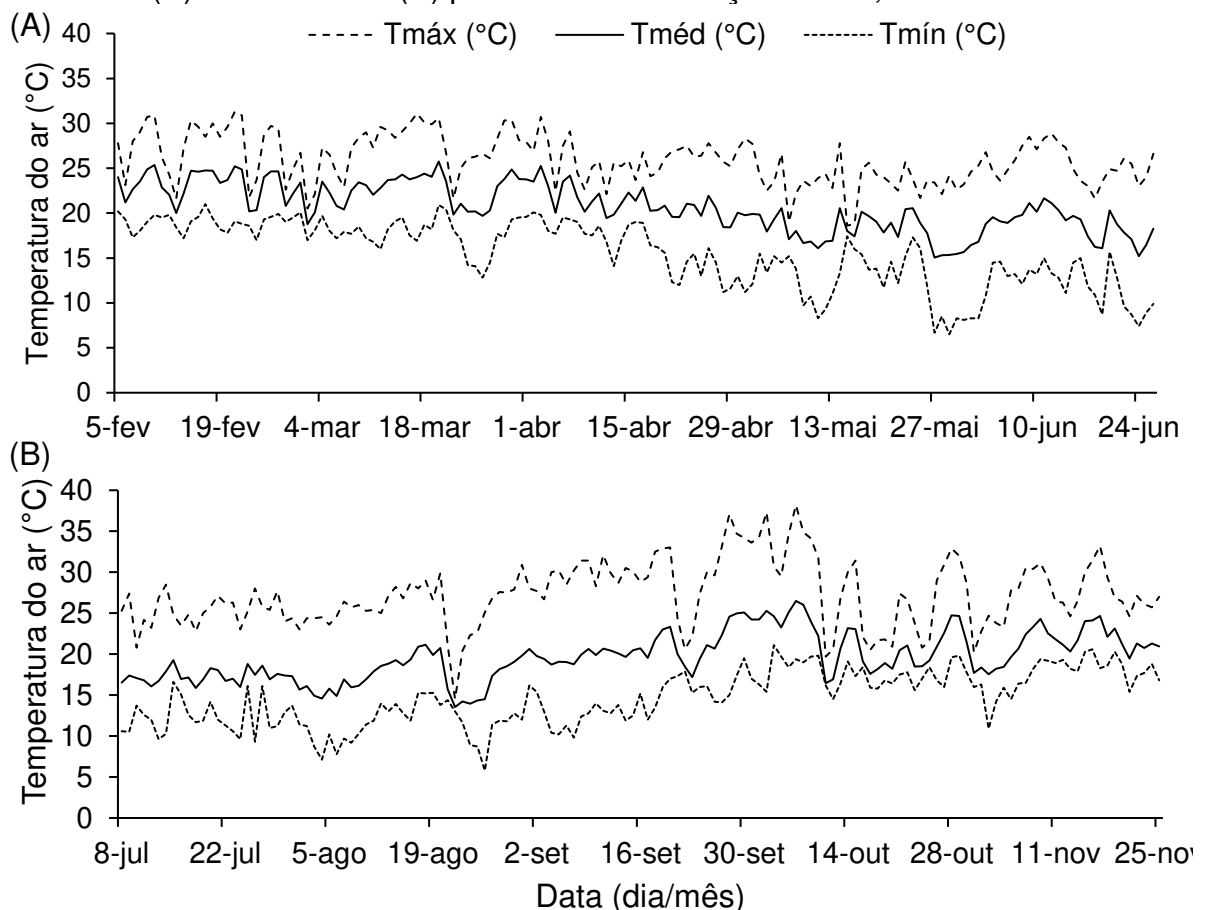
Os dados foram submetidos à análise de variância ANOVA. Para o fator qualitativo foi utilizado o teste de comparação de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo foi realizada a análise de regressão e os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t ao nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ($R^2 = SQ_{regressão}/SQ_{tratamentos}$) e no comportamento do fenômeno em estudo. As análises foram realizadas com o auxílio do software SAEG (UFV, 2007) e do software R (RDC TEAM, 2013), com o pacote experimental Designs (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização climática

As temperaturas máximas, mínimas e médias do ar estão apresentadas na Figura 10. Para a época I (Figura 10A), as temperaturas máxima e mínima do ar ocorreram durante os meses de fevereiro (31,3 °C) e maio (6,5 °C), respectivamente. A temperatura média do ar variou entre 15,1 °C e 25,8 °C. Para a época II (Figura 10B), as temperaturas máxima e mínima do ar ocorreram durante os meses de outubro (38,2 °C) e agosto (5,8 °C), respectivamente. A temperatura média do ar variou entre 13,5 °C e 26,5 °C. Em relação às épocas de semeadura, é possível notar que houve maior amplitude térmica na época II.

Figura 10 – Temperatura máxima (Tmax), média (Tmed) e mínima (Tmin), em °C, para o período de cultivo da calêndula referente às épocas de semeadura de 05/02/2020 (A) e 08/07/2020 (B) para a cidade de Viçosa - MG, Brasil.

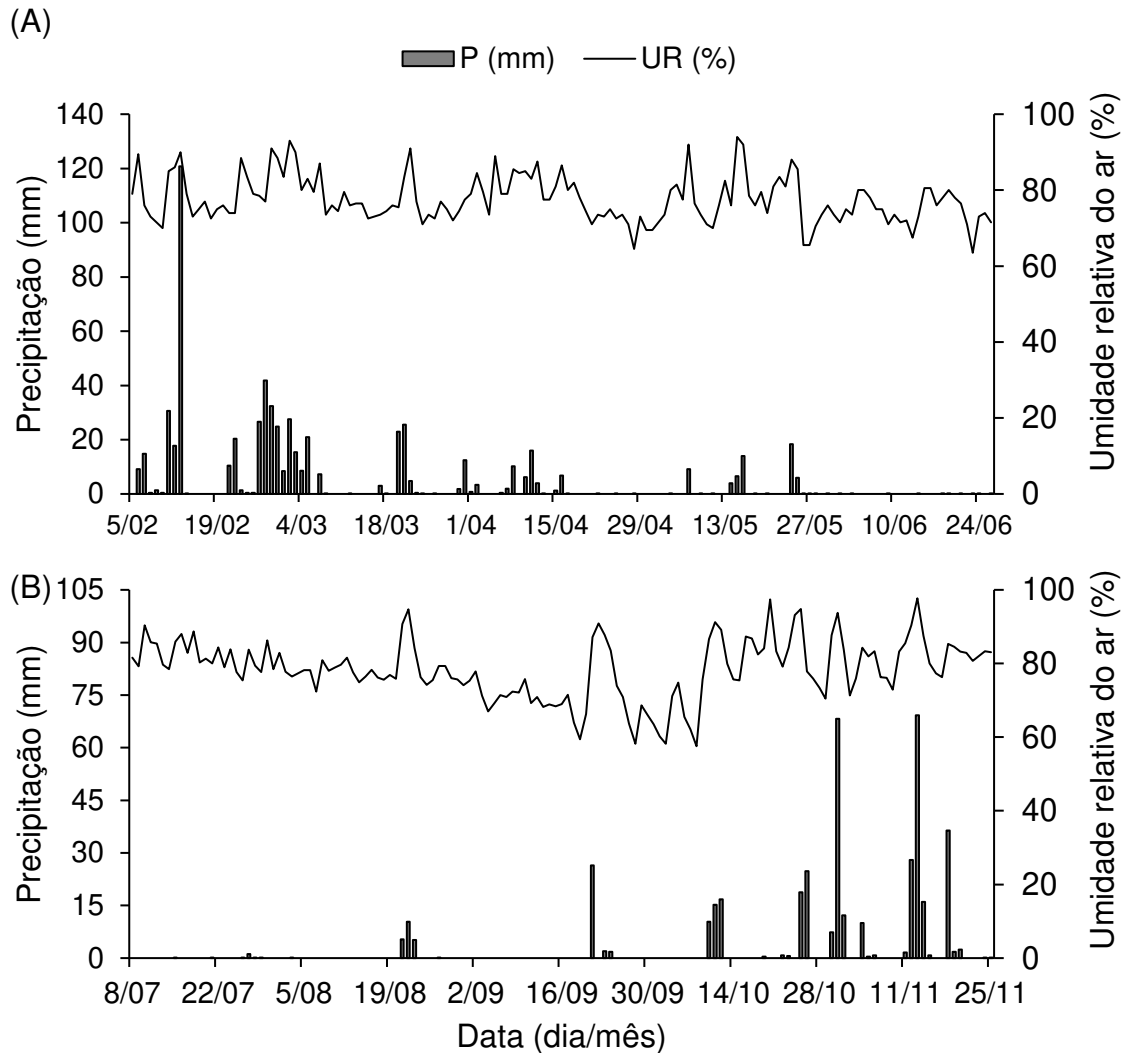


Fonte: Autora (2021).

A umidade relativa do ar média e a precipitação pluviométrica verificadas durante o período experimental para as épocas de semeadura estão apresentadas na Figura 11. A umidade relativa do ar variou de 63,5% a 94,0% e 58,2% a 97,7% para a

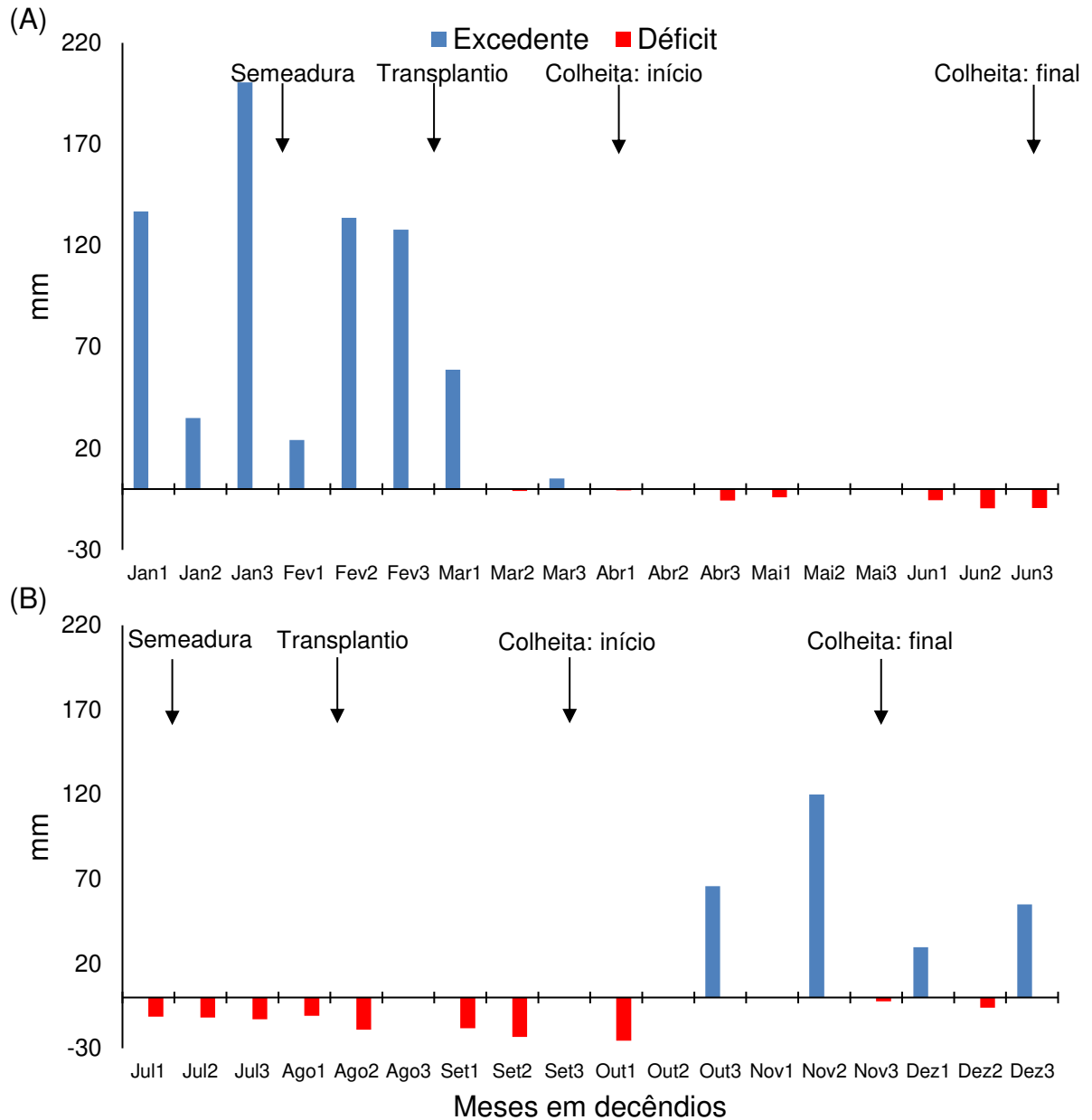
época I (Figura 11A) e II (Figura 11B), respectivamente. As precipitações pluviiais acumuladas para a época I e II, foram de 182,40 mm e 391,40 mm, durante o período experimental em campo.

Figura 11 – Precipitação (P), em mm, e Umidade relativa do ar (UR), em %, para o período de cultivo da calêndula referente aos ciclos de 05/02/2020 (A) e 08/07/2020 (B) para a cidade de Viçosa - MG, Brasil.



O balanço hídrico climatológico sequencial (BHCS) em decênios, modificado de Rolim et al. (1998), para o ano de 2020, está apresentado na Figura 12. O BHCS apresenta os períodos em que houve excedente e déficit hídrico por meio da precipitação pluviial. Além disso, estão indicados os períodos de semeadura, transplântio, início e final da colheita para a época I (Figura 12A) e II (Figura 12B).

Figura 12 – Balanço hídrico climatológico sequencial em decêndios para (A) época de semeadura I: no período de fevereiro a junho, e (B) época de semeadura II: no período de julho a novembro de 2020.



Fonte: Autora (2021), modificado de Rolim et al. (1998).

Para a época I, não houve déficit hídrico anterior ao florescimento, apenas diminuição do excedente hídrico. A diminuição da precipitação não foi suficiente para prejudicar o crescimento e desenvolvimento vegetal das plantas de calêndula e, sim, intensificar a floração e, conseqüentemente, a produtividade de plantas não irrigadas (Figura 12A). Além disso, as temperaturas amenas durante o período de déficit hídrico, que coincidiu com a floração, podem ter levado a uma menor demanda evaporativa.

Para a época II, observa-se que houve um extenso período de déficit hídrico até o início da colheita (Figura 12B). Em conjunto, foram observadas temperaturas acima do limiar adequado para o desenvolvimento da cultura (temperaturas máximas diárias > 30°C) em setembro e início de outubro, coincidindo com a fase vegetativa na época II, o que pode ter culminado em danos ao crescimento e desenvolvimento vegetal, o que foi denotado pela, conseqüente, diminuição da produtividade.

Temperaturas médias do ar superiores a 20°C podem causar o fechamento dos estômatos, levando a uma diminuição na absorção de CO₂ (DESCAMPS et al., 2018). Assim, as plantas consomem muita energia para absorver água, causando redução na produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, menor produção de capítulos florais.

3.2 Lâmina acumulada

A lâmina acumulada foi determinada ao final do experimento. Na Tabela 2, estão apresentados os valores da lâmina aplicada na irrigação, precipitação efetiva e lâmina acumulada para as épocas de semeadura e coberturas do solo.

Tabela 2 – Valores de lâmina de estabelecimento (Lest), lâmina aplicada na irrigação (Li), precipitação efetiva (Pef) e lâmina total (Lt) aplicados em plantas de calêndulas para épocas de semeadura e coberturas do solo (sem cobertura – C1 e com cobertura orgânica morta do solo – C2) submetidas ao manejo da irrigação (L0 – 0%, L25 – 25%, L50 – 50%, L75 – 75% e L100 – 100% da lâmina de irrigação requerida).

Tratamentos	Lest (mm)	Li (mm)	Pef (mm)	Lac (mm)
Época I				
L0C1	33,66	*	152,64	186,30
L0C2	33,66	*	152,64	186,30
L25C1	33,66	49,31	138,52	221,49
L25C2	33,66	46,70	138,81	219,17
L50C1	33,66	73,08	137,31	244,55
L50C2	33,66	100,50	135,12	269,28
L75C1	33,66	174,90	133,77	342,33
L75C2	33,66	118,57	137,71	289,94
L100C1	33,66	225,91	134,55	394,12
L100C2	33,66	128,33	131,43	293,42
Época II				
L0C1	29,34	*	178,03	207,37
L0C2	29,34	*	178,03	207,37
L25C1	29,34	60,55	149,89	239,78
L25C2	29,34	51,39	151,38	232,11
L50C1	29,34	52,27	146,18	227,79

L50C2	29,34	53,75	147,77	230,86
L75C1	29,34	76,49	150,87	256,70
L75C2	29,34	69,42	145,99	244,75
L100C1	29,34	88,47	145,71	263,52
L100C2	29,34	83,75	147,16	260,25

* Tratamentos não irrigados.

Fonte: Autora (2021).

A precipitação pluvial para o período do experimento em campo foi superior na época II, acarretando precipitações efetivas superiores e menor necessidade de irrigação. Para o tratamento não irrigado, a lâmina acumulada foi superior na época II em relação à época I, com acréscimo de 10,16%.

O uso de cobertura do solo na época II apresentou pouca influência na diminuição da lâmina de irrigação, em que a maior diminuição da demanda hídrica foi de 4,66% para 75% da lâmina de irrigação. Isso pode ter ocorrido devido aos eventos alternados de precipitação durante a fase de colheita, que pode ter contribuído para a manutenção da umidade do solo em canteiros sem cobertura.

A época I foi marcada por pouca precipitação na fase de colheita, o que exigiu maior demanda de irrigação, quando comparada à época II. O uso de cobertura do solo apresentou decréscimo de Li de 1,05%, 15,30% e 25,65% para 25%, 75% e 100% da lâmina de irrigação, respectivamente, para solos com cobertura em comparação ao solo exposto, na época I.

Em cúrcuma, a aplicação de cobertura de palha no solo resultou na economia de 50% da água de irrigação (KAUR; BRAR, 2016). A presença de cobertura morta pode melhorar as condições de água no solo ao aumentar a capacidade de retenção de água no solo, diminuir o escoamento superficial e as perdas por evaporação, reduzindo a demanda de irrigação. Além disso, pode aumentar a matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, melhorar a sua estrutura (FRYE et al., 1988).

Os efeitos do uso de cobertura do solo sob a economia de água em plantas medicinais foram estudados para o feno-grego (LAHMOD et al., 2019), manjerição (NEJATZADEH-BARANDOZI, 2020), orégano (KADER et al., 2019), cúrcuma (KAUR; BRAR; BRAR, 2019) e calêndula (AL-OBAIDY et al., 2019). Os autores reforçam os benefícios do uso de cobertura do solo, atuando na manutenção da umidade do solo e na redução da evapotranspiração e temperatura do solo, propiciando um ambiente adequado para o crescimento e aumento da produção de plantas medicinais, além do, conseqüente, aumento da produtividade da água.

3.3 Parâmetros morfofisiológicos

De acordo com a análise de variância, apenas a variável Índice SPAD na fase vegetativa apresentou interação para os fatores época de semeadura, lâmina de irrigação e cobertura do solo. A interação entre época de semeadura e cobertura do solo foi significativa para as variáveis altura de planta, massa fresca e seca da parte aérea, índice SPAD e NDVI na fase de florescimento, massa fresca e seca de capítulos florais e produtividade o uso da água. A interação época de semeadura e lâminas de irrigação foi significativa para altura de planta, índice NDVI na fase vegetativa e de florescimento, massa fresca e seca de capítulos florais e produtividade da água. Houve interação significativa de cobertura do solo e lâminas de irrigação para massa seca da parte aérea e índice NDVI na fase de florescimento. As variáveis que não apresentaram essas interações indicam que esses fatores podem atuar de forma independente e, portanto, apenas os efeitos simples foram analisados (Apêndice A).

3.3.1 Altura de planta

Para a altura de planta, ocorreu diferença significativa para época de semeadura ($P \leq 0,01$), lâmina de irrigação ($P \leq 0,01$), cobertura do solo ($P \leq 0,05$), interação entre época e cobertura ($P \leq 0,01$) e cobertura e lâmina ($P \leq 0,05$).

Na Tabela 3, são apresentados os resultados do desdobramento da interação entre os fatores época e cobertura para a variável altura de planta. Para o efeito da época sob as coberturas do solo, a época I apresentou acréscimo de 12,37% para o solo com cobertura em relação ao sem cobertura. Já para a época II, não houve diferença para o tipo de cobertura a ser utilizada durante o cultivo. Ao analisar o efeito da cobertura sob as épocas, o cultivo na época I apresentou acréscimo de 9,86% (sem cobertura) e 22,65% (cobertura orgânica morta) em relação à época II.

Tabela 3 – Valores médios de altura, em cm, de calêndulas submetidas às épocas de semeadura e coberturas do solo.

Época de semeadura	Cobertura do solo	
	Sem cobertura	Cobertura orgânica morta
Época I	54,67 aB	62,39 aA
Época II	49,28 bA	48,26 bA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para a variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora (2021).

Em cultivo orgânico e em campo, Gomes et al. (2018) encontraram altura média de 45 cm. Jadhav et al. (2014) ao estudarem diferentes espaçamentos de plantio para a calêndula observaram altura média de 51,69 cm para 30 x 30 cm de espaçamento, o que corrobora com a média encontrada no presente estudo para plantas cultivadas sem cobertura do solo.

O aumento da altura encontrado em plantas cultivadas sob cobertura do solo pode ser atribuído à conservação de umidade do solo, microclima melhorado e menor competição com ervas daninhas no crescimento (VINCENT-CABOUD et al., 2019). O uso de cobertura morta no solo propiciou acréscimo em parâmetros de crescimento da planta medicinal gailardia (KAZEMI; JOZAY, 2020).

Para a pimenta Chilli, o uso de cobertura do solo acarretou aumento da retenção de umidade do solo, menor densidade de plantas daninhas, maior número de frutos com peso máximo e maior produtividade de frutos (NARAYAN et al., 2017). Para os autores, o uso de cobertura do solo é um método eficiente para conservar a umidade do solo, inibir o crescimento de ervas daninhas, repelir insetos e refletir de volta comprimentos de onda seletivos de luz e aumentar a produtividade.

As condições favoráveis de água e temperatura do solo devido à cobertura com palhada pode aumentar o N disponível no solo, que é um dos responsáveis por melhorar o crescimento das culturas. O aumento de N disponível no solo pode estar relacionado ao aumento na mineralização líquida de nitrogênio orgânico do solo (AKHTAR et al., 2018). Ademais, a adição da palhada por afetar a qualidade do solo, ou seja, o N do solo e o conteúdo de matéria orgânica, e modificar a disponibilidade de fósforo (P) (BÜCHI et al., 2015).

Assim, a cobertura orgânica pode ter contribuído para a retenção de umidade do solo e atuado como uma possível fonte de N para as plantas, favorecendo o crescimento e desenvolvimento da calêndula. O uso de cobertura morta no solo propiciou acréscimo em parâmetros de crescimento da planta medicinal gailardia (KAZEMI; JOZAY, 2020).

A Tabela 4 e a Figura 12 apresentam o desdobramento da interação entre os fatores época de semeadura e lâminas de irrigação. De acordo com a Tabela 4, nota-se que a época I apresentou os maiores valores para todas as lâminas de irrigação, com o maior acréscimo para L0 (23,68%).

Tabela 4 – Valores médios de altura, em cm, de calêndulas submetidas às épocas de semeadura e lâminas de irrigação.

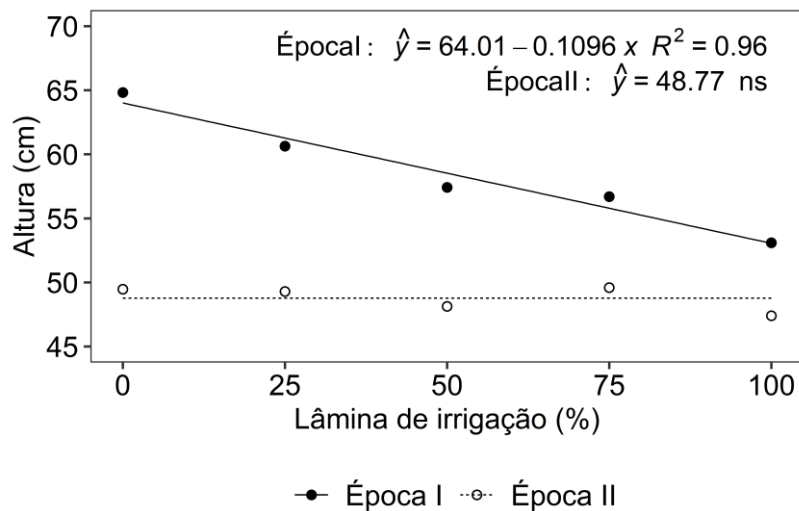
Época de semeadura	Lâmina de irrigação				
	L0	L25	L50	L75	L100
Época I	64,82 a	60,63 a	57,41 a	56,69 a	53,09 a
Época II	49,47 b	49,29 b	48,12 b	49,59 b	47,39 b

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora (2021).

Para a época I, a variável altura apresentou comportamento linear, com decréscimo conforme o aumento da lâmina de irrigação, com a maior estimativa para L0 (64,01 cm). A diminuição da % da lâmina de irrigação não acarretou prejuízos ao desenvolvimento da calêndula na época I. Já para a época II, a variação da % da lâmina de irrigação não foi significativa, com valor médio de 48,77 cm (Figura 13).

Figura 13 – Estimativa da altura de planta, em cm, de calêndulas em função da lâmina de irrigação para as épocas de cultivo.



Fonte: Autora (2021).

Resultado semelhante para a época II foi encontrado por Metwally, Khalid e Abou-leila (2013). Nesse estudo o estresse hídrico em calêndulas foi dado por meio da aplicação de diferentes regimes de irrigação (25%, 50%, 75% e 100% da lâmina de irrigação), e o déficit hídrico aplicado não causou variação na altura de planta, com valor médio de 37,4 cm.

Independente do uso de cobertura do solo e da % da lâmina de irrigação, a época I apresentou a maior média de altura de calêndulas, com acréscimo de 16,25% em relação à época II. Ao avaliar o período ideal de semeadura para o crescimento e desenvolvimento de calêndulas no Norte dos Estados Unidos, Gesch (2013) obteve

resultados que corroboram com o presente estudo, com médias que variaram de 49,3 cm a 60,5 cm para a altura de plantas. De acordo com os autores, altas temperaturas na fase vegetativa e início do florescimento contribuem para o encurtamento da fase vegetativa e conseqüente diminuição da altura da planta. Portanto, as altas temperaturas ocorridas na fase vegetativa da época II podem ter contribuído para o decréscimo no crescimento das plantas.

3.3.2 Diâmetro do caule

Para o diâmetro do caule, ocorreu diferença significativa apenas para o efeito simples do fator cobertura do solo ($P \leq 0,01$). Os valores médios de diâmetro do caule para os tipos de coberturas estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores médios de diâmetro de caule, em mm, de calêndulas sob o uso de coberturas de solo.

	Cobertura do solo	
	Sem cobertura	Com cobertura
Diâmetro do caule (mm)	17,20 b	19,16 a

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora (2021).

O uso de cobertura do solo no cultivo de calêndula propiciou acréscimo de 10,23% para a variável diâmetro do caule. Valores semelhantes para a calêndula, em cultivo orgânico, foram encontrados por Honório et al. (2016), em que o maior diâmetro de caule foi 20 mm aos 60 DAT. O uso de cobertura do solo também propiciou o aumento do diâmetro do caule na cultura do girassol, como relatado por Naik et al. (2017).

O diâmetro do caule é um indicador importante do crescimento da planta, pois é responsável por propiciar a translocação de assimilados e absorver água e nutrientes do solo. Essa variável pode apresentar variações de acordo com técnicas de cultivo e a área de estudo. Assim, o aumento do diâmetro do caule e a sua relação com o uso de cobertura do solo pode estar relacionado ao possível aproveitamento de maior quantidade de nutrientes.

3.3.3 Massa fresca e seca da parte aérea

Para a massa fresca da parte aérea, ocorreu diferença significativa para época de semeadura ($P \leq 0,01$), lâmina de irrigação ($P \leq 0,01$), cobertura do solo ($P \leq 0,05$) e interação entre época e cobertura ($P \leq 0,01$). Para a massa seca da parte aérea,

ocorreu diferença significativa para época de semeadura ($P \leq 0,01$), lâmina de irrigação ($P \leq 0,01$), cobertura do solo ($P \leq 0,01$) e interação entre época e cobertura ($P \leq 0,01$) e interação lâmina e cobertura ($P \leq 0,05$).

A interação entre a época de semeadura e a cobertura do solo para a variável massa fresca está apresentada na Tabela 6. Ao analisar as épocas de semeadura, na época I, o uso de cobertura do solo acarretou aumento de 36,93% em relação ao cultivo sem cobertura e na época II não foi significativa. Em relação à cobertura do solo, o cultivo em solo exposto apresentou aumento de 36,19% na época II em relação à época I e para o solo com cobertura não foi significativa.

Tabela 6 – Valores médios de massa fresca da parte aérea, em g planta⁻¹, de calêndula submetida a épocas de semeadura e coberturas do solo.

Época de semeadura	Cobertura do solo	
	Sem cobertura	Com cobertura
Época I	178,27 bB	282,66 aA
Época II	279,38 aA	281,71 aA

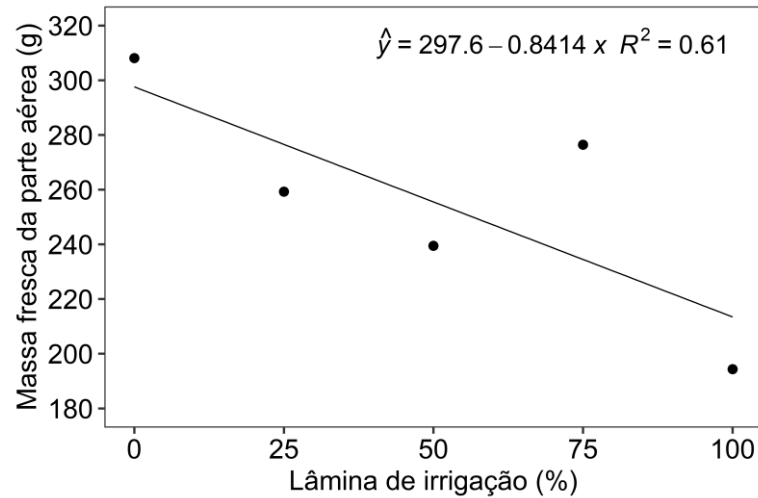
As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para a variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora (2021).

Ao cultivar orégano, Santos et al. (2020) corroboram com o presente estudo, em que a maior média para a biomassa fresca foi encontrada na estação primavera/verão, correspondente à época II para o solo sem cobertura. No presente estudo, esse aumento pode ser devido à maior duração da fase vegetativa na época II.

Para a biomassa fresca houve o efeito simples da lâmina de irrigação, que apresentou comportamento linear para a regressão (Figura 14). A maior estimativa da variável (297,60 g planta⁻¹) foi observada em plantas não irrigadas, com decréscimo da variável conforme o aumento da % da lâmina de irrigação.

Figura 14 – Estimativa da massa fresca da parte aérea, em g planta⁻¹, de calêndulas em função da lâmina de irrigação.



Fonte: Autora (2021).

A interação entre a época de semeadura e a cobertura do solo para a variável massa seca da parte aérea esta apresentada na Tabela 7. Para o fator época de semeadura, a época I apresentou acréscimo de 27,56% na variável com o uso de cobertura do solo em relação ao solo exposto e para a época II não foi significativa. Para o fator cobertura do solo, o uso de cobertura do solo na época I apresentou acréscimo de 23,52% em relação à época II e não foi significativa para o solo exposto.

Tabela 7 – Valores médios de massa seca da parte aérea, em g planta⁻¹, de calêndulas submetidas a épocas de semeadura e coberturas do solo.

Época de semeadura	Cobertura do solo	
	Sem cobertura	Com cobertura
Época 1	40,74 aB	56,24 aA
Época 2	41,79 aA	43,01 bA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para a variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 8, estão apresentados os valores médios da interação entre cobertura do solo e lâmina de irrigação para a variável massa seca da parte aérea de calêndula. O uso de cobertura do solo apresentou aumento de 19,59%, 21,19% e 29,72% de biomassa seca para 0%, 25% e 75% da lâmina de irrigação, respectivamente.

Tabela 8 – Valores médios de massa seca da parte aérea, em g planta⁻¹, de calêndulas, submetidas às coberturas do solo e lâminas de irrigação.

Cobertura do solo	Lâmina de irrigação				
	L0	L25	L50	L75	L100
Sem cobertura	48,80 b	38,26 b	37,85 a	41,29 b	40,12 a
Com cobertura	60,69 a	48,55 a	43,39 a	58,75 a	36,74 a

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora (2021).

Ao analisar calêndulas em diferentes meios de cultivo, Gong et al. (2018) encontrou média de 24,26 g planta⁻¹ para a biomassa seca da parte aérea, cerca de 50% menor do que o valor médio encontrado no presente estudo.

A interação entre níveis de irrigação e o uso de cobertura morta do solo também foi significativa para a massa seca da parte aérea na cultura do manjeriço, em que o uso de cavacos de madeira e 100% da necessidade de água apresentou a melhor combinação (NEJATZADEH-BARANDOZI, 2020). Na cultura da calêndula, Anderson et al. (2016) apresentaram que o estresse hídrico reduz, em média, 50% da biomassa e área foliar. O estresse hídrico aplicado pelos autores foi caracterizado como moderado a severo, visto que apresentou decréscimo no crescimento, em oposição a um estresse menos severo, que não reduziu a biomassa da planta.

No presente estudo, o déficit hídrico aplicado pode não ter afetado o crescimento e desenvolvimento das plantas, denotado pelo incremento das variáveis massa fresca e seca de plantas não irrigadas, devido às características climáticas da área de estudo, com destaque para as precipitações pluviais ocorridas no período experimental. Em contramão, as maiores % da lâmina de irrigação em conjunto à precipitação pluvial podem ter acarretado estresse por excesso de água no solo, como demonstrado anteriormente pelo balanço hídrico climatológico.

Em períodos de seca, as plantas sofrem déficits hídricos que acarretam a inibição do crescimento e da fotossíntese. Já o excesso de água pode limitar a absorção de oxigênio pelo sistema radicular, o que pode reduzir a absorção de nutrientes e água por falta de energia e, conseqüentemente, provocar a sua morte (TAIZ; ZEIGER, 2012).

3.3.4 Índice SPAD

Para o índice SPAD na fase vegetativa, ocorreu diferença significativa para época de semeadura ($P \leq 0,01$), lâmina de irrigação ($P \leq 0,01$), interação entre época

e lâmina ($P \leq 0,01$), interação entre época e cobertura ($P \leq 0,05$) e interação entre época, lâmina e cobertura ($P \leq 0,01$).

Na Tabela 9, têm-se o desdobramento da interação tripla para verificar o efeito da cobertura do solo em função da lâmina de irrigação em cada época de semeadura para o índice SPAD na fase vegetativa. Para o fator época de semeadura, na época I, o uso de cobertura do solo apresentou acréscimo de 15,55% para 25% da lâmina de irrigação. Na época II, o uso de cobertura de solo propiciou decréscimo de 13,09% para 50% da lâmina de irrigação e acréscimo de 9,21% para 100% da lâmina de irrigação.

Em relação ao fator cobertura do solo, o uso de cobertura do solo na época II apresentou acréscimo do SPAD para 0% (13,74%) e 100% (10,41%) da lâmina de irrigação e decréscimo para 25% (13,66%) da lâmina de irrigação em relação à época I. Para o solo sem cobertura, a época II apresentou acréscimo do SPAD para 0% (18,31%) e 50% (17,53%) da lâmina de irrigação.

Tabela 9 – Valores médios de clorofila total por meio do índice SPAD para as fases vegetativa (CLAV) e de florescimento (CLAF) para as respectivas combinações de épocas de semeadura, lâminas de irrigação e coberturas do solo.

Lâmina de irrigação	Cobertura do solo	Época de semeadura	
		Época I	Época II
L0	Sem cobertura	41,63 aB	50,96 aA
	Com cobertura	42,77 aB	49,58 aA
L25	Sem cobertura	39,33 bA	39,73 aA
	Com cobertura	46,57 aA	40,21 aB
L50	Sem cobertura	39,06 aB	47,36 aA
	Com cobertura	41,62 aA	41,16 bA
L75	Sem cobertura	44,10 aA	41,39 aA
	Com cobertura	42,16 aA	40,96 aA
L100	Sem cobertura	39,98 aA	40,63 bA
	Com cobertura	40,09 aB	44,75 aA

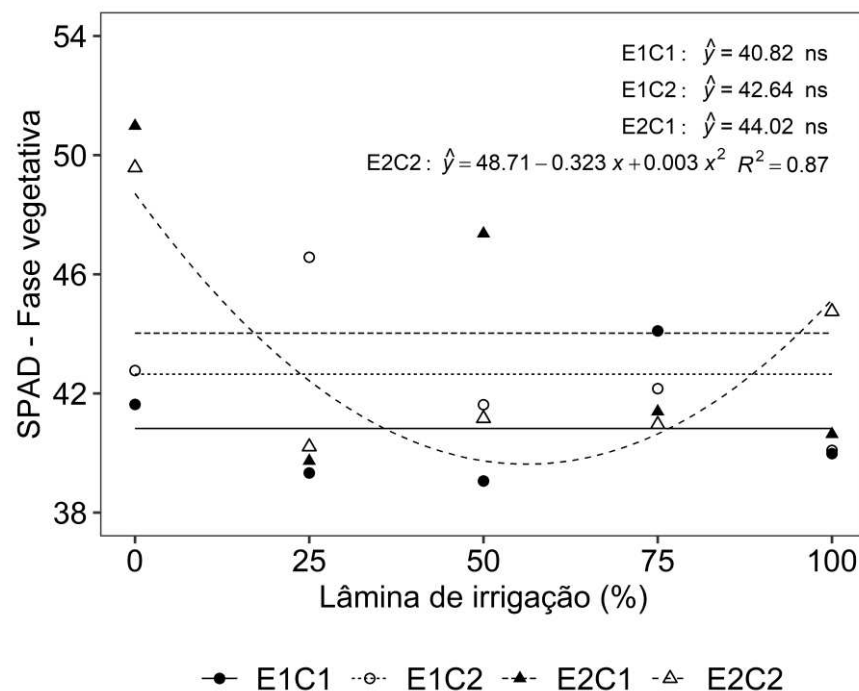
As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna para cada % da lâmina de irrigação e maiúscula na linha para a variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora (2021).

Na Figura 15, está apresentada a estimativa do índice SPAD na fase vegetativa para as respectivas combinações de épocas de semeadura e cobertura do solo em função da lâmina de irrigação. A equação de melhor ajuste para a época II com o uso de cobertura do solo (E2C2) apresenta o valor mínimo do SPAD (39,72) para 55,69% da lâmina de irrigação.

O índice SPAD na fase vegetativa de plantas de calêndula cultivadas nos cenários E1C1, E1C2 e E2C1 não apresentaram relação com a % da lâmina de irrigação aplicada. O efeito do estresse hídrico não foi significativo para o índice SPAD na cultura da sálvia (CASER et al., 2019) e alecrim (KOKKINO et al., 2016).

Figura 15 – Estimativa do Índice SPAD na fase vegetativa de calêndulas para as respectivas combinações de épocas de semeadura e coberturas do solo em função da lâmina de irrigação (E1C1 – época I sem cobertura do solo; E1C2 – época I com cobertura do solo; E1C1 – época II sem cobertura do solo; e E1C2 – época II com cobertura do solo).



Fonte: Autora (2021).

No geral, as plantas submetidas a 100% da lâmina de irrigação apresentaram decréscimo para o SPAD. Os resultados obtidos contrastam com o relatado na cultura da erva-cidreira, Kokkinou et al. (2016) observaram uma redução gradativa dos valores SPAD em função da lâmina de irrigação, indicando uma redução na concentração de clorofila, conforme o avançar do estresse hídrico ao longo do ciclo da cultura.

Ao estudar estratégias de aplicação de déficit hídrico em cravo-africano, Yasheshwar et al. (2017) observaram que a aplicação de déficit hídrico moderado não apresentou diminuição do SPAD. O estresse hídrico e a sua relação com a fotossíntese em plantas de calêndula também foi elucidada por Shakib, Nejad, Mirkohi

e Jari (2019). O índice SPAD foi correlacionado positivamente com os valores de clorofila em plantas de calêndula por Izadi et al. (2020).

Para o índice SPAD na fase de florescimento, ocorreu diferença significativa para época de semeadura ($P \leq 0,01$), lâmina de irrigação ($P \leq 0,01$) e interação entre época e cobertura ($P \leq 0,05$).

A interação época de semeadura e cobertura do solo para o índice SPAD na fase de florescimento está apresentada na Tabela 10. Para o fator cobertura do solo, independentemente do tipo de cobertura do solo, a época II apresentou os maiores valores para o SPAD em relação à época I, com acréscimo de 34,27% e 27,08% para solos com e sem cobertura, respectivamente. Para o fator época de semeadura, na época I, o uso de cobertura do solo acarretou o aumento de 6,65% do índice SPAD em relação ao solo sem cobertura e não foi significativa para a época II.

Tabela 10 – Valores médios de índice SPAD na fase de florescimento de calêndulas submetidas a épocas de semeadura e coberturas do solo.

Época de semeadura	Cobertura do solo	
	Sem cobertura	Com cobertura
Época 1	34,56 bB	37,02 bA
Época 2	52,58 aA	50,77 aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para a variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora (2021).

Os efeitos do uso de cobertura morta em conjunto ao estresse hídrico apresentou diferença significativa para os estágios de desenvolvimento do feno-grego (LAHMOD et al., 2019). Para os autores, o conteúdo de clorofila foi maior para os tratamentos sem cobertura do solo para 60 DAS. Aos 90 DAS, o uso de cobertura não diferiu nos resultados. No entanto, aos 140 DAS, o efeito foi revertido, com o tratamento com cobertura do solo maior para todos os níveis de estresse hídrico.

O uso de cobertura do solo propiciou a preservação da umidade do solo devido à redução da evaporação, preservando a fotossíntese e o crescimento das plantas e evitando danos aos pigmentos fotossintéticos na cultura da gailardia (KAZEMI; JOZAY, 2020).

O efeito simples da lâmina de irrigação foi observado para o SPAD na fase de florescimento, porém, não apresentou bom ajuste para a regressão. Para Gholinezhad (2020), o aumento do intervalo de irrigação, para 3 (48,90), 6 (28,33), 9 (22,33) e 12 (14,10) dias, diminuiu significativamente o índice SPAD. Os autores afirmam que o estresse hídrico, via estresse oxidativo e produção de espécies reativas de oxigênio

(EROs), degradam a clorofila. Durante o estresse, as clorofilas do cloroplasto se rompem, além disso, os sistemas enzimáticos podem ser interrompidos, o que reduz a atividade do oxigênio reativo e aumenta a oxidação dos lipídeos, resultando em danos à membrana celular e destruição de pigmentos fotossintetizantes.

Além disso, a diminuição do índice SPAD na fase final de florescimento pode sinalizar a entrada da planta na senescência. De acordo com Tamary et al. (2019) o aspecto mais notável da senescência é a quebra da clorofila, levando ao amarelecimento das folhas e, conseqüente, diminuição dos pigmentos fotossintetizantes.

3.3.5 Índice de vegetação por diferença Normalizada (NDVI)

Para o índice NDVI na fase vegetativa, ocorreu diferença significativa para época de semeadura ($P \leq 0,05$), lâmina de irrigação ($P \leq 0,01$) e interação entre época e lâmina ($P \leq 0,01$).

A época I apresentou aumento no valor médio de NDVI na fase vegetativa apenas em plantas não irrigadas (L0). Para as outras % da lâmina de irrigação não houve variação (Tabela 11).

Tabela 11 – Valores médios de NDVI na fase vegetativa de calêndulas submetidas às épocas de semeadura e lâminas de irrigação.

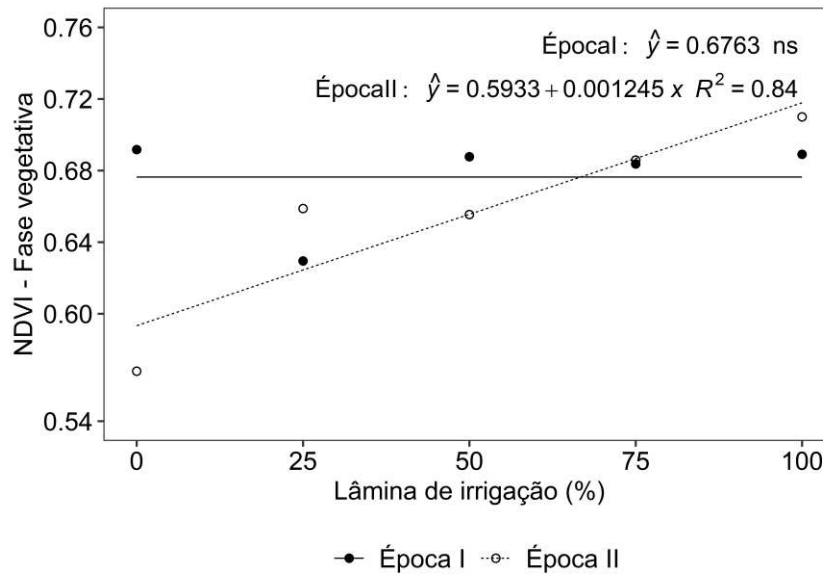
Épocas de semeadura	Lâmina de irrigação				
	L0	L25	L50	L75	L100
Época I	0,69 a	0,63 a	0,69 a	0,68 a	0,69 a
Época II	0,57 b	0,66 a	0,66 a	0,68 a	0,71 a

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora (2021).

Na figura 15, está apresentada a estimativa do índice NDVI na fase vegetativa para as épocas de semeadura em função da lâmina de irrigação. A época I não apresentou efeito da lâmina de irrigação, sendo 0,6763 o valor médio do NDVI. A época II apresentou ajuste linear, tendo um incremento de 0,001245 do valor de NDVI a cada uma unidade de variação da lâmina (Figura 15).

Figura 16 – Estimativa do Índice NDVI na fase vegetativa de calêndulas para as respectivas épocas de semeadura em função da lâmina de irrigação.



Fonte: Autora (2021).

Para a cultura da canola, Pinto et al. (2015) registraram o maior valor de NDVI no período anterior ao florescimento, o que corrobora com o presente estudo, que apresentou o seu maior valor no período pré-florescimento ou vegetativo.

Para o índice NDVI na fase de florescimento, ocorreu diferença significativa para época de semeadura ($P \leq 0,05$), lâmina de irrigação ($P \leq 0,01$), interação entre época e lâmina ($P \leq 0,05$), interação entre época e cobertura ($P \leq 0,01$) e interação entre lâmina e cobertura ($P \leq 0,05$). As interações obtidas denotam a alta variabilidade do índice NDVI em períodos de floração para culturas com flores de coloração amarelo intensa.

Na Tabela 12, estão apresentados os valores médios de NDVI na fase de florescimento de calêndulas sob épocas de semeadura e cobertura do solo. Para o fator cobertura do solo, houve acréscimo da variável para o solo exposto (19,40%) e com cobertura 9 (4,84%) da época II em relação à época I. Para o fator época de semeadura, houve acréscimo da variável em plantas cultivadas com cobertura do solo na época I (8,47%) e decréscimo na época II (7,46%) em relação ao solo exposto.

Tabela 12 – Valores médios de NDVI na fase de florescimento de calêndulas submetidas a épocas de semeadura e coberturas do solo.

Época de semeadura	Cobertura do solo	
	Sem cobertura	Com cobertura
Época I	0,54 bB	0,59 bA
Época II	0,67 aA	0,62 aB

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para a variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora (2021).

A interação para a época de semeadura e lâminas de irrigação para o NDVI na fase de florescimento está apresentada na Tabela 13. A época II apresentou valores superiores de NDVI para todas as lâminas de irrigação, em comparação à época I, com o maior aumento para plantas não irrigadas (17,39%).

Tabela 13 – Valores médios de NDVI na fase de florescimento de calêndulas submetidas às épocas de semeadura e lâminas de irrigação.

Épocas de semeadura	Lâmina de irrigação				
	L0	L25	L50	L75	L100
Época I	0,57 b	0,58 b	0,59 b	0,56 b	0,53 b
Época II	0,69 a	0,62 a	0,68 a	0,65 a	0,58 a

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para a variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

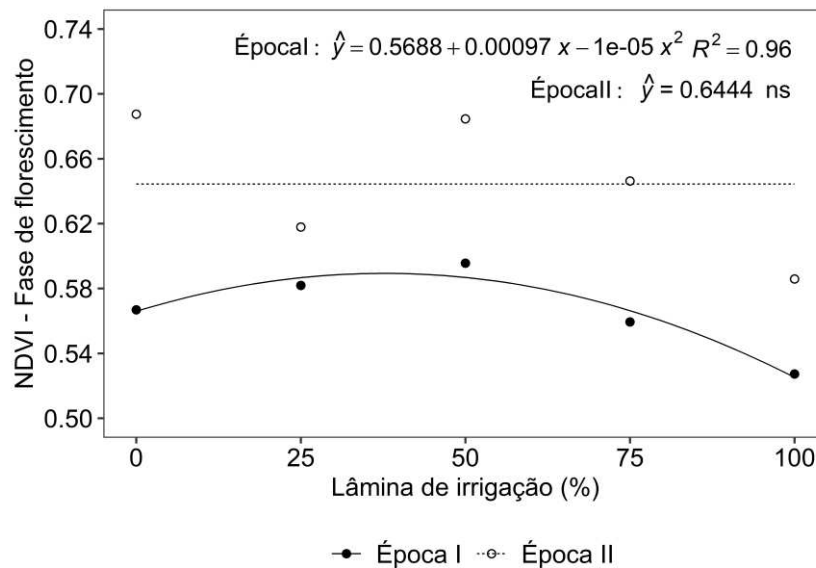
Fonte: Autora (2021).

A diminuição do NDVI na fase de florescimento na época I pode estar relacionado à expressiva produção de flores. Na fase de florescimento, a camada de flores de coloração amarelo intensa pode aumentar a reflectância da radiação visível, causando a diminuição dos valores de NDVI em comparação à fase vegetativa (PINTO et al., 2015).

A estimativa do índice NDVI na fase de florescimento de calêndulas para as épocas de semeadura em função da lâmina de irrigação está apresentada na Figura 17. Na época I, o melhor ajuste foi denotado pelo modelo quadrático, em que o valor máximo da estimativa do índice NDVI na fase de florescimento é de 0,586 para 34,64% da lâmina de irrigação. Na época II não houve significância, em que a estimativa média do NDVI é de 0,64.

Possivelmente, a alta floração na época I pode ter corroborado para a diminuição do NDVI. O aumento de flores de coloração amarela intensa da cultura da canola também diminuiu os valores de NDVI (PINTO et al., 2015; SULIK; LONG, 2015).

Figura 17 – Estimativa do índice NDVI na fase de florescimento de calêndulas para as respectivas épocas de semeadura em função da lâmina de irrigação.



Fonte: Autora (2021).

Na Tabela 14 estão apresentados os valores médios de NDVI na fase de florescimento de calêndulas cultivadas sob coberturas do solo e lâminas de irrigação. O uso de cobertura do solo apresentou diminuição do NDVI na fase vegetativa apenas de plantas não irrigadas, com decréscimo de 6,15%.

Tabela 14 – Valores médios de NDVI na fase de florescimento de calêndulas submetidas às coberturas do solo e lâminas de irrigação.

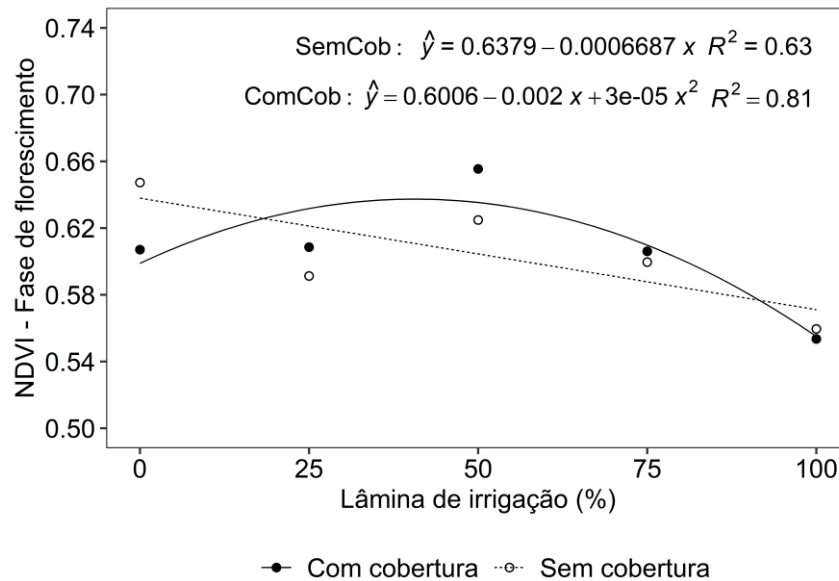
Cobertura do solo	Lâmina de irrigação				
	L0	L25	L50	L75	L100
Sem cobertura	0,65 a	0,59 a	0,62 a	0,60 a	0,56 a
Com cobertura	0,61 b	0,61 a	0,66 a	0,61 a	0,55 a

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para a variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora (2021).

Na Figura 18, têm-se a estimativa do NDVI na fase de florescimento de calêndulas para as épocas de semeadura em função das lâminas de irrigação. O cultivo de calêndula em solos sem cobertura apresentou comportamento linear para a variável NDVI na fase de florescimento, com decréscimo conforme o aumento da % da lâmina de irrigação, com a maior estimativa para 0% da lâmina de irrigação (0,638). O solo com cobertura apresentou o melhor ajuste para o modelo quadrático, em que o ponto máximo da função foi de 0,634 para 33,33% da lâmina de irrigação.

Figura 18 – Estimativa do índice NDVI na fase de florescimento de calêndulas para as respectivas épocas de semeadura em função da lâmina de irrigação.



Fonte: Autora (2021).

Ao estudar a cultura da canola Sulik e Long (2015) constataram que, quando proeminentes, as flores amarelas demonstraram o aumento da reflectância entre 600 e 700 nm, o que, conseqüentemente, diminuiu os valores de NDVI. Os autores acreditam que a informação espectral durante a floração pode melhorar a forma como o sensoriamento remoto é utilizado para descrever o desenvolvimento da planta e a capacidade reprodutiva durante o período de crescimento.

O valor de NDVI também pode ter diminuição da precisão da estimativa de biomassa acima do solo quando os sinais das flores são incorporados ao dossel da planta (SHEN et al., 2010). Ademais, ocorre uma diminuição linear à medida que a cobertura de flores do dossel aumenta, o que pode enviesar a estimativa da biomassa acima do solo, ao usar o NDVI em período de floração.

3.3.6 Número, massa fresca e seca de capítulos florais

Para o número de capítulos florais por planta de calêndula, ocorreu diferença significativa para lâmina de irrigação ($P \leq 0,01$) e cobertura do solo ($P \leq 0,01$).

Na Tabela 15, estão apresentados os valores médios do número de capítulos florais por planta de calêndula sob tipos de coberturas de solo. O número de capítulos florais apresentou acréscimo de 20,79% em plantas cultivadas com cobertura do solo em relação ao cultivo em solo sem cobertura.

Tabela 15 – Valores médios de número de capítulos florais planta⁻¹ de calêndulas sob o uso de coberturas de solo.

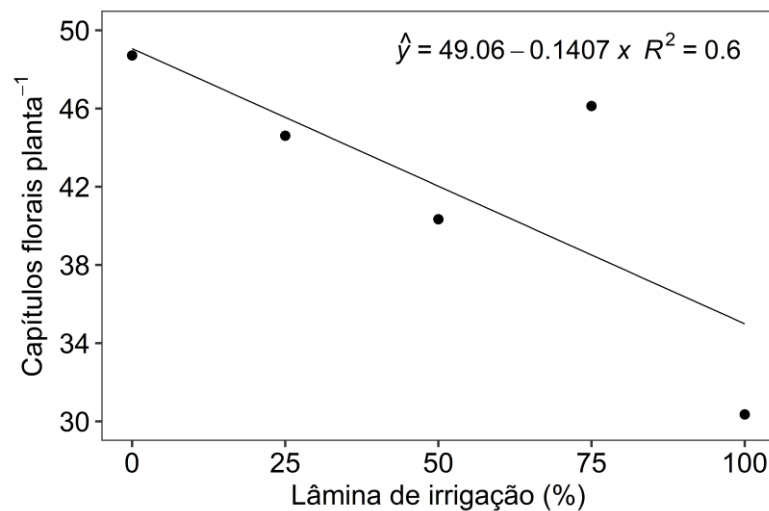
Número de capítulos florais (g planta ⁻¹)	Cobertura do solo	
	Sem cobertura	Com cobertura
	37,15 b	46,90 a

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha para a variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora (2021).

A estimativa do número de capítulos florais por planta de calêndula em função da lâmina de irrigação está apresentada na Figura 19. O número de capítulos florais apresentou comportamento linear com decréscimo conforme o aumento da % da lâmina de irrigação, com a maior estimativa para 0% da lâmina de irrigação (49,06 capítulos florais planta⁻¹).

Figura 19 – Estimativa do número de capítulos florais planta⁻¹ de calêndulas em função da lâmina de irrigação.



Fonte: Autora (2021).

Para a massa fresca de capítulos florais, em g planta⁻¹, ocorreu diferença significativa para época de semeadura ($P \leq 0,01$), lâmina de irrigação ($P \leq 0,01$), cobertura do solo ($P \leq 0,01$), interação entre época e lâmina ($P \leq 0,05$) e interação entre época e cobertura ($P \leq 0,01$).

Na Tabela 16, têm-se a interação entre épocas de semeadura e coberturas do solo para a massa fresca de inflorescências. Para o fator época, na época I, o uso de cobertura do solo propiciou o aumento de 24,75% da massa seca de flores. A época II não apresentou variação quanto ao uso de cobertura do solo. Para o fator cobertura do solo, houve acréscimo da variável para o cultivo com e sem cobertura, respectivamente, de 35,45% e 51,07% na época I em relação à época II.

Tabela 16 – Valores médios de massa fresca de capítulos florais, em g planta⁻¹, de calêndulas submetidas a épocas de semeadura e coberturas do solo.

Época de semeadura	Cobertura do solo	
	Sem cobertura	Com cobertura
Época I	80,53 aB	107,02 aA
Época II	51,98 bA	52,36 bA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para a variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora (2021).

Os valores médios de massa fresca de capítulos florais de calêndula sob época de semeadura e lâmina de irrigação estão apresentados na Tabela 17. Notou-se o aumento da variável para todas as lâminas aplicadas do cultivo na época II em relação à época I, com os maiores acréscimos para 25% (44,11%), 75% (53,17%) e 100% (51,22%) da lâmina de irrigação.

Tabela 17 – Valores médios de massa fresca de capítulos florais, em g planta⁻¹, de calêndulas submetidas às épocas de semeadura e lâminas de irrigação.

Épocas de semeadura	Lâmina de irrigação				
	L0	L25	L50	L75	L100
Época I	94,40 a	101,48 a	78,15 a	117,94 a	76,90 a
Época II	55,68 b	56,71 b	55,70 b	55,23 b	37,51 b

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para a variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora (2021).

Para a massa seca de capítulos florais, em g planta⁻¹, ocorreu diferença significativa para época de semeadura ($P \leq 0,01$), lâmina de irrigação ($P \leq 0,01$), cobertura do solo ($P \leq 0,01$), interação entre época e lâmina ($P \leq 0,05$) e interação entre época e cobertura ($P \leq 0,01$).

A variável massa seca de capítulos florais apresentou o mesmo comportamento da massa fresca de capítulos florais e está apresentada na Tabela 18. Para o fator época de semeadura, as calêndulas cultivadas na época II não foram afetadas pelo tipo de cobertura. O cultivo na época I apresentou acréscimo da variável com o uso de cobertura do solo, com acréscimo de 22,84% para o uso de cobertura em relação ao solo exposto. Para o fator cobertura do solo, o cultivo sem e com cobertura do solo apresentou aumento da variável na época I em relação à época II, com acréscimo de 38,58% e 50,49%, respectivamente.

Tabela 18 – Valores médios de massa seca de capítulos florais, em g planta⁻¹, de calêndulas submetidas a épocas de semeadura e coberturas do solo.

Época de semeadura	Cobertura do solo	
	Sem cobertura	Com cobertura
Época 1	9,46 aB	12,26 aA
Época 2	5,81 bA	6,07 bA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para a variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora (2021).

O rendimento da massa fresca e seca de inflorescências de calêndula é altamente variável, o que pode ser atribuído a condições ambientais da área de cultivo, a diferentes densidades de plantio, práticas de fertilização, manejo de irrigação e até da variedade utilizada.

A cobertura do solo aumentou os parâmetros relativos à produtividade, o que pode ser devido ao aumento da disponibilidade de N no solo, hipótese já levantada anteriormente. O uso do nitrogênio como fertilizante no cultivo de calêndula e sua efetividade no aumento da produtividade já é bem estabelecida na literatura, como verificado por Nagmote et al., (2020), Samoon et al. (2018), Sharma et al. (2017), Bielski e Szwejkowska (2013) e Kumar e Singh (2011).

Na Tabela 19, têm-se o desdobramento da interação épocas de semeadura e lâminas de irrigação para a variável massa seca de capítulos florais. Nota-se que a época II apresentou os maiores valores independente da % da lâmina de irrigação. O destaque é atribuído a 75% (52,90%) e 100% (51,92%) da lâmina de irrigação, com acréscimos maiores que 50% para a variável.

Tabela 19 – Valores médios de massa seca de capítulos florais, em g planta⁻¹, de calêndulas submetidas às épocas de semeadura e lâminas de irrigação.

Épocas de semeadura	Lâmina de irrigação				
	L0	L25	L50	L75	L100
Época I	12,36 a	11,58 a	8,68 a	13,08 a	8,61 a
Época II	6,42 b	6,39 b	6,40 b	6,16 b	4,14 b

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para a variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora (2021).

Considerando níveis de irrigação (25, 50, 75 e 100% da lâmina de irrigação), Metwally, Khalid e Abou-leila (2013) concluíram que o estresse hídrico afeta o crescimento e a produção de *Calendula officinalis* L. A aplicação da lâmina de 75% foi a que apresentou o maior valor médio para a massa fresca de capítulos florais, corroborando com o presente estudo. A aplicação de 25% da lâmina de irrigação,

acarretou perdas na produtividade, em divergência ao presente estudo. As precipitações ocorridas no período experimental podem ter evitado o déficit hídrico prejudicial para a produtividade.

O excesso hídrico causou a diminuição linear do rendimento de massa seca e número de capítulos por planta de calêndula em estudo realizado por Bortolo, Marques e Pacheco (2009), semelhante ao presente trabalho. A precipitação no período anterior ao florescimento, no tratamento não irrigado, estimulou o florescimento das plantas

Ebrahimi, Zamani e Alizadeh (2016) ao estudarem o sistema antioxidante de *Calendula officinalis* L. afirmam que em níveis mais baixos de estresse hídrico (80% do conteúdo de água disponível no solo) a atividade do sistema antioxidante é capaz de reduzir os efeitos adversos do déficit hídrico e que o uso de métodos como a aplicação de hormônios e o melhoramento genético podem aumentar a resistência à seca e incrementar a sua produtividade, o que carece de mais estudos.

A escolha da data da semeadura é fundamental para o máximo aproveitamento dos recursos naturais durante o período de crescimento. O efeito de fatores climáticos nos estágios fisiológicos das plantas provoca diferenças em tempos de cultivo, inclusive afetando o período de floração. A coincidência de altas temperaturas na época de floração causam efeitos adversos (SAFAEI et al., 2017). O período de floração na época I foi maior do que na época II, o que pode ter corroborado para o expressivo aumento na produtividade de calêndulas.

3.3.7 Produtividade da água

Para a produtividade da água, ocorreu diferença significativa para época de semeadura ($P \leq 0,01$), lâmina de irrigação ($P \leq 0,01$), cobertura do solo ($P \leq 0,05$), interação entre época e lâmina ($P \leq 0,01$) e época e cobertura ($P \leq 0,01$).

Os valores médios da produtividade da água da interação entre épocas de semeadura e coberturas do solo está apresentada na Tabela 20. Para o fator época de semeadura, a época I apresentou aumento de 25,68% com o uso de cobertura de solo em relação ao solo exposto e a época II não foi significativa. Para o fator cobertura do solo, o solo sem e com cobertura apresentou aumento da variável quando cultivados na época I em relação à época II, com acréscimo de 34,55% e 48,65%, respectivamente.

Tabela 20 – Valores médios de produtividade da água, em kg mm⁻¹, do cultivo de calêndulas submetidas às épocas de semeadura e coberturas do solo.

Época de semeadura	Cobertura do solo	
	Sem cobertura	Com cobertura
Época I	0,055 aB	0,074 aA
Época II	0,036 bA	0,038 bA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para a variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora (2021).

Os valores médios de produtividade da água para a interação entre épocas de semeadura e lâminas de irrigação estão apresentados na Tabela 21. A época I apresentou maiores valores médios de produtividade da água para todas as lâminas de irrigação, exceto para 50% da lâmina de irrigação. O maior acréscimo foi de 53,61% para plantas não irrigadas.

Tabela 21 – Valores médios de produtividade da água, em kg mm⁻¹, do cultivo de calêndulas submetidas às épocas de semeadura e lâminas de irrigação.

Épocas de semeadura	Lâmina de irrigação				
	L0	L25	L50	L75	L100
Época 1	0,097 a	0,077 a	0,049 a	0,062 a	0,038 a
Época 2	0,045 b	0,040 b	0,042 a	0,036 b	0,023 b

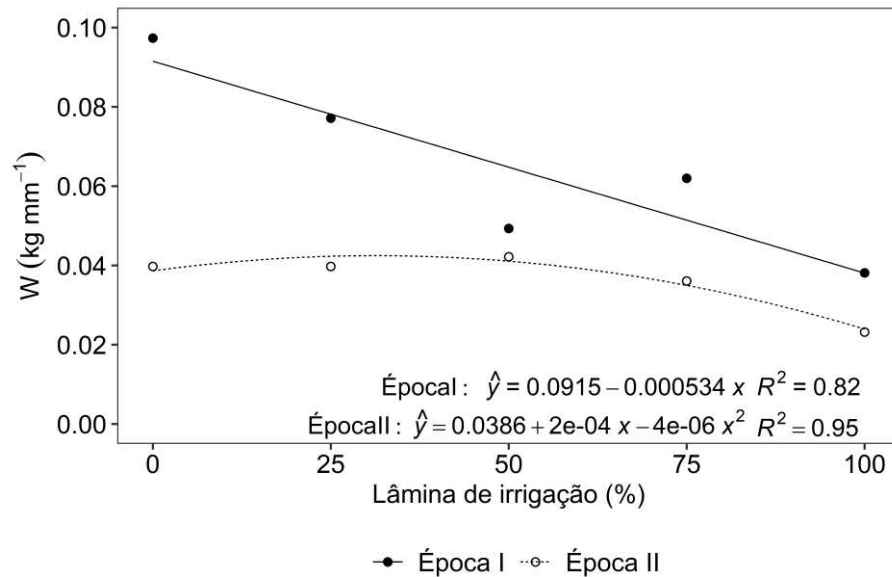
As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para a variável não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autora (2021).

A estimativa da produtividade da água (W) do cultivo de calêndulas para épocas de semeadura em função da lâmina de irrigação está apresentada na Figura 20. Para a época I, o modelo de regressão que melhor se ajustou foi o linear, com decréscimo em W conforme o aumento da lâmina de irrigação, a maior estimativa é de 0,092 para 0% da lâmina de irrigação. Para a época II, o modelo de regressão que melhor se ajustou foi o quadrático, em que o valor máximo foi de 0,041 para 25% da lâmina de irrigação.

No geral, as estimativas de W indicam que a diminuição da % da lâmina de irrigação aumentou consideravelmente a produtividade da água, inferindo uma possível economia dos recursos hídricos, principalmente no cultivo na época I.

Figura 20 – Estimativa da produtividade da água (W) do cultivo de calêndulas, em kg mm^{-1} , para as respectivas épocas de semeadura em função da lâmina de irrigação.



Fonte: Autora, 2021.

Ao estudar o cultivo de calêndula sob diferentes regimes de irrigação e genótipos, Zarrinabadi et al. (2019) observaram que a produtividade da água não foi afetada pelo déficit hídrico apresentando valor médio de $0,042 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$.

O déficit hídrico em calêndula aumentou a produtividade da água de acordo com Moosavi et al. (2014), corroborando com o presente estudo. Os autores definiram três níveis de irrigação (após 60, 120 e 180 de evaporação cumulativa do tanque classe A) e apesar do decréscimo de 16% do rendimento de flores secas para o tratamento que recebeu a menor lâmina de irrigação, houve acréscimo de 51% para a produtividade da água.

A produtividade da água em calêndulas submetidas a estresse hídrico já foi beneficiada quanto ao uso de reguladores de estresse hídrico, como o sulfato de zinco, glicina, betaína e ácido salicílico (GHOLINEZHAD, 2020); à seleção de genótipos resistentes ao déficit hídrico (ZARRINABADI et al., 2019b, 2019a); e ao uso de fertilizantes biológicos (SHAKIB et al., 2019) e químicos (MOOSAVI et al., 2014b).

A aplicação de 100% da lâmina de irrigação na calêndula resultou em menor produtividade da água. Resultados semelhantes foram observados por Bortolo, Marques, & Pacheco (2009) para a calêndula. De acordo com os autores, a aplicação diária de água em excesso pode ter causado a redução da troca gasosa entre a planta e o meio ambiente, ao reduzir o suprimento de O_2 para as raízes e, conseqüentemente, limitar a respiração e a absorção de nutrientes.

O estresse hídrico por excesso de água provoca prejuízos à planta, esta condição leva a falta de oxigênio para as raízes, o que pode provocar a morte dos tecidos radiculares por favorecer a fermentação láctica e acidose nas células, podendo também levar a redução na absorção de nutrientes e água por falta de energia (TAIZ; ZEIGER, 2012). Esse processo pode ter sido um dos fatores que afetaram as plantas que receberam 100% da lâmina de irrigação somado às precipitações pluviais, que pode ter acarretado estresse por excesso de água, o que levou à diminuição de parâmetros de crescimento e produtividade da cultura.

A identificação de estratégias de déficit de irrigação em fases específicas de desenvolvimento das plantas pode auxiliar na manutenção de respostas fisiológicas, além de otimizar o uso dos recursos hídricos e estabilizar os rendimentos e a qualidade de safras de cultivo de plantas medicinais (YASHESHWAR et al., 2017).

O efeitos do déficit hídrico dependem do estágio fenológico, bem como da duração e severidade do déficit (DU et al., 2015). Assim, são necessários estudos voltados à compreensão do desempenho produtivo sazonal de calêndula, uma vez que plantas não irrigadas, que sofreram restrições hídricas na fase de pré-floração e ao longo do ciclo fenológico, apresentaram expressivo aumento de inflorescências. Prinsloo e Nogemane (2018) afirmam que, embora as estações do ano sejam responsáveis por alterações no metabolismo vegetal, o impacto da água sobre essas diferenças é considerável e têm-se demonstrado que o efeito da disponibilidade hídrica impacta o desenvolvimento vegetal.

A influência das estações sazonais pode ser atribuída a condições edafoclimáticas da área de estudo, como temperatura do ar, umidade do solo, precipitação, bem como aos diferentes estágios do metabolismo vegetal e podem estar associadas com a mudança no perfil de crescimento e desenvolvimento das plantas. A época I e época II correspondem ao período de cultivo outono/inverno e primavera/verão, respectivamente. A alta produtividade obtida no período de cultivo outono/inverno indica que o cultivo da calêndula pode ser considerado uma opção de entressafra de grandes culturas como o milho e a soja.

O uso de cobertura do solo provinda de leguminosas são uma fonte importante de fertilidade e podem ter contribuído para o aumento dos parâmetros de crescimento e produtividade observados no trabalho, pois são capazes de fixar o nitrogênio atmosférico e trazer de forma efetiva novo N para o sistema solo-planta (PERRONE et al., 2020).

Os resultados apresentados podem auxiliar no planejamento agrônomo e manejo da irrigação a fim de aumentar a produtividade, reduzir os custos e conservar a estrutura e integridade do solo. Assim, a compreensão de como o crescimento e a produção a longo prazo são influenciados por práticas agrônômicas, como a definição da data de semeadura e o uso de cobertura do solo, podem propiciar o uso mais eficiente da água e o desenvolvimento de uma agricultura irrigada mais sustentável.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados experimentais, pode-se concluir que o uso de cobertura do solo com resíduos de leguminosas pode ser um aliado para o aumento da produtividade da cultura e da água.

O uso de cobertura do solo propiciou, em conjunto ao cultivo no outono/inverno (Época I), para as condições edafoclimáticas da Zona da Mata mineira, aumento em parâmetros de crescimento e produtividade da cultura e do uso da água. A época de cultivo na primavera/verão apresentou baixa produção de capítulos florais, independente do uso de cobertura do solo, em comparação ao outono inverno.

O déficit hídrico não acarretou prejuízos produtivos e as plantas não irrigadas apresentaram valores expressivos para os parâmetros analisados. No geral, as condições edafoclimáticas de Viçosa – MG no outono/inverno são propícias para o desenvolvimento e produção da calêndula, em que a irrigação pode ser utilizada como uma estratégia para o impulsionamento da floração.

No geral, considerando as condições climáticas para a região de Viçosa – MG, o uso de cobertura do solo é uma estratégia agrônômica recomendada, pois pode levar a uma produção lucrativa de calêndula, com o aumento da produtividade e economia do uso da água.

REFERÊNCIAS

- AKHTAR, K. et al. Changes in soil enzymes, soil properties, and maize crop productivity under wheat straw mulching in Guanzhong, China. **Soil and Tillage Research**, v. 182, n. 95, p. 94–102, 2018.
- AL-OBAIDY, H. et al. Application of Superabsorbent and Mulch on Some Traits of African Marigold (*Tagetes erecta*) under Irrigation Intervals. **Journal of Ornamental Plants**, v. 9, n. 3, p. 153–164, 2019.
- ALEXANDRE, J. T. M. et al. Anti-inflammatory and antiresorptive effects of calendula officinalis on inflammatory bone loss in rats. **Clinical Oral Investigations**, v. 22, n. 6, p. 2175–2185, 2018.
- ALI, E. M.; ABD EL-MOATY, H. Antifungal Activity of *Achillea santolina* L. and *Calendula officinalis* L. Essential Oils and Their Constituents Against Fungal Infection of Liver as Complication of Cyclophosphamide Therapy. **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 20, n. 4, p. 1030–1043, 2017.
- AM, A. M. **Pesquisa incentiva cultivo de plantas medicinais para uso fitoterápico**. Disponível em: <<http://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/pesquisa-incentiva-cultivo-de-plantas-medicinais-para-uso-fitoterapico>>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- ANDERSON, V. M. et al. Fertility source and drought stress effects on plant growth and essential oil production of *Calendula officinalis*. **HortScience**, v. 51, n. 4, p. 342–348, 2016.
- ANVISA. **Memento Fitoterápico da Farmacopeia Brasileira**. 1. ed. Brasília: ANVISA, 2016. v. 1
- ANVISA. **Farmacopeia Brasileira - Plantas medicinais**. 6. ed. Brasília: ANVISA, 2019. v. 2
- ASHWLAYAN, V. D. et al. Therapeutic Potential of *Calendula officinalis*. **Pharmacy & Pharmacology International Journal**, v. 6, n. 2, 2018.
- BERIMAVANDI, A. R. et al. Effects of plant density and sowing date on the growth, flowering and quantity of essential oil of *calendula officinalis* L. **Journal of Medicinal Plant Research**, v. 5, n. 20, p. 5110–5115, 2011.
- BIELSKI, S.; SZWEJKOWSKA, B. Effect of fertilization on the development and yields of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). **Herba Polonica**, v. 59, n. 2, p. 5–12, 2013.
- BORTOLO, D. P. G.; MARQUES, P. A. A.; PACHECO, A. C. Teor e rendimento de flavonóides em calêndula (*Calendula officinalis* L.) cultivada com diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 11, n. 4, p. 435–441, 2009.
- BOYLE, R. K. A.; MCAINSH, M.; DODD, I. C. Stomatal closure of *Pelargonium* ×

hortorum in response to soil water deficit is associated with decreased leaf water potential only under rapid soil drying. **Physiologia Plantarum**, v. 156, n. 1, p. 84–96, 2016.

BÜCHI, L. et al. Accumulation of biologically fixed nitrogen by legumes cultivated as cover crops in Switzerland. **Plant and Soil**, v. 393, n. 1–2, p. 163–175, 2015.

BUZZI, M.; FREITAS, F. DE; WINTER, M. D. B. Therapeutic effectiveness of a. **Journal of Wound Care**, v. 25, n. 12, p. 732–739, 2016.

CASER, M. et al. Drought stress adaptation modulates plant secondary metabolite production in *Salvia dolomitica* Codd. **Industrial Crops and Products**, v. 129, n. December 2018, p. 85–96, 2019.

CHALESHTORI, S. H.; KACHOIE, M. A.; PIRBALOUTI, A. G. Phytochemical analysis and antibacterial effects of *Calendula officinalis* essential oil. **Bioscience Biotechnology Research Communications**, v. 9, n. 3, p. 517–522, 2016.

CHEN, A.; ORLOV-LEVIN, V.; MERON, M. Applying high-resolution visible-channel aerial imaging of crop canopy to precision irrigation management. **Agricultural Water Management**, v. 216, n. November 2018, p. 196–205, 2019.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, C. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999.

CRUCERIU, D.; BALACESCU, O.; RAKOSY, E. *Calendula officinalis*: Potential Roles in Cancer Treatment and Palliative Care. **Integrative Cancer Therapies**, v. 17, n. 4, p. 1068–1078, 2018.

CRUSIOL, L. G. T. et al. **Influência do horário das medições nos valores de NDVI**. (V. C. B. de Soja, Ed.) Brasília: Embrapa, 2012 Disponível em: <www.cbsoja.com.br/anais/trabalhos/127_s323.pdf>

CUNHA, F. F. et al. Uniformidade de distribuição em sistemas de irrigação por gotejamento utilizando água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 1, p. 2–6, jan. 2006.

DESCAMPS, C. et al. Temperature and water stress affect plant–pollinator interactions in *Borago officinalis* (Boraginaceae). **Ecology and Evolution**, v. 8, n. 6, p. 3443–3456, 2018.

DINDA, M. et al. The water fraction of *calendula officinalis* hydroethanol extract stimulates in vitro and in vivo proliferation of dermal fibroblast in wound healing. **Phytotherapy Research**, v. 30, n. 10, p. 1696–1707, 2016.

DU, T. et al. Deficit irrigation and sustainable water-resource strategies in agriculture for China's food security. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 8, p. 2253–2269, 2015.

EBERLE, C. A. et al. Seed germination of *calendula* in response to temperature. **Industrial Crops and Products**, v. 52, p. 199–204, 2014.

EBRAHIMI, M.; ZAMANI, G.; ALIZADEH, Z. Antioxidant Activity: A Strategy for Alleviating the Effects of Drought on *Calendula officinalis* L. **European Journal of Medicinal Plants**, v. 15, n. 4, p. 1–14, 2016.

EFSTRATIOU, E. et al. Antimicrobial activity of *Calendula officinalis* petal extracts against fungi, as well as Gram-negative and Gram-positive clinical pathogens. **Complementary Therapies in Clinical Practice**, v. 18, n. 3, p. 173–176, 2012.

ELZORBA, H. Some Pharmacological & Toxicological Activities of <i>></i>*Calendula officinalis*</i> Linn. Flower 70% Ethanol Extract. **Animal and Veterinary Sciences**, v. 4, n. 2, p. 26, 2016.

EPAMIG, E. DE P. A. DO E. DE M. G. **Hortaliças e Plantas Medicinais**. Disponível em: <<http://www.epamig.br/hortaliças-plantas-medicinais/>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

FATIMA, S. S. et al. In vitro analysis of ethanolic extract of flowers of *Calendula officinalis* for antioxidant , antimicrobial and uv-h2o2 induced DNA damage protection activity In vitro analysis of ethanolic extract of flowers of *Calendula officinalis* for antioxidant , anti. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, n. 5, 2018.

FEAM (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE) et al. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**Belo HorizonteFundação Estadual do Meio Ambiente, , 2010.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes: An R Package for ANOVA and Experimental Designs. **Applied Mathematics**, v. 05, n. 19, p. 2952–2958, 2014.

FRYE, W. W. et al. Role of Annual Legume Cover Crops in Efficient Use of Water and Nitrogen. In: HARGROVE, W. (Ed.). . **Cropping Strategies for Efficient Use of Water and Nitrogen**. 1. ed. Madison: [s.n.]. p. 129–154.

GALIOTO, F. et al. The value of information for the management of water resources in agriculture: Assessing the economic viability of new methods to schedule irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 227, n. October 2019, p. 105848, 2020.

GESCH, R. W. Growth and yield response of calendula (*Calendula officinalis*) to sowing date in the northern U.S. **Industrial Crops and Products**, v. 45, p. 248–252, 2013.

GHOLAMI, R.; ZAHEDI, S. M. Identifying superior drought-tolerant olive genotypes and their biochemical and some physiological responses to various irrigation levels. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, n. 17, p. 2057–2069, 2019.

GHOLINEZHAD, E. Impact of drought stress and stress modifiers on water use efficiency, membrane lipidation indices, and water relationship indices of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). **Brazilian Journal of Botany**, p. 1–13, 2020.

GIVOL, O. et al. A systematic review of calendula officinalis extract for wound healing. **Wound Repair and Regeneration**, v. 27, n. 5, p. 548–561, 2019.

- GOMES, D. S. et al. Comparação do teor de flavonoides de *Calendula officinalis* em cultivo orgânico em diferentes estações climáticas. **Revista Diálogos Interdisciplinares**, v. 7, n. 3, p. 14, 2018.
- GONG, X. et al. Green waste compost and vermicompost as peat substitutes in growing media for geranium (*Pelargonium zonale* L.) and calendula (*Calendula officinalis* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 236, n. March 2017, p. 186–191, 2018.
- HONÓRIO, I. C. G. et al. Growth, development and content of flavonoids in calendula (*Calendula officinalis* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 1, p. 69, 2016.
- IZADI, Z.; REZAEI NEJAD, A.; ABADÍA, J. Physio-morphological and biochemical responses of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) to split iron nutrition. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 42, n. 1, p. 1–14, 2020.
- JADHAV, J. G. et al. Effect of spacing on growth, flower yield and quality of calendula under Vidarbha (M.S.) conditions. **J. Soils and Crops**, v. 24, n. 1, p. 82–85, 2014.
- KADER, E. H. A. et al. Effect of Pine Needle Mulch and Irrigation Frequency on the Yield of *Origanum syriacum* under Open Field Condition. **European Journal of Medicinal Plants**, v. 26, n. 4, p. 1–8, 2019.
- KAUR, A.; BRAR, A. S. Influence of mulching and irrigation scheduling on productivity and water use of turmeric (*Curcuma longa* L.) in north-western India. **Irrigation Science**, v. 34, n. 4, p. 261–269, 2016.
- KAUR, A.; BRAR, A. S.; BRAR, A. S. To evaluate the effect of mulch , Irrigation methods and schedules on yield and quality of turmeric (*Curcuma longa*). v. 8, n. 2, p. 1822–1829, 2019.
- KAZEMI, F.; JOZAY, M. The effect of organic and inorganic mulches on growth and morphophysiological characteristics of *Gaillardia* sp . **Desert**, v. 25, n. 2, p. 155–164, 2020.
- KELLER, J.; KARMELI, J. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corp, 1975.
- KIRNAK, H.; IRIK, H. A.; UNLUKARA, A. Potential use of crop water stress index (CWSI) in irrigation scheduling of drip-irrigated seed pumpkin plants with different irrigation levels. **Scientia Horticulturae**, v. 256, n. June, p. 108608, 2019.
- KODIYAN, J.; AMBER, K. A Review of the Use of Topical *Calendula* in the Prevention and Treatment of Radiotherapy-Induced Skin Reactions. **Antioxidants**, v. 4, n. 2, p. 293–303, 2015.
- KOKKINO, I. et al. Response of native aromatic and medicinal plant species to water stress on adaptive green roof systems. **HortScience**, v. 51, n. 5, p. 608–614, 2016.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Wall-map ed. Verlag Justus Perthes: Gotha, 1928.

- KUMAR, A.; SINGH, A. K. Effect of spacing and nitrogen levels on vegetative growth, flowering behaviour and yield of calendula (*calendula officinalis* L.). **Plant Archives**, v. 11, n. 2, p. 941–944, 2011.
- LAHMUD, N. R. et al. Effect of wheat straw as a cover crop on the chlorophyll, seed, and oilseed yield of *trigonella foenum graecum* L under water deficiency and weed competition. **Plants**, v. 8, n. 11, p. 1–16, 2019.
- LAMPONI, S. et al. Evaluation of in vitro cell and blood compatibility and in vivo analgesic activity of plant-derived dietary supplements. **Journal of Integrative Medicine**, v. 17, n. 3, p. 213–220, 2019.
- LAWSON, T.; VIALET-CHABRAND, S. Speedy stomata, photosynthesis and plant water use efficiency. **New Phytologist**, v. 221, n. 1, p. 93–98, 2019.
- LIN, W.; LIU, W.; XUE, Q. Spring maize yield, soil water use and water use efficiency under plastic film and straw mulches in the Loess Plateau. **Scientific Reports**, v. 6, n. December, 2016.
- MANTOVANI, E. C. **Avalia. Manual do Usuário**. Viçosa, DEA/UFV: PNP&D/Café EMBRAPA, 2002.
- MASONDO, N. A. et al. How Do Different Watering Regimes Affect the Growth, Chlorophyll Fluorescence, Phytohormone, and Phenolic Acid Content of Greenhouse-Grown *Ceratotheca triloba*? **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 38, n. 2, p. 385–399, 2019.
- MÉRIDA GARCÍA, A. et al. Coupling irrigation scheduling with solar energy production in a smart irrigation management system. **Journal of Cleaner Production**, v. 175, p. 670–682, 2018.
- MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: A guide for management**. 3. ed. Utah: Utah State University, 1978.
- METWALLY, S. A. L. I.; KHALID, K. A. L. I.; ABOU-LEILA, B. H. Effect of water regime on the growth, flower yield, essential oil and proline contents of *Calendula officinalis*. **Nusantara Bioscience**, v. 5, n. 2, p. 65–69, 2013.
- MIRZAEI, M. et al. Effects of sowing date and plant density on marigold (*Calendula officinalis*) morphology and flower yield. **Journal of Medicinal Plants Studies**, v. 4, n. 3, p. 229–232, 2016.
- MISHRA, A. K. et al. Screening of acute and sub-chronic dermal toxicity of *Calendula officinalis* L essential oil. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 98, n. February 2017, p. 184–189, 2018.
- MOOSAVI, S. G. et al. Effect of water deficit stress and nitrogen fertilizer on flower yield and yield components of marigold (*Calendula officinalis* L.). **International Journal of Biosciences (IJB)**, v. 4, n. 9, p. 42–49, 2014a.
- MOOSAVI, S. G. et al. Water use efficiency and morphological traits of marigold as affected by irrigation and nitrogen rates. **International Journal of Biosciences**

(IJB), v. 5, n. 4, p. 230–237, 2014b.

MOUHID, L. et al. Identification of antitumoral agents against human pancreatic cancer cells from Asteraceae and Lamiaceae plant extracts 11 Medical and Health Sciences 1112 Oncology and Carcinogenesis. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 18, n. 1, p. 1–11, 2018.

NAGMOTE, R. S. et al. Effect of graded level of nitrogen and phosphorus on yield, quality and total uptake of calendula. **International Journal of Chemical Studies**, v. 8, n. 2, p. 1680–1682, 2020.

NAIK, K. B. et al. Standardisation of agro-techniques for flower quality parameters in ornamental sunflower (*Helianthus annuus* L.). v. 12, n. 1, p. 33–41, 2017.

NARAYAN, S. et al. Influence of Plastic and organic mulching on productivity, growth and weed density in chilli (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 6, n. 6, p. 1733–1735, 2017.

NEJATZADEH-BARANDOZI, F. Effects of different levels of mulch and irrigation on growth traits and essential oil content of basil. **Italian Journal of Agronomy**, v. 15, n. 3, p. 222–228, 2020.

NICOLAUS, C. et al. In vitro studies to evaluate the wound healing properties of *Calendula officinalis* extracts. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 196, n. November 2016, p. 94–103, 2017.

PARK, D. J. et al. Physiological responses and effective selection criteria of drought tolerant plants. **Journal of Environmental Biology**, v. 39, n. July, p. 507–516, 2018.

PAZHOHIDEH, Z. et al. The effect of *Calendula officinalis* versus metronidazole on bacterial vaginosis in women: A double-blind randomized controlled trial. **Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research**, v. 9, n. 1, p. 15, 2018.

PERRONE, S. et al. Nitrogen fixation and productivity of winter annual legume cover crops in Upper Midwest organic cropping systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 117, n. 1, p. 61–76, 2020.

PINTO, D. G. et al. Perfil temporal de NDVI da canola medido com sensor óptico ativo em função da adubação nitrogenada. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasi**, n. 1, p. 6381–6388, 2015.

PRINSLOO, G.; NOGEMANE, N. The effects of season and water availability on chemical composition, secondary metabolites and biological activity in plants. **Phytochemistry Reviews**, v. 17, n. 4, p. 889–902, 2018.

RAFIEIAN-KOPAEI, M. Medicinal plants and the human needs. **Journal of HerbMed Pharmacology**, v. 1, n. 1, p. 1–2, 2012.

RDC TEAM. **R Development Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing.** Vienna, Austria, 2013. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>

RIBEIRO, L. H. L. Análise dos programas de plantas medicinais e fitoterápicos no Sistema Único de Saúde (SUS) sob a perspectiva territorial. **Ciencia & Saude Coletiva**, v. 24, n. 5, p. 1733–1742, 2019.

RUPP, L. A. et al. Native and adapted plant introduction for low-water landscaping. **HortTechnology**, v. 28, n. 4, p. 431–435, 2018.

SACCON, P. Water for agriculture, irrigation management. **Applied Soil Ecology**, v. 123, n. November 2017, p. 793–796, 2018.

SAFAEI, Z. et al. The Effect of Planting Seasons on Quantitative and Qualitative Characteristics of Black cumin -*Nigella sativa* L.-. **Journal of Medicinal Plants and By-products**, v. 6, p. 27–33, 2017.

SAFFARI, E. et al. Comparing the effects of *Calendula officinalis* and clotrimazole on vaginal Candidiasis : A randomized controlled trial. **Women & Health**, v. 57, n. 10, p. 1145–1160, 26 nov. 2017.

SAHINGIL, D. GC/MS-Olfactometric Characterization of the Volatile Compounds, Determination Antimicrobial and Antioxidant Activity of Essential Oil from Flowers of *Calendula* (*Calendula officinalis* L.). **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 22, n. 6, p. 1571–1580, 2019.

SAMOON, S. et al. Effect of nitrogen and phosphorus levels on flowering of *calendula* (*Calendula officinalis* L) var. touch of red Mixture. **The Pharma Innovation Journal**, v. 7, n. 5, p. 39–41, 2018.

SANTOS, C. A. B. et al. Efeito de coberturas mortas vegetais sobre o desempenho da cenoura em cultivo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 103–107, 2011.

SANTOS, H. T. et al. Effects of irrigation management and seasonal stages on essential oil content and biomass of *Origanum vulgare* L. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 12, n. 1, p. 42–56, 2020.

SEAPA, S. DE E. DE A. P. E A. DO E. DE M. G. **Epamig desenvolve tecnologias pós-colheita para plantas medicinais de interesse do SUS**. Disponível em: <<http://www.agricultura.mg.gov.br/index.php/component/gmg/story/3856-epamig-desenvolve-tecnologias-pos-colheita-para-plantas-medicinais-de-interesse-do-sus>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

SEKI, K. SWRC fit – a nonlinear fitting program with a water retention curve for soils having unimodal and bimodal pore structure. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, v. 4, n. 1, p. 407–437, 27 fev. 2007.

SHAKIB, A. K. et al. Vermicompost and Manure Compost Reduce Water-Deficit Stress in Pot Marigold (*Calendula officinalis* L. cv. Candyman Orange). **Compost Science and Utilization**, v. 27, n. 1, p. 61–68, 2019.

SHAREEF, M. et al. Water productivity, growth, and physiological assessment of deficit irrigated cotton on hyperarid desert-oases in northwest China. **Agricultural Water Management**, v. 206, n. January, p. 1–10, 2018.

SHARMA, A. et al. Efficient Microorganism Compost Benefits Plant Growth and Improves Soil Health in Calendula and Marigold. **Horticultural Plant Journal**, v. 3, n. 2, p. 67–72, 2017.

SHEN, M. et al. Do flowers affect biomass estimate accuracy from NDVI and EVI? **International Journal of Remote Sensing**, v. 31, n. 8, p. 2139–2149, 2010.

SHENG, Z.; ABUDU, S.; GANJEGUNTE, G. Impacts of graywater irrigation and soil conditioning with mulch on cotton growth and soil properties. **Water Science and Technology: Water Supply**, v. 19, n. 4, p. 1080–1087, 2019.

SILVA, D. M. N. et al. Impact of soil cover systems on soil quality and organic production of yacon. **Scientia Horticulturae**, v. 235, n. July 2017, p. 407–412, 2018.

SILVA, E. M.; MOORE, V. M. Cover crops as an agroecological practice on organic vegetable farms in Wisconsin, USA. **Sustainability (Switzerland)**, v. 9, n. 1, 2017.

SOUZA, M. R. M.; PEREIRA, R. G. F.; FONSECA, M. C. M. Comercialização de plantas medicinais no contexto da cadeia produtiva em minas gerais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. SPL.ISS, p. 242–245, 2012.

SULIK, J. J.; LONG, D. S. Spectral indices for yellow canola flowers. **International Journal of Remote Sensing**, v. 36, n. 10, p. 2751–2765, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

TAMARY, E. et al. Chlorophyll catabolism precedes changes in chloroplast structure and proteome during leaf senescence. **Plant Direct**, v. 3, n. 3, mar. 2019.

TANIDEH, N. et al. Effects of Calendula Officinalis and Hypericum Perforatum on Antioxidant , Anti- Inflammatory and Histopathology Indices of Induced Periodontitis in Male Rats. **Journal of Dentistry Shiraz University of Medical Sciences**, v. Online Pub, p. 1–8, 2020.

UFV. **SAEG Sistema para análises estatísticas**. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 2007.

VAN GENUCHTEN, M. T. A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, n. 5, p. 892–898, set. 1980.

VARGAS-SEGURA, A. I. et al. Screening and characterization of medicinal plants extracts with bactericidal activity against Streptococcus mutans. **Natural Product Research**, v. 34, n. 18, p. 2672–2676, 2018.

VILLANUEVA-BERMEJO, D. et al. Simultaneous supercritical fluid extraction of heather (*Calluna vulgaris* L.) and marigold (*Calendula officinalis* L.) and anti-inflammatory activity of the extracts. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 9, n. 11, 2019.

VINCENT-CABOUD, L. et al. Using mulch from cover crops to facilitate organic no-till soybean and maize production. A review. **Agronomy for Sustainable**

Development, v. 39, n. 5, 2019.

WANG, Z. et al. Effects of drip irrigation levels on soil water, salinity and wheat growth in North China. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 11, n. 1, p. 146–156, 2018.

YASHESHWAR et al. Variation in ornamental traits, physiological responses of *Tagetes erecta* L. and *T. patula* L. in relation to antioxidant and metabolic profile under deficit irrigation strategies. **Scientia Horticulturae**, v. 214, p. 200–208, 2017.

YU, Y. Y. et al. Benefits and limitations to straw- and plastic-film mulch on maize yield and water use efficiency: A meta-analysis across hydrothermal gradients. **European Journal of Agronomy**, v. 99, n. July, p. 138–147, 2018.

ZARRINABADI, I. G. et al. Irrigation effect on yield and desirable metabolites of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) genotypes. **Horticulture Environment and Biotechnology**, v. 60, n. 4, p. 467–478, 2019a.

ZARRINABADI, I. G. et al. Physiological response and productivity of pot marigold (*Calendula officinalis*) genotypes under water deficit. **Industrial Crops and Products**, v. 139, n. 11, 2019b.

ZHUANG, Y. et al. Effects and potential of water-saving irrigation for rice production in China. **Agricultural Water Management**, v. 217, n. Oct, p. 374–382, 2019.

APÊNDICE A – Resumo da análise de variância.

Quadro 1. Resumo da análise de variância de altura (ALT), diâmetro de caule (D), massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, NDVI da fase vegetativa (NDVIV) e de florescimento (NDVIF), clorofila total da fase vegetativa (CLATV) e de florescimento (CLATF), número de flores (NF), massa fresca (MFF) e seca de flores (MSF) para os tratamentos com lâminas de irrigação (L) e coberturas (C).

FV	GL	Quadrado Médio					
		Altura	Diâmetro	MFPA	MSPA	SPAD - Veg	SPAD - Flo
Blocos	3	33,27	8,98	4847,28	169,25	6,47	4,04
Semeaduras (E)	1	1903,36 **	18,68 ns	50156,46 **	743,06 **	75,41 **	5046,93 **
Lâminas (L)	4	106,24 **	4,34 ns	28856,69 **	736,09 **	65,21 **	58,80 **
Coberturas (C)	1	224,50 **	76,88**	56941,52 **	1398,94 **	6,49 ns	2,11 ns
ExL	4	57,54 *	8,90 ns	7113,16 ns	100,66 ns	81,51 **	2,62 ns
ExC	1	382,45 **	0,94 ns	52089,72 **	1019,69 **	31,49 *	91,41 *
LxC	4	38,08 ns	5,80 ns	7535,95 ns	244,96 *	22,52 *	26,14 ns
ExLxC	4	50,26 ns	7,81 ns	2549,84 ns	51,97 ns	28,94 **	22,79 ns
Resíduo	57	19,98	5,18	4031,88	71,83	6,56	14,18
CV (%)		8,33	12,51	24,85	19,03	5,99	8,61
		NDVI - Veg	NDVI - Flo	N - Flor	MFF	MSF	W
Blocos	3	0,0014	0,0024	124,67	391,60	2,88	0,000070
Semeaduras (E)	1	0,0086 *	0,12 **	135,20 ns	34621,93 **	484,30 **	0,0085 **
Lâminas (L)	4	0,013 **	0,016 **	828,79 **	2048,65 **	29,93 **	0,0042 **
Coberturas (C)	1	0,0018 ns	0,000053 ns	1901,25 **	3609,78 **	46,79 **	0,0015 **
ExL	4	0,015 **	0,0041 *	434,61 ns	834,92 *	13,39 *	0,00096 **
ExC	1	0,0013 ns	0,042 **	405,00 ns	3408,59 **	32,18 **	0,00088 **
LxC	4	0,0011 ns	0,0029 *	182,91 ns	140,86 ns	1,56 ns	0,000050 ns
ExLxC	4	0,00082 ns	0,0016 ns	71,15 ns	178,39 ns	2,74 ns	0,00010 ns
Resíduo	57	0,0016	0,0011	191,96	327,82	4,02	0,00011
CV (%)		6,01	5,57	32,97	24,81	23,86	25,25

** F significativo a 1% de probabilidade; * F significativo a 5% de probabilidade; ns não significativo.