

FELIPE JORGE VIANA

**IRRIGAÇÃO E FERTILIZAÇÃO ORGÂNICA DA CAMOMILA CULTIVADA EM
AMBIENTE PROTEGIDO**

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*.

Orientadora: Catariny Cabral Aleman Pina

Coorientadora: Maira Christina Marques
Fonseca

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2022**

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

T

V614i Viana, Felipe Jorge, 1988-
2022 Irrigação e fertilização orgânica da camomila cultivada em
ambiente protegido / Felipe Jorge Viana. – Viçosa, MG, 2022.
1 dissertação eletrônica (49 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Catariny Cabral Aleman.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Engenharia Agrícola, 2022.

Referências bibliográficas: f. 39-45.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.037>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Camomila - Irrigação. 2. Adubação orgânica. I. Aleman,
Catariny Cabral, 1988-. II. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. III. Título.

CDD 22. ed. 627.52


FELIPE JORGE VIANA

**IRRIGAÇÃO E FERTILIZAÇÃO ORGÂNICA DA CAMOMILA CULTIVADA EM
AMBIENTE PROTEGIDO**


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: 24 de novembro de 2022.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 FELIPE JORGE VIANA
Data: 24/02/2023 12:32:06-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Felipe Jorge Viana
Autor

Documento assinado digitalmente
 CATARINY CABRAL ALEMAN PINA
Data: 24/02/2023 12:28:34-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Catariny Cabral Aleman Pina
Orientadora

DEDICO

À minha família, pela confiança, incentivo e apoio!

AGRADEÇO

A Deus,
por me fazer forte a cada dia

OFEREÇO

À minha companheira de vida Jéssica Alves Vicente, pelo amor, carinho, calma e compreensão.

AGRADECIMENTOS

À Professora Catariny Cabral Aleman Pina pela orientação, incentivo e amizade.

À Maira Christina Marques Fonseca pelos ensinamentos, paciência e disponibilidade de coorientação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de estudos.

Aos amigos da UFV, em particular, Adelaide Cristielle, Antonella Araújo, Joslanny Higino, Júlia Governici, Laylton Albuquerque, Leticia Fonseca, Milena Rojas e Tayssa Menezes, obrigado pela ótima convivência e auxílio na condução do experimento.

Às amigadas conquistadas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho. Meu muito obrigado!

RESUMO

VIANA, Felipe Jorge, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2022. **Irrigação e fertilização orgânica da camomila cultivada em ambiente protegido.** Orientadora: Catariny Cabral Aleman Pina. Coorientadora: Maira Christina Marques Fonseca

A camomila é uma das plantas de uso mais antigo pela medicina tradicional europeia. Atualmente está incluída em Farmacopeias de diversos países. No Brasil, foi introduzida por imigrantes há mais de cem anos, desde então, foram comprovados inúmeros benefícios à saúde proporcionados pelos seus compostos bioativos, todavia, o estabelecimento das técnicas de cultivo em ambiente protegido ainda não está bem definido. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de lâminas de irrigação da adubação orgânica sobre características de produção em plantas de camomila cultivadas em ambiente protegido. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, em Viçosa – MG, o delineamento experimento foi em blocos inteiramente casualizados, com esquema fatorial de 4 x 3 tratamentos e cinco repetições, com quatro tratamentos de lâminas de irrigação baseadas na evapotranspiração de referência (L25 - 25%, L50 - 50%, L75 - 75% e L100 - 100%), e 3 tratamentos de adubação orgânica com esterco curtido de aves: (D1 - 0 g vaso⁻¹, D2 - 0,125 g vaso⁻¹ e D3 - 0,207 g vaso⁻¹). Foram utilizados 60 vasos de polietileno com dimensões de 22,5 cm de altura, 19 cm de diâmetro. Os vasos foram preenchidos com 8 kg de solo seco, 1 kg de brita, 1kg de areia e 6 kg de solo com as respectivas doses de esterco curtido de aves, em cada vaso havia uma planta, representando unidade experimental. As lâminas de irrigação foram estimadas com base na Evapotranspiração de referência (ETO), calculada por meio da equação de Hargreaves (1985), o sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento, sendo um emissor autocompensante por vaso. As variáveis avaliadas foram: alturas de plantas, índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), massa fresca e seca da parte aérea e raízes, produção de capítulos florais, teor, rendimento e constituintes químicos do óleo essencial. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o teste Tukey ao nível de probabilidade até 10%. A lâmina de irrigação de 50% ETO associada à adubação de 0,207 g vaso⁻¹ possibilitou o maior crescimento da camomila. Para o índice de NDVI indica-se à aplicação da lâmina de irrigação de 25% ETO associada à adubação de 0,207 g vaso⁻¹. A maior produção de

capítulos florais e teor de óleo essencial foi obtida na lâmina de irrigação de 100% ETO, sem adubação. A lâmina de irrigação de 25% ETO associada à adubação de 0,125 g vaso⁻¹ proporcionou o maior rendimento de óleo essencial. Para maior obtenção do constituinte majoritário camazuleno, indica-se a aplicação da lâmina de irrigação de 25% ETO associada à adubação de 0,207 g vaso⁻¹.

Palavras-chave: Adubação orgânica. Lâminas de irrigação. *Chamomilla recutita*.

ABSTRACT

VIANA, Felipe Jorge, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November 2022. **Irrigation and organic fertilization of chamomile grown in protected environment.** Advisor: Catariny Cabral Aleman Pina. Co-advisor: Maira Christina Marques Fonseca.

Chamomile is one of the oldest plants used in traditional European medicine. It is currently included in Pharmacopoeias of several countries. It was introduced in Brazil by immigrants over a hundred years ago. Since then, numerous health benefits provided by its bioactive compounds have been proven. However, cultivation techniques in a protected environment are still not well established. Thus, this work aimed to evaluate the influence of irrigation depths of organic fertilization on yield characteristics of chamomile plants grown in a protected environment. The experiment was carried out in a greenhouse at the Agricultural Research Company of Minas Gerais - EPAMIG, in Viçosa – MG. The experimental design was completely randomized blocks, with a factorial scheme of 4 x 3 treatments and five replications, with four treatments of irrigation depths based on the reference evapotranspiration (L25 - 25%, L50 - 50%, L75 - 75%, and L100 - 100%), and 3 treatments of organic fertilization with tanned poultry manure: (D1 - 0 g pot⁻¹, D2 - 0.125 g pot⁻¹, and D3 - 0.207 g pot⁻¹). Sixty polyethylene pots measuring 22.5 cm in height and 19 cm in diameter were used. The pots were filled with 8 kg of dry soil, 1 kg of gravel, 1 kg of sand, and 6 kg of soil with the respective doses of tanned poultry manure, in each pot there was one plant, which represented the experimental unit. The irrigation depths were estimated based on the reference Evapotranspiration (ETO), calculated through the Hargreaves equation (1985). A drip irrigation system was used with a self-compensating emitter per pot. The evaluated variables were: plant height, normalized differential vegetation index (NDVI), fresh and dry mass of the above-ground plant and roots, floral chapters yield, content, yield, and chemical constituents of the essential oil. Statistical analyzes were performed using the Tukey test at a probability level of up to 10%. The irrigation depth of 50% ETO associated with the fertilization of 0.207 g pot⁻¹ allowed the greatest growth of chamomile. For the NDVI index, the application of an irrigation depth of 25% ETO associated with the fertilization of 0.207 g pot⁻¹ is indicated. The highest production of floral chapters and essential oil content was obtained in the irrigation depth of 100% ETO, without fertilization. The irrigation depth of 25% ETO associated

with the fertilization of 0.125 g pot⁻¹ provided the highest essential oil yield. To increase the yield of the major constituent, camazulene, it is indicated the irrigation depth of 25% ETO along with the fertilization of 0.207 g pot⁻¹.

Keywords: Organic fertilization. Irrigation depths. *Chamomilla recutita*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Plantas de camomila durante o período experimental.....	20
Figura 2 – Irrigação por gotejamento em plantas de camomila.....	21
Figura 3 – Medições com o equipamento GreenSeeker®.....	23
Figura 4 – Colheita dos capítulos florais de camomila	24
Figura 5 – Valores diários de temperaturas no ambiente protegido durante cultivo da camomila.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores tabelados de radiação no topo da atmosfera (R_a), em $\text{MJ.m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, para o município de Viçosa/MG	22
Tabela 2 – Equações ajustadas de altura de plantas (ALT) em função do tempo para as respectivas combinações de lâminas de irrigação (L25 - 25%, L50 - 50%, L75 - 75% e L100 - 100%) e doses de adubo orgânico (D1 - 0 kg vaso^{-1} , D2 - 0,125 kg vaso^{-1} e D3 - 0,207 kg vaso^{-1}), e seus coeficientes de determinação	28
Tabela 3 – Equações ajustadas do NDVI em função do tempo para as respectivas combinações de lâminas de irrigação (L25 - 25%, L50 - 50%, L75 - 75% e L100 - 100%) e doses de adubo orgânico (D1 - 0 kg vaso^{-1} , D2 - 0,125 kg vaso^{-1} e D3 - 0,207 kg vaso^{-1}), e seus coeficientes de determinação.....	30
Tabela 4 – Resumo da análise de variância de massa fresca (MF), massa seca (MS), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR) e produção de capítulos florais. (PCF) para os tratamentos com lâminas de irrigação (L) e adubação orgânica (A)	31
Tabela 5 – Teor (%) e rendimento (g) do óleo essencial dos capítulos florais de camomila para as respectivas combinações de lâminas de irrigação (L25 - 25%, L50 - 50%, L75 - 75% e L100 - 100%) e doses de adubo orgânico (D1 - 0 kg vaso^{-1} , D2 - 0,125 kg vaso^{-1} e D3 - 0,207 kg vaso^{-1}).....	33
Tabela 6 – Compostos químicos identificados no óleo essencial da camomila para as respectivas combinações de lâminas de irrigação (L25 - 25%, L50 - 50%, L75 - 75% e L100 - 100%) e doses de adubo orgânico (D1 - 0 kg vaso^{-1} , D2 - 0,125 kg vaso^{-1} e D3 - 0,207 kg vaso^{-1})	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Manejo de irrigação	13
2.2 Adubação orgânica	15
2.3 Metabólitos secundários	16
2.4 Índice de vegetação	17
3 OBJETIVO GERAL	19
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 Caracterização da área experimental	20
4.2 Condução do experimento e tratos culturais	20
4.3 Sistema de plantio e manejo de irrigação	21
4.4 Parâmetros morfofisiológicos e de produção	23
4.4.1 Altura de plantas (ALP)	23
4.4.2 Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI)	23
4.4.3 Massa fresca e seca da parte aérea e raízes	24
4.4.4 Produção de capítulos florais (PCF)	24
4.4.5 Extração e determinação do teor e rendimento do óleo essencial	24
4.4.6 Análise dos constituintes químicos do óleo essencial	25
4.5 Análise estatística	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 Altura de plantas (ALP)	27
5.2 Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI)	29
5.3 Parâmetros morfofisiológicos e de produção	31
5.4 Teor, rendimento e constituintes químicos do óleo essencial	33
6 CONCLUSÕES	38
REFERÊNCIAS	39
APÊNDICE A – Condução do experimento	46
APÊNDICE B – Resultados da análise química do adubo orgânico	48
APÊNDICE C – Resultados da análise química do solo	49

1 INTRODUÇÃO

A camomila (*Chamomilla recutita* L.) é uma planta medicinal nativa do sul e do leste da Europa, sendo encontrada também na Rússia, Alemanha, França, Hungria e norte da África (EL-HEFNY et al., 2019). Possui grande relevância econômica, com áreas de cultivo em diversos países (NURRAHMAN; WIDYARMAN, 2020).

No Brasil, a região metropolitana de Curitiba responde por 97,5% da produção do estado, garantindo um valor bruto de produção de R\$ 23 milhões (SEAB, 2022). Sendo a planta medicinal com a maior área de cultivo no país, destacando o município de Mandirituba /PR, com 730 hectares em plantio em 2020 e produção de 280 toneladas (DA SILVA et al., 2020; SEAB, 2021).

Apesar da importância econômica da camomila, são insuficientes os resultados sobre o comportamento da cultura a condições de manejo em ambiente protegido, tais como a irrigação e adubação orgânica. Entretanto, é sabido que para o bom desenvolvimento da camomila são necessárias irrigações frequentes, principalmente, no período de floração (SINGH et al., 2011).

O correto estabelecimento do manejo de irrigação é imprescindível, em ambiente protegido, exige atenção especial, pois quando se compara o cultivo em condições de campo, existem diferenças na radiação solar, umidade relativa, temperatura, velocidade do vento, precipitação pluvial e, conseqüentemente, na evapotranspiração.

A adubação orgânica é recomendada para cultivo de plantas medicinais, melhora as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, favorecendo o desenvolvimento da planta. Em 2006, com a implementação da Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC), que incluiu a fitoterapia, e com a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (PNPMF), aprovada pelo decreto n.º 5.813, de 2006 (ZENI et al., 2021), houve incentivo com relação à pesquisas sobre cultivo, colheita e pós-colheita visando incrementar a produção de espécies medicinais no país. Na etapa de cultivo, os tratos culturais são de grande importância para a obtenção de matéria-prima vegetal de qualidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Manejo de irrigação

O manejo da irrigação associado a fertilização adequada do solo, são fatores que podem contribuir de forma significativa para a produção e qualidade da camomila. Sobral & Aleman (2014) destacaram que o manejo de irrigação deve atender a demanda hídrica da cultura, favorecendo o aumento da produtividade. É essencial constatar o momento correto e a quantidade adequada de água ser aplicada, com intuito de minimizar os custos de irrigação.

Em termos gerais, o conhecimento da quantidade e a determinação do momento correto de aplicação de água demandada pela cultura, constituem-se um importante passo para o correto manejo da irrigação. No cultivo de plantas medicinais, as técnicas de manejo de irrigação devem ser estudadas para otimizar o uso racional dos recursos hídricos e favorecer aumento da produtividade.

Castro; Camargo; Vieira (2020) destacam que o planejamento racional da agricultura irrigada, deve envolver características da área trabalhada. Sobretudo, diversas técnicas e instrumentos de medição, com a finalidade de reunir, processar e analisar elementos temporais, espaciais e individuais, promovendo ligações com outras informações, obtendo suporte nas decisões de gerenciamento, considerando possíveis variações de estimativas, atingindo eficiência no uso dos recursos, produtividade, qualidade, rentabilidade e sustentabilidade na produção agrícola.

O cultivo em protegido tem apresentado uma série de vantagens, como: aumento de produtividade e melhoria na qualidade do produto final, sobretudo, fixação do homem no campo, diminuindo o êxodo rural e geração de renda (SANTOS et al., 2017). Nesse tipo de cultivo, a única forma de repor a água consumida pela cultura e evaporada pelo ambiente é através da irrigação, que, manejada de forma correta, supre suas necessidades hídricas (REZENDE et al., 2017).

A determinação da quantidade de água necessária é um parâmetro imprescindível no uso sustentável dos recursos hídricos. A maneira habitual de mensurar a quantidade de água a ser aplicada durante o ciclo da cultura, é considerando processo de evapotranspiração (VALERIANO et al., 2018). A evapotranspiração de referência (ETO) se refere a uma cultura hipotética, similar a uma superfície gramada, mantida sob condições ótimas de cultivo, independentemente do estágio de desenvolvimento da cultura e, práticas de manejo.

O manejo da irrigação pode ser embasado em diferentes processos com intuito de determinar corretamente a lâmina de irrigação, dentre esses, os que utilizam a estimativa da evapotranspiração de referência como parâmetro (ANDRADE et al., 2016). O método Hargreaves (1985) é comumente utilizado para fornecer valores da evapotranspiração de referência regiões semiáridas, sendo necessárias calibrações para o ajuste da sua precisão para outras localidades.

A atratividade do método é devido a sua simplicidade, confiabilidade e requisitos mínimos de entradas dos dados meteorológicos na equação. Em concordância com Oliveira; Silva; Ramos (2020) métodos que utilizam somente a temperatura do ar para a estimativa da ETO, pode ser facilmente aplicado pelos produtores rurais no manejo da irrigação, sendo uma alternativa quando não há dados climáticos suficientes, como os exigidos pelo método de Penman-Monteith.

O uso de estações meteorológicas permite determinar evapotranspiração de referência (ETO), caracterizando o ambiente quanto as informações de consumo hídrico. Definindo a fase de desenvolvimento da cultura é possível obter a evapotranspiração da cultura e ajudar qual a demanda hídrica. A programação da irrigação geralmente é baseada em métodos que determinam os parâmetros meteorológicos que permitem a modelagem da evapotranspiração por meio de medições diretas ou indiretas (MORENO-PIZANI et al., 2018).

Em ambiente protegido ainda são escassos os resultados de pesquisa que utilizam os diferentes tipos de manejo de irrigação, principalmente no que se refere às questões regionais e climáticas do Brasil. Santiago et al. (2016) expõem que o conhecimento das reais necessidades hídricas da cultura, se torna extremamente necessário, levando em consideração que informações dessa natureza são cruciais no gerenciamento da água aplicada durante os processos agrícolas.

São restritos os trabalhos envolvendo plantas medicinais em condições de estresse hídrico, entretanto, Martins (2016) relatou que a biomassa do manjeriço não foi afetada pelos regimes hídricos baseados na evapotranspiração da cultura (ET_c). Ainda, a produtividade da água foi maior para o tratamento com reposição de 50%ET_c, mostrando efetividade na produção da cultura com aplicação de uma lâmina de irrigação reduzida.

No trabalho realizado por Pizani (2017) com a cultura da carqueja sob níveis de reposição hídricas, constatou que deficiência hídrica afetou em menor proporção

às plantas ao nível de reposição hídrica de 75% da ETO e a maior produção da biomassa seca ocorreu em 150% da ETO com 18,24 g planta⁻¹.

2.2 Adubação orgânica

Os adubos orgânicos são considerados recurso eficaz para a produção agrícola sustentável e contribuem para a manutenção das características físicas, químicas e biológicas do solo, incrementando os parâmetros de crescimento vegetal (KHAJEEYAN et al., 2021). Em sistema de cultivo protegido essa necessidade ainda é maior devido à precocidade de produção. Logo, há necessidade de avaliar tipos e níveis adequados de adubação e propor melhorias na disponibilidade de nutrientes para as plantas (APARECIDA et al., 2010).

A irrigação e o manejo de fertilizantes orgânicos podem promover o crescimento da cultura, elevar o rendimento e o acúmulo de nutrientes (LI et al., 2021). Adubos orgânicos, como esterco de aves exercem papel importante no crescimento vegetativo, rendimento de componentes ativos de várias plantas medicinais e aromáticas. Além disso, melhora as propriedades do solo, seja em atributos físicos, químicos ou biológicos, e eleva a capacidade do solo em armazenar água (HASSAN; FAHMY, 2020).

Plantas medicinais geralmente respondem bem à adubação orgânica, Singh et al. (2021) relataram que a aplicação combinada de 50% de fertilizantes inorgânicos e esterco de bovino curtido promoveu aumento na produção de óleo essencial do manjeriço. Na cultura do coentro, Carrubba (2014) observou efeito benéfico sobre a produtividade após a aplicação de fertilizantes orgânicos nitrogenados contendo quantidades específicas de fósforo (ANGELOPOULOU et al., 2014).

Gandomi et al. (2021) destacam que a aplicação adequada de nutrientes durante o plantio, cultivo e colheita de plantas medicinais, não só desempenha um papel importante no aumento do rendimento, mas também melhora a qualidade e a quantidade dos ingredientes bioativos.

Atualmente, os fontes orgânicas, como, restos culturais, compostos e esterco de aves são considerados alternativas aos fertilizantes químicos, , sendo utilizados visando uma agricultura mais sustentável (GUO et al., 2016; GANDOMI et al., 2021).

O esterco de aves contém quantidades consideráveis de nitrogênio, o que pode elevar a eficácia de consumo para as culturas (KADHIM, 2021).

Conseqüentemente, favorece a mobilidade e a disponibilidade de alguns nutrientes, como fósforo. A importância desses elementos, está relacionada à sua presença na estrutura de moléculas como: purinas, pirimidinas, porfirinas e coenzimas. Purinas e pirimidinas localizam-se nos ácidos nucléicos RNA e DNA, e são essenciais para a síntese de proteínas (HENDAWY; KHALID, 2011).

Tendo em vista que a adubação orgânica auxilia na manutenção das propriedades do solo e favorece a ciclagem de nutrientes, e que recomenda-se o cultivo orgânico ou agroecológico de plantas medicinais, esta prática contribui para a produção de matéria-prima de qualidade e dentro dos padrões exigidos pelos programas de saúde pública e indústrias fitoterápicas (PACHECO et al., 2021; SALEHI et al., 2018).

2.3 Metabólitos secundários

Os metabólitos secundários de plantas são comumente gerados por processos genéticos, sua biossíntese depende em grande parte de fatores ambientais, abióticos (tipo de solo, água disponibilidade, solubilidade de nutrientes, luz, radiação UV, localização, variação edáfica e sazonal, etc.) e bióticos (pragas e doenças), que influenciam os parâmetros de crescimento, o rendimento e os constituintes do óleo essencial. Na cultura da camomila, os regimes de irrigação afetam a produção de flores e conseqüentemente o rendimento do óleo essencial (DOS SANTOS et al., 2020; SARIĆ-KRSMANOVIĆ et al., 2020).

O óleo essencial de camomila é valorizado em nível internacional. As técnicas de extração requerem o uso de solventes associados ao uso de calor e agitação (MELO-GUERRERO; ORTIZ-JURADO; HURTADO-BENAVIDES, 2020). De maneira geral, os óleos essenciais são obtidos por destilação a vapor (hidrodestilação). Neste método, eles são volatilizados quando o vapor d'água entra em contato com material vegetal e a mistura dos vapores de óleo e água, ao condensar, são separados em fases devido a diferença de densidade (BORSATO et al., 2008).

Segundo Rathore; Kumar (2021) o teor de óleo essencial da camomila varia entre 0,24 a 1,90% dependendo do genótipo, número de cromossomos, origem, práticas agrícolas, condições ambientais e estágio de desenvolvimento. Contudo, a camomila apresenta baixa produtividade de óleo essencial, levando muitos produtores

a utilizarem algumas técnicas para aumentar a produção, como a adubação química exagerada, fato que aumenta os custos de produção (UBESSI et al., 2021).

Os efeitos terapêuticos da camomila são atribuídos a vários grupos de substâncias bioativas, dentre as quais destacam-se os terpenóides nas inflorescências. Os benefícios encontrados no chá ou infusão de camomila estão relacionados também à presença de flavonóides, como apigenina, luteolina, quercetina e seus derivados. Dentre as propriedades farmacológicas do óleo essencial de camomila destacam-se: espasmolítica, antimicrobiana e desinfetante (ABUTALEB et al., 2021; UBESSI et al., 2021).

Conforme Belinda et al. (2019) os compostos fenólicos são constituintes importantes presentes nas plantas e atuam como antioxidantes naturais. São compostos por um grande número de metabólitos incluindo flavonóides, polifenóis, tocoferóis, taninos e ligninas. Os metabólitos secundários de natureza fenólica podem proteger o corpo contra a ação de radicais livres e retardar o progresso de muitas doenças.

Os flavonóides presentes na camomila podem contribuir para diversos efeitos terapêuticos. No entanto, o tipo e a quantidade de componentes químicos variam de acordo com a espécie e são influenciados por fatores ambientais. Seu principal mecanismo de ação passa por sua capacidade de capturar espécies reativas de oxigênio e íons metálicos quelantes, tendo uma ação antioxidante distinta (LOPES et al., 2018).

2.4 Índice de vegetação

A utilização de tratos culturais adequados para o cultivo de plantas medicinais, considerando o manejo de irrigação e a fertilização orgânica, podem ser monitorados por ferramentas de precisão. Atualmente, em consonância com a agricultura de precisão, índices ou testes para avaliar o estado nutricional da planta, precisam ser rápidos, práticos e eficazes. Além disso, podem ser feitos em campo e permitem o sensoriamento em tempo real.

Sendo o principal pilar da agricultura de precisão, o sensoriamento remoto auxilia na obtenção de informações de um determinado objeto, sem a necessidade de contato direto, ou seja, mediante ao uso de sensores. Sendo assim, sensores terrestres que atuam de forma ativa ou passiva, estão sendo utilizados na geração de

índices de vegetação. Da mesma maneira, no monitoramento de parâmetros biofísicos e atividades fotossintéticas (JESUS, MATHEUS , RAFAEL MARANI, VIEIRA, 2020).

O uso de índices de vegetação tem representado uma excelente alternativa para caracterizar e identificar o status nutricional, estimativa de produtividade e biomassa (COELHO; ROSALEN; DE FARIA, 2018). O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), estabelece relações diretas entre as refletâncias no infravermelho próximo e no vermelho, assegurando a obtenção específicas das culturas como quantificar a produção de clorofila, a fase de desenvolvimento e a absorção de energia da planta (BREDEMEIER et al.2013; MORAES, 2020).

De acordo com Barbosa; Carvalho; Camacho (2017) em ambientes áridos e semiáridos, inúmeros são os estudos que utilizaram este índice de vegetação para a classificação da cobertura terrestre com base nas variáveis ambientais (clima, solo, geologia), que influenciam diretamente a variação das características fenológicas das plantas. Logo, o NDVI é utilizado para destacar e caracterizar a vegetação que ocorre em uma determinada área, bem como auxiliar na temática de estudos de desertificação (SILVA et al., 2020).

Sensores ópticos portáteis foram introduzidos no mercado agrícola para simplificar a aquisição de dados de refletância espectral (MARTIN; LÓPEZ; LAN, 2012). A vantagem na aplicação desses instrumentos é a rapidez na obtenção dos dados a campo, sem destruição da vegetação e em tempo real.

3 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência de lâminas de irrigação da adubação orgânica sobre características de produção em plantas de camomila cultivadas em ambiente protegido.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, 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, de acordo com a escala de Köppen e Geiger (1928).

Figura 1 – Plantas de camomila durante o período experimental



Fonte: Autor (2022).

4.2 Condução do experimento e tratamentos culturais

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizados (DIC), com esquema fatorial de 4 x 3 tratamentos e cinco repetições, com quatro tratamentos de lâminas de irrigação baseadas na evapotranspiração de referência (L25 - 25%, L50 - 50%, L75 - 75% e L100 - 100%), e 3 tratamentos de adubação orgânica com esterco curtido de aves: (D1 - 0 g vaso⁻¹, D2 - 0,125 g vaso⁻¹ e D3 - 0,207 g vaso⁻¹). As doses de adubação orgânica foram definidas conforme indicado por Alvarez V e Ribeiro (1999).

O esterco foi originário do Aviário da Zootecnia – UFV. Na determinação dos nutrientes presentes no adubo orgânico foi realizada a análise no Laboratório de Análises de Solo Viçosa LTDA. (Apêndice B). O solo utilizado para o preenchimento dos vasos foi proveniente do Campo Experimental do Vale do Piranga - Oratórios/MG, sendo classificados pelo Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solo da

UFV, como Latossolo Vermelho Amarelo eutrófico, os resultados das análises químicas do solo estão no Apêndice C.

Foram utilizados 60 vasos de polietileno com dimensões de 22,5 cm de altura, 19 cm de diâmetro. Os vasos foram preenchidos com 8 kg de solo seco, 1 kg de brita, 1kg de areia e 6 kg de solo com as respectivas doses de esterco curtido de aves, em cada vaso havia uma planta, representando unidade experimental.

4.3 Sistema de plantio e manejo da irrigação

As mudas de camomila foram produzidas com sementes comerciais da ISLA® (Camomila verdadeira – *Chamomilla recutita*), semeadas em bandejas de polietileno com 128 células, contendo substrato Plantmax®. O transplântio foi realizado aos 45 dias, após a semeadura. Posterior ao transplântio, os vasos foram distribuídos no espaçamento de 0,40 m entre vaso e 0,35 m entre fileiras. O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento, sendo um emissor autocompensante por vaso, com vazão de 1,78 L h⁻¹, a intensidade de aplicação (I_a) foi calculada por meio da equação 1.

$$I_a = \frac{N * q}{A} \quad (1)$$

em que: N = número de gotejadores por planta, q = vazão do gotejador, A= Área ocupada pela por planta.

Figura 2 – Irrigação por gotejamento em plantas de camomila



Fonte: Autor (2022).

A uniformidade de distribuição de água foi determinada por meio da metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975). Esse procedimento sugere coletas de vazões em quatro emissores ao longo da linha lateral, sendo: o primeiro gotejador,

o segundo situado a 1/3; o terceiro a 2/3 do comprimento da linha lateral; e o último gotejador. Para avaliação do sistema foi utilizado o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), (Equação 2). O CUC apresentou o valor de 98%, sendo classificado como excelente, segundo Mantovani (2002).

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

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.

As lâminas de irrigação foram estimadas com base na Evapotranspiração de referência (ETO), calculada por meio da equação de Hargreaves (1985) conforme procedimentos contidos em Mantovani et al. (2009) (Equação 3).

$$ETO = 0,023 Ra (T_{máx} - T_{mín})^{0,5} (T_{méd} + 17,8) \quad (3)$$

em que: ETO = evapotranspiração de referência, $mm d^{-1}$, Ra = radiação extraterrestre, em $mm d^{-1}$, $T_{máx}$ = temperatura máxima, em $^{\circ}C$, $T_{mín}$ = temperatura mínima, em $^{\circ}C$, $T_{méd}$ = temperatura média diária = $0,5 (T_{máx} - T_{mín})$, em $^{\circ}C$.

Os dados meteorológicos para a determinação da ETO foram fornecidos através de um termo-higrômetro disposto no interior da casa de vegetação. Para a utilização desta equação, são necessários somente os dados de temperatura e radiação no topo da atmosfera, sendo esse tabelado em função da latitude local (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores tabelados de radiação no topo da atmosfera (R_a), em $MJ.m^{-2}. dia^{-1}$, para o município de Viçosa/MG

Lat	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
20	41,9	40,0	36,6	31,3	26,6	24,1	25,0	28,9	34,2	38,6	41,2	42,1

Fonte: Autor (2022).

4.4 Parâmetros morfofisiológicos e de produção

4.4.1 Altura de plantas (ALP)

As medidas das alturas de plantas, foram feitas quinzenalmente, entre os 15 e 120 dias após o transplântio (DAT). Utilizou-se uma trena graduada em centímetros, posicionada desde o nível do solo até a inflexão da folha mais alta.

4.4.2 Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI)

Para a determinação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), através da reflectância de luz das folhas foi utilizado o equipamento portátil GreenSeeker® handheld crop sensor (indústrias NTech Inc., Ukiah, CA). Constituído de um sensor óptico ativo que emite luz no comprimento de onda do vermelho nos 660nm e do infravermelho próximo nos 780nm, que possibilitam o cálculo internamente do índice por meio da equação abaixo.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (4)$$

em que: NIR a reflectância no infravermelho próximo (780 nm), RED é a reflectância no vermelho (660 nm).

Para a medição, o aparelho foi posicionado a uma distância de 0,7 m da copa, e realizou-se três leituras em cada unidade experimental para a obtenção da média.

Figura 3 – Medições com o equipamento GreenSeeker®



Fonte: Autor (2022).

4.4.3 Massa fresca e seca da parte aérea e raízes

Após a última colheita dos capítulos florais, a parte aérea (folhas + haste) das plantas foi coletada para determinação da massa fresca. O material foi acondicionado em saco de papel Kraft e seco em estufa a 60°C para posterior determinação da massa seca de parte aérea. As raízes foram separadas da parte aérea, as plantas foram cortadas ao nível do solo, a parte radicular foi lavada e acondicionada em sacos de papel Kraft, e colocada em estufa com circulação forçada de ar a 60°C.

4.4.4 Produção de capítulos florais (PCF)

As colheitas dos capítulos florais foram realizadas manualmente, com intervalos médios de 7 dias, entre os 56 e 115 dias DAT, quando as flores liguladas encontravam-se em posição horizontal, cuidando-se para que ficassem com pedúnculo de cerca de 1cm.

A produção de capítulos florais foi determinada a partir da contagem do número de capítulos por planta. Somaram-se as produções de todas as colheitas para obtenção da massa fresca total dos capítulos florais por vaso, os dados obtidos foram transformados em massa (g) por tratamento. Depois, os capítulos foram colocados em estufa de circulação de ar forçada a 36±2 ° C até massa constante. Para a posterior extração do óleo essencial.

Figura 4 – Colheita dos capítulos florais de camomila



Fonte: Autor (2022).

4.4.5 Extração e determinação do teor e rendimento de óleo essencial

A extração do óleo essencial foi realizada no Laboratório de Plantas medicinais da EPAMIG, a partir do processo de hidrodestilação segundo Wagner e

Bladt (1995). Foram utilizados 10 g de capítulos florais secos em 1000 mL de água destilada. Utilizou-se aparelho Clevenger acoplado à um balão de 2L aquecido em manta. A extração foi mantida por 3 horas, a partir do início de ebulição.

Durante o período de extração, o hidrolato (água condensada e óleo) foi coletado periodicamente. Após a extração, para separar o óleo essencial da água condensada, o hidrolato foi submetido ao processo de partição em um funil de separação com 50 mL de solvente orgânico (pentano P.A.). A fase aquosa foi descartada e a fase orgânica secada com sulfato de magnésio anidro (MgSO₄) em excesso, para retirada total de água. Em seguida, a solução foi filtrada e o solvente evaporado sob pressão reduzida, a 40°C, no evaporador rotativo, até atingir massa constante.

O rendimento do óleo essencial foi efetuado por meio de pesagem, em balança analítica com precisão de 0,0001g. Posteriormente, os teores foram calculados pela multiplicação da quantidade de óleo extraído (ml) pela quantidade de massa seca (% m.s.). utilizada para extração. O óleo essencial foi acondicionado em frascos de vidro de 5 mL, envoltos em papel alumínio e mantidos sob refrigeração a 4°C, até o momento da análise qualitativa (cromatografia gasosa).

4.4.6 Análise dos constituintes químicos do óleo essencial

Para a identificação dos constituintes químicos do óleo essencial da camomila foi empregado um cromatógrafo a gás acoplado a um espectrômetro de massas SHIMADZU modelo GCMS-QP2010 Ultra, equipado com uma coluna capilar SPB®-5 (30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de espessura de filme), 5% difenil e 95% dimetilpolisiloxano.

O volume de amostra injetado foi de 1 µL e as condições de análise foram: temperatura do forno do cromatógrafo a gás foi mantida a 40 °C por 2 minutos e elevada a 300 °C a uma taxa de 5 °C min⁻¹, permanecendo nessa temperatura por 5 minutos; temperatura do injetor igual a 220 °C; temperatura do detector igual a 240 °C, e o modo de ionização por impacto de elétrons a 70 eV. O hélio de alta pureza foi utilizado como gás de arraste com fluxo de 1,8 mL min⁻¹.

O espectrômetro de massas foi empregado com faixa de m/z = 35-500. A identificação dos compostos foi realizada por comparação dos espectros de massas com dados da biblioteca NIST14.

4.5 Análise estatística

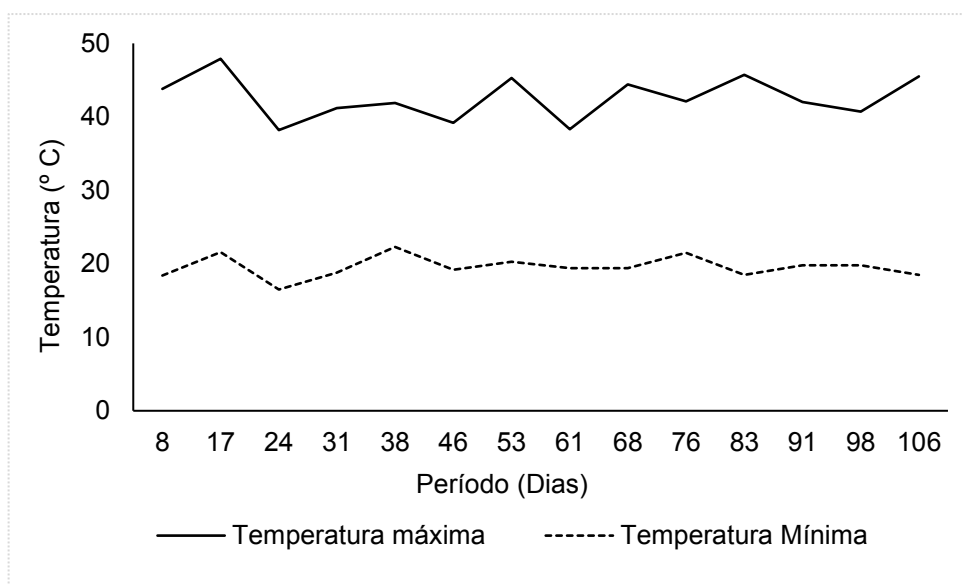
Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão, com base na média dos tratamentos. A escolha da equação que melhor se ajustou aos dados, foi baseada na significância do efeito da regressão, dos desvios da regressão testados pelo teste F a 5% e no maior coeficiente de determinação R^2 . Os coeficientes das equações de regressão foram testados até 10% pelo teste "t". As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SAEG 9.1.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Altura de plantas (ALP)

Foram registradas as temperaturas média, mínima e máxima, de 31,5, 19,4 e 42,1 °C para o ciclo experimental da camomila. Os valores de temperatura média, mínima e máxima no interior do ambiente protegido, estão detalhados na Figura 5.

Figura 5 – Valores diários de temperaturas no ambiente protegido durante cultivo da camomila



Fonte: Autor (2022).

Considerando o cultivo da camomila em ambiente protegido, aspectos relacionados aos fatores ambientais ainda não estão bem estabelecidos. Mas, quando se considera o cultivo em campo, os fatores que afetam o crescimento e o desenvolvimento das plantas são o fotoperíodo, a radiação solar e a temperatura do ar. Sendo que temperaturas do ar em torno de 19 a 20° C resultam em maior crescimento das plantas, enquanto, que o aumento na temperatura, provoca a diminuição da massa seca das plantas (MOHAMMAD, 2011).

Estudando os efeitos quatro níveis de temperatura (0, 5, 10 e 25 °C) na morfologia de genótipos de camomila. Bagheri; Dehdar; Salehi, (2020) concluíram que temperaturas de 25 e 0 °C apresentaram as maiores e menores alturas de plantas de 59,65 cm e 38,05 cm, respectivamente. O menor valor de massa seca da parte aérea (1,21 g) e diâmetro de flor (1,42 cm) foi observado na temperatura de 0 °C obtendo diferença significativa.

Na Tabela 2, encontram-se as equações de regressão ajustadas e seus respectivos coeficientes de determinação (r^2/R^2) para altura de planta (ALP) de camomila. A variável apresentou ao longo do ciclo comportamento linear para os tratamentos L75A2 e L75A3. A cada um dia de variação, uma mudança em média de 0,5224 cm e 0,3478 cm para os tratamentos, respectivamente. Os demais tratamentos foram ajustados para equações quadráticas, com exceção do tratamento L100A3, que apresentou média de 18,16 cm. O tratamento L50A3 foi superior aos demais com altura de plantas de 17,64 cm, o ponto crítico foi aos 23,93 DAT.

Tabela 2 – Equações ajustadas de altura de plantas (ALT) em função do tempo para as respectivas combinações de lâminas de irrigação (L25 - 25%, L50 - 50%, L75 - 75% e L100 - 100%) e doses de adubo orgânico (D1 - 0 kg vaso⁻¹, D2 - 0,125 kg vaso⁻¹ e D3 - 0,207 kg vaso⁻¹), e seus coeficientes de determinação

L x D	Variável	Equações ajustadas	r^2/R^2
L25A1	ALT	$17,3382 - 0,1606^{ns} T + 0,0031^* T^2$	0,97
L25A2	ALT	$19,5384 - 0,2615^{\circ} T + 0,0041^* T^2$	0,98
L25A3	ALT	$14,401 - 0,0121^{ns} T + 0,0017^{\circ} T^2$	0,98
L50A1	ALT	$14,095 - 0,0076^{ns} T + 0,0011^{ns} T^2$	0,96
L50A2	ALT	$22,4527 - 0,4232^{\circ} T + 0,0063^* T^2$	0,98
L50A3	ALT	$19,590 - 0,1627^{ns} T + 0,0034^* T^2$	0,98
L75A1	ALT	$16,1029 - 0,0469^{ns} T + 0,0022^{\circ} T^2$	0,98
L75A2	ALT	$0,5577 + 0,5224^{**} T$	0,89
L75A3	ALT	$0,6468 + 0,3478^{**} T$	0,93
L100A1	ALT	$14,0741 - 0,1208^{ns} T + 0,0046^{ns} T^2$	0,96
L100A2	ALT	$15,1912 - 0,1139^{ns} T + 0,0030^* T^2$	0,98
L100A3	ALT	$\bar{Y} = 18,16$	-

^{ns}: Não significativo; ^{**}Significativo a 1% pelo teste "t"; ^{*} Significativo a 5% pelo teste "t"; [°] Significativo a 10% pelo teste "t".

Fonte: Autor (2022).

A lâmina de irrigação de 50% ET₀ representa um estresse acentuado, evidenciando que apesar da baixa disponibilidade de água, as necessidades hídricas da camomila foram supridas. Além disso, os efeitos ocasionados pelo estresse hídrico podem ter sido minimizados por meio da adubação orgânica, contribuindo para o crescimento das plantas.

Em pesquisa de Sharifi et al. (2017) onde os resultados para altura de plantas, indicaram que em todos os níveis de estresse hídrico, o efeito da adubação foi significativo. A interação média de comparação do estresse hídrico e adubação revelou

que em cada nível de estresse hídrico, a maior e a menor altura de planta estão relacionadas à aplicação das maiores dosagens de esterco bovino

Segundo Campos; Santos; Nacarath (2021) os efeitos causados pelo estresse hídrico provocam mudanças na anatomia, fisiologia e bioquímica das plantas. Desse modo, quando as plantas são expostas às condições ambientais, todas as características funcionais e estruturais são capazes de se ajustar às adaptações.

Em análise sobre a fenologia da camomila e suas alterações sob diferentes regimes de irrigação e densidades de plantio, Pirzad et al. (2011) confirmaram que os resultados não mostraram diferenças significativas para número de folhas e perfilho entre as lâminas de irrigação com médias 27.377 e 12.683, respectivamente.

A aplicação correta e adequada de nutrientes durante o cultivo da camomila, não apenas desempenha um papel importante no aumento da produtividade, mas também proporciona melhorias na qualidade e quantidade dos compostos bioativos. Os resultados de Gandomi et al. (2021) comprovaram a eficiência do uso de doses crescentes (0, 4 e 8 t ha⁻¹) de adubo orgânico na altura de plantas, sendo 43 cm, 44,1 cm e 46,1, respectivamente.

Prasad (2021) investigando o desempenho da camomila sob diferentes densidades de plantio, doses de adubação orgânica e inorgânica, constataram alturas de plantas variando de 46,6 a 62 cm, com média de 56,9 cm. Além disso, concluem que a irrigação foi necessária para o cultivo bem sucedido, em especial, no período de crescimento.

Em pesquisa envolvendo o manejo de adubação utilizando compostos orgânicos e inorgânicos no cultivo da camomila, os resultados de Jahani; Maleki; Pazoki (2018) mostraram que o efeito do nitrogênio, esterco e fertilizante biológico na altura das plantas foi significativo. Considerando o tratamento com aplicação de esterco animal, a planta de camomila com maior altura foi 49 cm.

5.2 Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI)

Constata-se valores altos para os coeficientes de determinação (r^2/R^2), indicando uma forte correlação entre a variável (NDVI) e os tratamentos aplicados, bem como uma boa concordância entre os dados e o modelo proposto. O valor obtido para L75A2 apresentou apenas 45% da variância do (NDVI). Essa constatação pode estar associada ao fator climático (temperatura, radiação solar e umidade), que por sua vez,

não estando presente em quantidades adequadas durante o período experimental, acabaram por exercer maior influência no desenvolvimento vegetativo da camomila, contribuindo assim para baixa correlação. Nota-se que as médias dos tratamentos L75A3 e L100A1 não se ajustaram em equações matemáticas, sendo representados pelo valor da média. (Tabela 3).

Tabela 3 – Equações ajustadas do NDVI em função do tempo para as respectivas combinações de lâminas de irrigação (L25 - 25%, L50 - 50%, L75 - 75% e L100 - 100%) e doses de adubo orgânico (D1 - 0 kg vaso⁻¹, D2 - 0,125 kg vaso⁻¹ e D3 - 0,207 kg vaso⁻¹), e seus coeficientes de determinação

L x D	Variável	Equações ajustadas	r ² /R ²
L25A1	NDVI	0,6467 + 0,0033 ^{ns} T - 0,00004 ^{ns} T ²	0,89
L25A2	NDVI	0,5371 + 0,0094 ^{**} T - 0,00009 ^{**} T ²	0,99
L25A3	NDVI	0,8103 + 0,0005 ^{ns} T - 0,0033 ^{ns} T ²	0,95
L50A1	NDVI	0,5578 + 0,0002 ^{ns} T - 0,0054 [°] T ²	0,91
L50A2	NDVI	0,9878 + 0,0036 ^{**} T	0,96
L50A3	NDVI	0,5579 + 0,0876 ^{ns} T - 0,0088 ^{ns} T ²	0,95
L75A1	NDVI	0,7080 + 0,0010 ^{**} T	0,87
L75A2	NDVI	0,7423 + 0,0011 ^{ns} T	0,45
L75A3	NDVI	$\bar{Y} = 0,6620$	-
L100A1	NDVI	$\bar{Y} = 0,6693$	-
L100A2	NDVI	0,9710 + 0,0042 [*] T	0,90
L100A3	NDVI	0,9223 + 0,0034 [°] T	0,79

^{ns}: Não significativo; ^{**}Significativo a 1% pelo teste "t"; ^{*} Significativo a 5% pelo teste "t"; [°] Significativo a 10% pelo teste "t".

Fonte: Autor (2022).

O tratamento L25A3 foi superior aos demais, com valor para NDVI de 0,81, o ponto crítico foi aos 0,08 DAT. SINGH et al. (2020) utilizaram índices de vegetação, a partir de imagens hiper espectrais obtidas em campo, para caracterização do desenvolvimento da camomila sob aplicações de diversos tipos nutrientes. Os autores perceberam à exceção do tratamento controle que os demais tratamentos apresentaram valores de reflectância semelhantes, e concluíram que NDVI se mostrou um parâmetro eficaz para discriminar as diferentes práticas de manejo dos nutrientes.

Relações entre as bandas de ondas para o dossel da canola (com ou sem flores), são demonstrados na pesquisa de Sulik; Long (2015), quando as flores estavam presentes, a faixa azul teve menos correlação com a faixa verde (r = 0,04), quando comparados com as faixas amarela ou vermelha, em compensação, as faixas verde, amarela e vermelha foram altamente correlacionadas (r ≤ 0,97) entre si.

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.

Os sensores óptico são ferramentas com eficácia científica comprovada, em especial, quando utilizados no monitoramento das necessidades de nutricional das plantas. Todavia, em pesquisa de Basyouni et al. (2015) com flores ornamentais, o desempenho do GreenSeeker® foi afetado pelo tamanho reduzido das plantas na fase inicial de cultivo e pela mudança de cor das brácteas na fase posterior de desenvolvimento.

Basyouni; Dunn; Goad (2016) sugerem estudos aprofundados com a finalidade de ajustar o desempenho do GreenSeeker, melhorando as fórmulas de comprimentos de onda de reflectância, considerando apenas o verde do dossel, evitando outras possíveis interferência.

5.3 Parâmetros morfológicos e de produção

Os parâmetros MFR, MSR e PCF avaliados não foram influenciados pela das lâminas de irrigação e adubação orgânica, entretanto, de forma isolada, constata-se influência significativa ($p < 0,05$) das lâminas de irrigação para produção de capítulos florais (PCF). Para o fator dose isoladamente, MF, MS e PCF foram estatisticamente significativos (Tabela 4).

Tabela 4 – Resumo da análise de variância de massa fresca (MF), massa seca (MS), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR) e produção de capítulos florais (PCF) para os tratamentos com lâminas de irrigação (L) e adubação orgânica (A)

FV	GL	Quadrados Médios				
		MF	MS	MFR	MSR	PCF
(L)	3	443,43 ^{NS}	27,63 ^{NS}	314,85 ^{NS}	63,03 ^{NS}	65,76*
R (a)	8	561,56	46,53	159,16	16,54	231,53
D	2	5038,76**	399,84*	2488,09 ^{NS}	340,5 ^{NS}	24,85*
D x L	6	1310,42**	93,03*	499,49 ^{NS}	72,82 ^{NS}	296,77 ^{NS}
R (b)	16	210,54	16,39	65,72	8,81	51,95
CV (%)		37,38	32,99	34,85	36,91	54,04

FV - fonte de variação; GL - graus de liberdade; R - resíduos; CV - coeficiente de variação (%).

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

Fonte: Autor (2022).

Foram totalizadas 10 colheitas no decorrer do ciclo experimental, sendo o tratamento L100A1 superior aos demais, com produção de 94,13 g de capítulos florais, demonstrando que a irrigação pode ter exercido influencia nesse atributo. Em trabalhos como Baghalian et al. (2011) e Houshmand et al. (2011) observa-se que a biomassa seca da camomila diminuiu com menor fornecimento hídrico, isso se deve pela diminuição da translocação de metabólitos.

Salehi; Tasdighi; Gholamhoseini (2016) concluíram que a adubação orgânica pode atenuar parcialmente o efeito do estresse hídrico. Os mesmos autores observaram impacto positivo da adubação orgânica no cultivo da camomila em anos climaticamente desfavoráveis. Kisić et al. (2019) observaram que a adubação orgânica não afetou significativamente as mudanças no pH do solo, matéria orgânica e fósforo e potássio disponíveis para as plantas. E o parâmetro que mais influenciou o rendimento de capítulos florais da camomila foram as condições climáticas durante o período experimental.

A massa fresca e seca da parte aérea da camomila foi influenciada ao nível de probabilidade de 1% e 5%, respectivamente, para interação entre as lâminas de irrigação e doses de adubo orgânicos. Para o fator doses isoladamente, observa-se o mesmo comportamento. A massa fresca e seca das raízes não foram influenciadas pelos tratamentos.

A importância do estabelecimento dos regimes de irrigação para o cultivo da camomila estão expressos nos resultados de Farhoudi; Lee; Hussain (2014) que avaliando níveis de estresse hídrico no cultivo da camomila, revelaram que o estresse hídrico médio (irrigação a 70% da capacidade de campo) proporcionou crescimento e aumento da produtividade do óleo essencial. Enquanto o estresse hídrico severo (55% da capacidade de campo) diminuiu substancialmente o crescimento vegetal, a taxa de fotossíntese e o rendimento do óleo essencial.

Avaliando aspectos bioquímicos na camomila sob estresse hídrico e adubação orgânica Salehi; Tasdighi; Gholamhoseini (2016) apontam que independentemente dos regimes de irrigação, a dosagem mais alta de adubo orgânico, provocou um aumento significativo no teor de nitrogênio na parte aérea da planta. Enquanto, as menores porcentagens foram encontradas a partir da aplicação dos níveis mais baixos de irrigação, sem adubação orgânica.

5.4 Teor, rendimento e constituintes químicos do óleo essencial

No presente trabalho, os resultados das análises do óleo essencial foram comparados com dados da Farmacopeia Brasileira (1996), cujo o teor mínimo de óleo de camomila deve ser de 0,4% (m/m), e os dados constam na Tabela 5.

Tabela 5 – Teor (%) e rendimento (g) do óleo essencial dos capítulos florais de camomila para as respectivas combinações de lâminas de irrigação (L25 - 25%, L50 - 50%, L75 - 75% e L100 - 100%) e doses de adubo orgânico (D1 - 0 kg vaso⁻¹, D2 - 0,125 kg vaso⁻¹ e D3 - 0,207 kg vaso⁻¹)

Tratamentos	Teor (%)	Rendimento (g)
L25A1	0,17	0,070
L25A2	0,22	0,090
L25A3	0,30	0,060
L50A1	0,01	0,001
L50A2	0,07	0,030
L50A3	0,10	0,020
L75A1	0,15	0,030
L75A2	0,10	0,020
L75A3	0,20	0,040
L100A1	0,80	0,080
L100A2	0,25	0,050
L100A3	0,02	0,010

Fonte: Autor (2022).

A baixa produção de capítulos florais, viabilizou análises de extração do óleo essencial apenas em unicata, portanto, não tornando possível o teste de comparação entre as médias. Entretanto, com base no teor (%) do óleo essencial, o melhor tratamento foi confirmado em L100A1, evidenciando que a lâmina de 100 % da ET0, exerceu influência sobre esse atributo.

Giannoulis et al. (2020) pesquisando em anos consecutivos, o efeito da irrigação e adubação nitrogenada sobre o teor do óleo essencial de camomila, comprovou que a irrigação teve efeito significativo, com valores médios de 0,76 e 0,64 % em ambos os anos para os tratamentos de sequeiro e irrigado, respectivamente.

Os resultados de Nalepa; Carvalho (2007) mostram que os teores de óleo essencial dos capítulos florais da camomila não foram influenciados pela adubação orgânica, sendo, em média, de 0,27%, e que há outros fatores endógenos e exógenos que influenciam a síntese e concentração do óleo essencial.

Entretanto, em experimento conduzido por Sharifi et al. (2017) a adubação orgânica demonstrou resultados efetivos nas condições físicas e processos cíclicos do solo, propiciou melhorias na absorção de água e nutrientes, minimizou os efeitos

do estresse hídrico, principalmente em altos níveis de estresse, conseqüentemente, elevou a porcentagem de óleo essencial da camomila.

Na Tabela 6 constam os compostos químicos identificados no óleo essencial da camomila, sendo os majoritários: camazuleno (20,86%), espatulenol (3,71%), α -bisabolol (70,64%), óxido de α -bisabolol A (34,04%), óxido de α -bisabolol B (33,03%) e trans- β -farneseno (5,54%).

Com base na literatura, a predominância do óxido de α -bisabolol A, confere ao óleo essencial qualidade superior (camomila A ou padrão europeu), onde se predomina óxido de α -bisabolol B, por sua vez, podem ser considerados de qualidade inferior (camomila B). Estes compostos são derivados do sesquiterpeno α -bisabolol, o qual no processo de biossíntese sofre ciclizações, originando estes respectivos óxidos.

Alterações nos componentes da camomila foram observados por Jeshni et al. (2017) onde o maior teor de carboidrato, prolina e óxido de bisabolol A obtido na lâmina de irrigação de 25% da capacidade de campo. Indicando que dadas as condições nas quais o experimento foi conduzido, o estresse hídrico teve relação direta com a produção desses metabólitos.

Tabela 6 – Compostos químicos identificados no óleo essencial da camomila para as respectivas combinações de lâminas de irrigação (L25 - 25%, L50 - 50%, L75 - 75% e L100 - 100%) e doses de adubo orgânico (D1 - 0 kg vaso⁻¹, D2 - 0,125 kg vaso⁻¹ e D3 - 0,207 kg vaso⁻¹)

Constituintes	IR	Tratamentos											
		L25A1	L25A2	L25A3	L50A1	L50A2	L50A3	L75A1	L75A2	L75A3	L100A1	L100A2	L100A3
Camazuleno	1735	15,83	14,37	16,38	15,30	16,17	17,29	20,86	15,04	14,71	12,90	18,21	11,25
Cariofileno	1501	*	*	*	1,38	2,36	*	*	*	*	*	*	*
Espatuleno	1582	2,14	2,30	2,75	2,83	3,14	2,52	*	1,41	1,54	3,71	1,70	2,36
Germacreno D	1485	*	*	*	0,54	0,60	0,79	*	*	*	*	*	0,84
Nerolidol	1567	*	*	*	*	*	1,54	*	*	*	*	2,52	2,35
α-bisabolol	1689	*	52,38	53,24	*	*	26,45	17,30	27,05	6,57	22,02	49,39	70,64
Óxido de α-Bisabolol A	1757	25,69	18,44	15,85	18,13	25,31	28,45	28,77	9,73	34,04	10,27	4,66	*
Óxido de α-Bisabolol B	1660	23,28	2,77	3,01	29,70	23,10	13,20	18,57	33,03	31,76	25,04	5,59	*
trans-β-Farneseno	1449	2,40	2,74	2,98	2,78	2,40	3,23	1,82	*	1,99	*	*	5,54
Outros	-	30,66	7,0	5,79	29,34	26,92	6,53	12,68	13,74	9,39	18,13	17,93	7,02

IR: Índice de retenção (ADAMS, 2005)

*Constituintes ausentes

Fonte: Autor (2022).

Ghasemi et al. (2016) identificaram quatorze compostos químicos em três cultivares de camomila tratadas com ácido salicílico em condições normais e de estresse, onde camazuleno, α -bisabolol, óxidos de bisabolol A e B, farneseno e óxido de α -bisabolona A foram os mais importantes. Ainda apontam que fatores como método de isolamento, condições ambientais (nível de nutrientes, temperatura) e alguns estresses podem ter desempenhado um papel substancial nos componentes e na qualidade do óleo essencial extraído.

Embora a composição química dos óleos essenciais seja dependente de fatores genéticos, sob outra perspectiva, sua produção é afetada por fatores abióticos, como temperatura, luminosidade, sazonalidade, disponibilidade hídrica, nutrição, estágio de desenvolvimento, entre outros, e fatores bióticos como interação da planta com microrganismos, insetos e plantas (ROCKENBACH et al., 2018).

Ainda, em relação à composição química do óleo essencial da camomila foram identificados 9 constituintes em todas as amostras analisadas, que embora apresentem concentrações distintas estão coerentes com a literatura (AMARAL et al., 2014; BORSATO et al., 2008; MAPELLI et al., 2005). Constatou-se a presença em todos os tratamentos de dois dos principais componentes (sesquiterpenos) do óleo essencial da camomila: camazuleno e α -bisabolol.

Os constituintes em citados foram evidenciados em maior porcentagem nos tratamentos L50A1 e L100A3, respectivamente. Estudando os componentes de produtividade da camomila em anos distintos, sob estresse hídrico e uso de fertilizantes orgânicos e inorgânicos, Ahmadian et al. (2011) perceberam que os tratamentos influenciaram positivamente no rendimento de capítulos florais e óleo essencial e aumento na quantidade do composto camazuleno.

Analisando a correlação ao longo de uma década entre as mudanças climáticas e o teor e rendimento em onze genótipos de camomila. Os resultados de Seidler-Lozykowska (2010) revelaram que a alta temperatura e radiação solar intensa tiveram um efeito negativo no rendimento de óleo essencial. Contudo, tais condições apresentaram efeito positivo no aumento da porcentagem de camazuleno e α -bisabolol.

Com intuito de entender a possível correlação entre fatores ambientais e a produção de metabólitos secundário da camomila Formisano et al. (2015) identificaram nas amostras de óleo essencial os compostos espatulenol (0,05% - 0,25%), óxido de α -bisabolol A (0,05% - 0,20%) e óxido de α -bisabolol B (0,05% - 0,95%), além do

camazuleno (0,05% - 0,25%). Segundo os mesmos autores, a variação na porcentagem pode ser atribuída a época de cultivo, origem geográfica, métodos de extração, estágio fenológico, técnicas de amostragem diferenças genéticas e fatores ambientais.

Gandomi et al. (2021) em experimento com associações entre níveis de adubação orgânica e inorgânica, identificaram como principais constituintes do óleo essencial o óxido de α -bisabolol A e camazuleno. Além disso, aplicação de quantidades de adubo orgânico, melhorou a estrutura física e os processos vitais do solo, criando um substrato adequado para o crescimento das raízes, elevando a produção de capítulos florais.

O metabolismo vegetal é influenciado por fatores ambientais, em ambiente protegido os aspectos inerentes ao cultivo da camomila, ainda não estão bem estabelecidos. Sobretudo, acerca da adequação da irrigação e da adubação orgânica com intuito de incrementar a quantidade e qualidade dos compostos bioativos de interesse, como o óleo essencial.

6 CONCLUSÕES

1 – A lâmina de irrigação de 50% ETO associada à adubação de 0,207 g vaso⁻¹ possibilitou o maior crescimento da camomila.

2 – Para o índice de NDVI indica-se à aplicação da lâmina de irrigação de 25% ETO associada à adubação de 0,207 g vaso⁻¹

3 – A maior produção de capítulos florais e teor de óleo essencial foi obtida na lâmina de irrigação de 100% ETO, sem adubação.

4 – A lâmina de irrigação de 25% ETO associada à adubação de 0,125 g vaso⁻¹ proporcionou o maior rendimento de óleo essencial.

5 – Para maior obtenção do constituinte majoritário camazuleno, indica-se a aplicação da lâmina de irrigação de 25% ETO associada à adubação de 0,207 g vaso⁻¹.

REFERÊNCIAS

- ABUTALEB, M. et al. Effect of New Solar-Drying Designs for Chamomile Essential Oil Yield and Its Chemical Constituents in Egypt. **Arab Universities Journal of Agricultural Sciences**, v. 29, n. 1, p. 375–385, 2021.
- ADAMS, R. (2005). Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Quadrupole Mass Spectroscopy. **Carol Stream**. 16. 65-120.
- AHMADIAN, A. et al. Study of Chamomile's yield and its components under drought stress and organic and inorganic fertilizers using and their residue. **Journal of Microbiology and Antimicrobials**, v. 3, n. 2, p. 23–28, 2011.
- ALVAREZ V., H. V.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., H. V. (Eds). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 43-61.
- AMARAL, W. et al. Desenvolvimento da camomila, rendimento e qualidade do óleo essencial em diferentes idades de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 2, p. 237–242, 2014.
- ANDRADE, A. D. et al. Desempenho de métodos de cálculo do coeficiente de tanque para estimativa da evapotranspiração de referência. **Irriga**, v. 21, n. 1, p. 119–130, 2016.
- ANGELOPOULOU, F. et al. Effect of Organic Fertilization on Growth and Development of the Root System of two Medicinal Plants, oregano (*Origanum vulgare* L.) and milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.). **Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture**, v. 71, n. 2, 2014.
- ANVISA. **Farmacopeia Brasileira - Plantas medicinais**. 6. ed. Brasília: ANVISA, 2019. v. 2.
- APARECIDA, M. et al. Production of Japanese Type Cucumber in Protected Cultivation As a Function of Organic Fertilization. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 65–74, 2010.
- BAGHALIAN, K. et al. Physiological and phytochemical response to drought stress of German chamomile (*Matricaria recutita* L.). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 49, n. 2, p. 201–207, 2011.
- BAGHERI, R.; DEHDARI, M.; SALEHI, A. Effect of cold stress at flowering stage on some important characters of five German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) genotypes in a pot experiment. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 16, n. October, 2020.
- BARBOSA, A. H. D. S.; CARVALHO, R. G. DE; CAMACHO, R. G. V. Aplicação do NDVI para a Análise da Distribuição Espacial da Cobertura Vegetal na Região

Serrana de Martins e Portalegre – Estado do Rio Grande do Norte. **Geography Department University of Sao Paulo**, v. 33, p. 128, 2017.

BASYOUNI et al. Use of nondestructive sensors to assess nitrogen status in potted poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* L. (Willd. ex Klotzsch)) production. **Scientia Horticulturae**, v. 192, p. 47–53, 2015.

BASYOUNI, R.; DUNN, B. L.; GOAD, C. The use of nondestructive sensors to assess nitrogen status in potted dianthus (*Dianthus chinensis* L.) production. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 97, n. 1, p. 44–52, 2016.

BELINDA, N. S. et al. Antioxidant activity, total phenolic and flavonoid content of selected Kenyan medicinal plants, sea algae and medicinal wild mushrooms. **African Journal of Pure and Applied Chemistry**, v. 13, n. 3, p. 43–48, 2019.

BORSATO, A. V. et al. Rendimento e composição química do óleo essencial da camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] extraído por arraste de vapor d'água, em escala comercial. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 1, p. 129–136, 2008.

BREDEMEIER, C. et al. Estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável. **Ciencia Rural**, v. 43, n. 7, p. 1147–1154, 2013.

CAMPOS, A. J. DE M.; SANTOS, S. M.; NACARATH, I. R. F. F. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e311101523155, 2021.

CARRUBBA, A. Organic and chemical n fertilization on coriander (*coriandrum sativum* L.) in a Mediterranean environment. **Industrial Crops and Products**, v. 57, p. 174–187, 2014.

CASTRO, M. C.; CAMARGO, L. DO N.; VIEIRA, V. C. Comparação da determinação de uma área com tecnologia gnss não diferencial para fins de irrigação. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 30512–30518, 2020.

COELHO, A. P.; ROSALEN, D. L.; DE FARIA, R. T. Vegetation indices in the prediction of biomass and grain yield of white oat under irrigation levels. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 48, n. 2, p. 109–117, 2018.

DA SILVA, J. R. et al. Phenology and productive performance of chamomile in sowing dates and spacing between plants. **Comunicata Scientiae**, v. 11, n. July, 2020.

DOS SANTOS, H. T. et al. Effects Of Irrigation Management And Seasonal Stages On Essential Oil Content And Biomass Of *Origanum Vulgare* L. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 12, n. 1, p. 42–56, 2020.

EL-HEFNY, M. et al. Essential and recovery oils from *Matricaria chamomilla* flowers as environmentally friendly fungicides against four fungi isolated from cultural heritage objects. **Processes**, v. 7, n. 11, p. 1–12, 2019.

FARHOUDI, R.; LEE, D. J.; HUSSAIN, M. Mild Drought Improves Growth and Flower Oil Productivity of German Chamomile (*Matricaria recutita* L.). **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 17, n. 1, p. 26–31, 2014.

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

FORMISANO, C. et al. Correlation among environmental factors, chemical composition and antioxidative properties of essential oil and extracts of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) collected in Molise (South-central Italy). **Industrial Crops and Products**, v. 63, p. 256–263, 2015.

GANDOMI, A. et al. The response of different fertilizer applications on chamomile production and their quality characteristics. **Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus**, v. 20, n. 2, p. 107–119, 2021.

GHASEMI, M. et al. Increase of chamazulene and α -bisabolol contents of the essential oil of german chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) using salicylic acid treatments under normal and heat stress conditions. **Foods**, v. 5, n. 3, p. 1–14, 2016.

GIANNOULIS, K. D. et al. *Matricaria chamomilla* L. (German chamomile) flower yield and essential oil affected by irrigation and nitrogen fertilization. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 32, n. 5, p. 328–335, 2020.

GUO, L. et al. Effects of cattle manure compost combined with chemical fertilizer on topsoil organic matter, bulk density and earthworm activity in a wheat-maize rotation system in Eastern China. **Soil and Tillage Research**, v. 156, p. 140–147, 2016.

HARGREAVES GH, Samani ZA (1985). Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature. **American Society of Agricultural and Biological Engineers Meeteng**. (Paper 85 -2517).

HASSAN, H.; FAHMY, A. Effect of Foliar Spray with Proline and Humic Acid on Productivity and Essential Oil Content of Chamomile Plant Under Different Rates of Organic Fertilizers in Sandy Soil. **Journal of Plant Production**, v. 11, n. 1, p. 71–77, 2020.

HENDAWY, S.; KHALID, K. Effect of chemical and organic fertilizers on yield and essential oil of chamomile flower heads. **Medicinal and aromatic plant science and biotechnology**, v. 5, n. 1, p. 43–48, 2011.

HOUSHMAND, S. et al. Evaluation of four chamomile species under late season drought stress. **International Journal of Plant Production**, v. 5, n. 1, p. 9–24, 2011.

JAHANI, F.; MALEKI, A.; PAZOKI, A. Evaluation Effects of Chemical, Organic and Biologic Fertilizers on Chamomile (*Matricaria chamomile* L.) Yield Fatemeh. **Journal of Crop Nutrition Science**, v. 2, n. 1, p. 42–51, 2018.

JESHNI, M. G. et al. The changes of yield and essential oil components of German Chamomile (*Matricaria recutita* L.) under application of phosphorus and zinc fertilizers and drought stress conditions. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 16, n. 1, p. 60–65, 2017.

JESUS, MATHEUS , RAFAEL MARANI, VIEIRA, R. D. Quality of NDVI acquisition in peanut culture using terrestrial sensors. **Anais do XVII Encontro Sobre a Cultura do Amendoim**, v. 1, n. 2, p. 1–13, 2020.

KADHIM, A. J. Effect of biofertilizers and animal manure on morphophysiological characteristics and amount of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil under drought stress conditions. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 735, n. 1, 2021.

KELLER, J.; KARMELI, J. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corp, 1975.

KHAJEEYAN, R. et al. Growth parameters, water productivity and aloin content of Aloe vera affected by mycorrhiza and PGPR application under different irrigation regimes. **South African Journal of Botany**, 2021.

KISIĆ, I. et al. Effects of organic fertilization on soil properties and chamomile flower yield. **Organic Agriculture**, v. 9, n. 3, p. 345–355, 2019.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Wall-map ed. Verlag Justus Perthes: Gotha, 1928

LI, J. et al. Effects of deficit irrigation and organic fertilizer on yield, saponin and disease incidence in *Panax notoginseng* under shaded conditions. **Agricultural Water Management**, v. 256, n. June, p. 107056, 2021.

LOPES, C. L. et al. Phenolic Composition and Bioactivity of *Lavandula pedunculata* (Mill.) Cav. Samples from Different Geographical Origin. **Molecules**, v. 23, n. 5, p. 1–19, 2018.

MANTOVANI, E. C. **Avalia. Manual do Usuário**. Viçosa, DEA/UFV: PNP&D/Café EMBRAPA, 2002.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**, 2. ed atual ampl. Viçosa, MG:UFV, 2009. 355 p.

MAPELI, N. C. et al. Produção de biomassa e de óleo essencial dos capítulos florais da camomila em função de nitrogênio e fósforo. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 32–37, 2005.

MARTIN, D. E.; LÓPEZ, J. D.; LAN, Y. Laboratory evaluation of the GreenSeeker™ hand-held optical sensor to variations in orientation and height above canopy. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 5, n. 1, p. 43–47, 2012.

MARTINS, I. P. **Crescimento e consumo de água por manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) sob diferentes regimes hídricos.** [s.l.] Universidade Estadual Paulista, 2016.

MELO-GUERRERO, M. C.; ORTIZ-JURADO, D. E.; HURTADO-BENAVIDES, A. M. Comparison of the composition and antioxidant activity of the chamomile essential oil (*Matricaria chamomilla* L.) obtained by supercritical fluids extraction and other green techniques. **Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**, v. 44, n. 172, p. 845–856, 2020.

MOHAMMAD, S. M. Study on camomile (*Matricaria chamomilla* L.) usage and farming. **Advances in Environmental Biology**, v. 5, n. 7, p. 1446–1453, 2011.
MORAES, S. T. P. DE. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) visando estimativa de fitomassa de adubos verdes. 2020.

MORENO-PIZANI, M. A. et al. Crop Water Stress Index for a medicinal plant (*Baccharis crispa* Spreng.) under variable irrigation levels. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 7, n. 1, p. 9–15, 2018.

NALEPA, T.; CARVALHO, R. I. N. DE. Produção De Biomassa E Rendimento De Óleo Essencial Em Camomila Cultivada Com Diferentes Doses De Cama-De-Aviário. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 2, p. 161, 2007.

NURRAHMAN, H. F.; WIDYARMAN, A. S. Effectiveness of *Matricaria chamomilla* Essential Oil on *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* and *Treponema denticola* Biofilms. v. 6183, p. 77–82, 2020.

OLIVEIRA, E. R.; SILVA, T. C.; RAMOS, R. F. DE O. Evapotranspiração de referência em Januária-MG pelos métodos tanque classe “A” e Hargreaves-Samani. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n. 1, p. 48–54, 2020.

PACHECO, A. C. et al. The use of animal manure in the organic cultivation of *Passiflora incarnata* L. increases the content of phenolic compounds in the leaf and the antioxidant activity of the plant. **Organic Agriculture**, v. 11, n. 4, p. 567–575, 2021.

PIRES, Alice Regina Pinto; SILVA, Bruna; OLIVEIRA, Izabel Cristina de; PEREIRA, Juliana Ottoni da Silva. Normalização de trabalhos acadêmicos: atualizada conforme NBR 14724/2011 e NBR 6023/2018. Viçosa, MG, UFV, BBT, 2019. 113 p. Disponível em: <http://www.bbt.ufv.br/>. Acesso em: 15/12/2023.

PIRZAD, A. et al. Effects of irrigation regime and plant density on essential oil composition of German chamomile (*Matricaria chamomilla*). **Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants**, v. 17, n. 2, p. 107–118, 2011.

PIZANI, M. A. M. **Manejo da irrigação e produtividade da água na cultura da carqueja (*Baccharis crispa* Spreng.).** [s.l.] Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2017.

PRASAD, B. T. Performance of Medicinal and Aromatic Chamomile (*Matricaria*

chamomilla L.) under Different Planting, Manure cum Fertilizer Regimes in Kathmandu Valley. **Journal of Agricultural Science and Technology B**, v. 11, n. 1, p. 26–45, 2021.

RATHORE, S.; KUMAR, R. Agronomic interventions affect the growth, yield, and essential oil composition of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) in the western Himalaya. **Industrial Crops and Products**, v. 171, n. 6, p. 113873, 2021.

REZENDE, R. et al. Produção e qualidade comercial de alface fertirrigada com nitrogênio e potássio em ambiente protegido. **Rev. Ceres, Viçosa**, v. 64, n. 2, p. 205–211, 2017.

ROCKENBACH, A. P. et al. Interferência entre plantas daninhas e a cultura: alterações no metabolismo secundário. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 1, p. 59–70, 2018.

SALEHI, A. et al. Effects of Zeolite, Bio- and Organic Fertilizers Application on German Chamomile Yield and Essential Oil Composition. **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 21, n. 1, p. 116–130, 2018.

SALEHI, A.; TASDIGHI, H.; GHOLAMHOSEINI, M. Evaluation of proline, chlorophyll, soluble sugar content and uptake of nutrients in the German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) under drought stress and organic fertilizer treatments. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 6, n. 10, p. 886–891, 2016.

SANTIAGO, E. J. P. et al. Ajuste da Equação de Hargreaves e Samani a partir de dados lisimétricos para o município de Juazeiro-BA. **Irriga**, p. 108–114, 2016.

SANTOS, L. DOS et al. Desenvolvimento de duas variedades de hortaliças da família Solanaceae em solo com diferentes tipos de substratos. **Revista Ambientale**, v. 1, n. 9, p. 1–15, 2017.

SARIĆ-KRSMANOVIĆ, M. et al. Infestation of field dodder (*Cuscuta campestris* yunck.) promotes changes in host dry weight and essential oil production in two aromatic plants, peppermint and chamomile. **Plants**, v. 9, n. 10, p. 1–14, 2020.

SEAB, Secretaria da agricultura e do abastecimento. **Camomila de Mandirituba gera renda milionária e garante fama nacional ao município**. Disponível em: <<https://www.agricultura.pr.gov.br/Noticia/Camomila-de-Mandirituba-gera-renda-milionaria-e-garante-fama-nacional-ao-municipio>>. Acesso em: 15 jul. 2022.

SEAB, Secretaria da agricultura e do abastecimento. **IG da Camomila de Mandirituba está no INPI**. Disponível em: <<https://alavoura.com.br/colunas/indicacao-geografica/ig-da-camomila-de-mandirituba-esta-no-inpi/>>. Acesso em: 20 set. 2022.

SEIDLER-LOZYKOWSKA, K. Effect of the selected weather conditions on essential oil, α -bisabolol and chamazulene content in flower heads of chamomile [*Chamomilla recutita* (L.) rausch.]. **Journal of Essential Oil Research**, v. 22, n. 1, p. 45–48, 2010.

SHARIFI, P. et al. Investigation of Morphological and Phytochemical Changes and Tolerance Threshold of Chamomile Under Drought Stress Conditions. **International Journal of Pure and Applied Zoology ISSN**, v. 5, n. 2, p. 85–91, 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.

SILVA, J. I. S. E et al. Padrão espectral de plantas de Umburana-de-Cambão *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillett em uma área de reserva no município de Senador Rui Palmeira/AL, Brasil. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 3, p. 1461–1476, 2020.

SINGH, O. et al. Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): An overview. **Pharmacognosy Reviews**, v. 5, n. 9, p. 82–95, 2011.

SINGH, S. et al. **A portable Hyperspectral imaging system to assess the effect of different nutrient management practices on Chamomile (*Chamomila recutita*)**. Conferência Internacional sobre Inovações Inteligentes em Design, Meio Ambiente, Gestão, Planejamento e Computação (ICSIDEMPC. **Anais...2020**

SINGH, S. et al. IMPROVED AGRO-TECHNOLOGIES FOR GERMAN CHAMOMILE. **KRISHI SCIENCE**, v. 02, n. 10, p. 29–31, 2021.

SOBRAL, L. A.; ALEMAN, C. C. Aspectos Morfofisiológicos Em Camomila Irrigada Durante a Fase Vegetativa. **Colloquium Agrariae**, v. 10, n. Especial, p. 17–23, 2014.

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.

UBESSI, C. et al. Chemical composition of chamomile essential oil cultivated with homeopathy. **Journal of Essential Oil Research**, v. 33, n. 4, p. 342–350, 2021.

VALERIANO, T. T. B. et al. Manejo De Irrigação Para a Alface Americana Cultivada Em Ambiente Protegido. **Nativa**, v. 6, n. 2, p. 118, 2018.

ZENI, F. et al. Plantas Medicinais E Fitoterápicos Na Promoção À Saúde No Transtorno De Ansiedade: Uma Revisão Da Literatura De Apoio Aos Profissionais. **Infarma - Ciências Farmacêuticas**, v. 33, n. 1, p. 6–17, 2021.

APÊNDICE A – Condução do experimento

Figura 1 – Pesagem da areia e brita para o preenchimento dos vasos



Figura 2 – Transplântio das mudas e plantas de camomila (fase vegetativa)



Figura 3 – Plantas de camomila (início da fase reprodutiva)



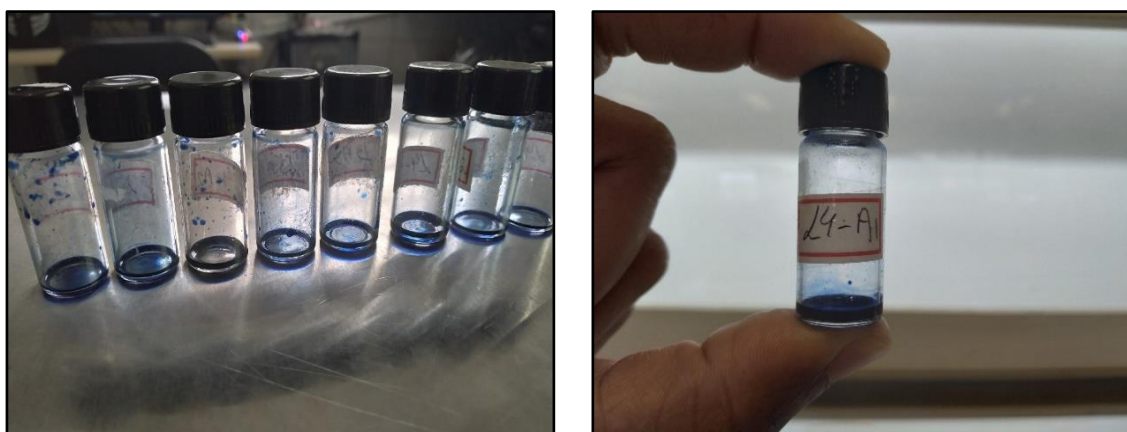
Figura 4 – Produção e colheitas dos capítulos florais



Figura 5 – Extração do óleo essencial por hidrodestilação



Figura 6 – Preparação das amostras de óleo essencial para identificação dos constituintes químicos



APÊNDICE B – Resultados da análise química do adubo orgânico

Laboratório de Análise de Solos Viçosa

Av. Santa Rita, 468 - CEP 36570 099 - Viçosa - MG

Tel: (31) 3891 3606

labsolosvicosa@gmail.com

Viçosa, 24 de novembro de 2021.

Prezado(a) Sr(a).
Felipe Jorge Viana
Viçosa - MG

Sirvo-me desta para enviar-lhe o(s) resultado(s) das análises químicas realizadas em sua(s) amostra(s) secas em estufa à 75°C.

Identificação da amostra	N	P	K	Ca	Mg	S	CO	C/N
	%							
Amostra 01	1,88	1,67	3,12	2,98	0,66	0,41	23,4	12,44

Identificação da amostra	Zn	Fe	Mn	Cu	B	pH	Na
	ppm					(H ₂ O)	(%)
Amostra 01	344,0	1076,8	499,2	68,8	51,3	7,19	0,72

Teores Totais, determinados no extrato ácido (ácido nítrico com ácido perclórico)

N - Método do Kjeldahl

CO - Método Walkley - Black

Identificação da amostra	Teores de Umidade (%)	
	Ao Ar	Estufa 75°C
Amostra 01	4,38	21,30

Continuando ao seu inteiro dispôr, subscrevo-me,
Atenciosamente,


Adijane Serrão De Filippo
Eng. Agrônoma - CREA 187227

APÊNDICE C – Resultados da análise química do solo



LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE SOLO VIÇOSA .

Av. Santa Rita nº. 468 - Centro
 CEP: 36.570-099 - Viçosa - MG
 Telefone: (31) 3891-3606
 E-mail: labsolosvicosa@gmail.com

REGISTRO Nº: 3704

ENTRADA: 15/10/2021

SAÍDA: 15/10/2021

CLIENTE: FELIPE JORGE VIANA

ENDEREÇO:

CIDADE: VIÇOSA - MG

CEP:

PROPRIEDADE:

VALOR: R\$ 25,50

MUNICÍPIO: VIÇOSA - MG

RESULTADO DE ANÁLISE DE SOLOS

Ref. Lab.	Referência do Cliente	pH		P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al
		H ₂ O		mg/dm ³			cmol _c /dm ³			
11474	Amostra 1	6,4	-	185,4	1300	-	4,57	1,57	0,0	1,98

Ref. Lab.	SB	(t)	(T)	V	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	cmol _c /dm ³			%			dag/kg	mg/L	mg/dm ³					
11474	9,46	9,46	11,44	82,7	0,0	-	-	28,3	-	-	-	-	-	-

pH em água, KCl e CaCl₂ - Relação 1:2,5

P - Na - K - Fe - Zn - Mn - Cu - Extrator Mehlich 1

Ca - Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol/L

H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0

B - Extrator água quente

S - Extrator - Fosfato monocalcico em ácido acético

SB = Soma de Bases Trocáveis

CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva

CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0

V = Índice de Saturação de Bases

m = Índice de Saturação de Alumínio

ISNa - Índice de Saturação de Sódio

Mat. Org. (MO) = C.Org x 1,724 - Walkley-Black

P-rem = Fósforo Remanescente

Adriane Serrão De Filippo
 Enga. Agrônoma - CREA 187227