



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**REBECCA TAVARES BESSA**

**TERMOGRAFIA NA AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DE MUDAS DE *Tagetes*  
*erecta* CULTIVADAS EM DIFERENTES AMBIENTES COM E SEM  
HIDRORETENTOR**

**FORTALEZA**

**2021**

REBECCA TAVARES BESSA

TERMOGRAFIA NA AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DE MUDAS DE *Tagetes erecta*  
CULTIVADAS EM DIFERENTES AMBIENTES COM E SEM HIDRORETENTOR

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Alan Bernard Oliveira de Sousa

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

B465t Bessa, Rebecca Tavares.  
Termografia na avaliação da temperatura de mudas de *Tagetes erecta* cultivadas em diferentes ambientes com e sem hidrotentor / Rebecca Tavares Bessa. – 2021.  
54 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2021.  
Orientação: Prof. Dr. Alan Bernard Oliveira de Sousa.

1. *Tagetes erecta*. 2. Ambiente protegido. 3. Hidrogel. 4. Termografia. I. Título.

CDD 630

---

REBECCA TAVARES BESSA

TERMOGRAFIA NA AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DE MUDAS DE *Tagetes erecta*  
CULTIVADAS EM DIFERENTES AMBIENTES COM E SEM HIDRORETENTOR

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em: 25/03/2021.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Alan Bernard Oliveira de Sousa (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dra. Krishna Ribeiro Gomes

A Deus.

Aos meus pais, Carlos Márcio e Fabrícia.

## AGRADECIMENTOS

À Deus por estar comigo em todos os momentos, e por reafirmar sempre em meu coração que seu amor por mim é maior que os meus medos.

Aos meus pais, Carlos Márcio e Fabrícia, pelas orações, compreensão e incentivo, por todo o amor e empenho na minha criação. Obrigada por sonharem comigo sobre esse momento, sem vocês nada disso seria possível.

Aos meus irmãos, Vitória, Sofia e Gregório, obrigada por entenderem os momentos de ausência durante esse ano, pela cumplicidade e por compartilharem tantas risadas. Esse TCC é de vocês!

Ao meu namorado, Lucas, que jamais me negou apoio, carinho e incentivo. Obrigada por aguentar crises de choro, ansiedade, por me tranquilizar e por ter lido tantas vezes esse trabalho. Sem você também nada disso seria possível.

Aos meus avós, tios e primos, por me cercarem de amor, carinho e sempre torcerem pelas minhas conquistas. Obrigada por fazerem parte de quem sou hoje.

Ao meu GC Ethel, por cada frase de motivação, por todo amor, carinho e cuidado. Cada uma ocupa um lugar especial em meu coração.

Aos meus amigos que fiz ao longo da graduação, por compartilharem a vida comigo durante esses anos, pela amizade, pelos conselhos e por tornarem essa graduação mais leve. Vocês são incríveis!

Aos meus colegas do grupo de pesquisa Iorrana, Mádilo, Daniela e Arthur por toda a ajuda ao longo do experimento.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alan Bernard Oliveira de Sousa, agradeço por sua confiança, sua incansável dedicação e pela ajuda no experimento.

Ao professor Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda e a Dra. Krishna Ribeiro Gomes, por gentilmente terem aceitado o convite de participarem da banca examinadora.

A Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de cursar Agronomia, e de ser ensinada por grandes professores. Neste lugar vivenciei experiências incríveis que contribuíram para meu crescimento pessoal.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, meus mais sinceros agradecimentos.

## RESUMO

A produção de mudas dentro do cultivo protegido reduz os efeitos dos fatores externos, entretanto, apesar de ser considerado um ambiente homogêneo, existem variações no interior deste ambiente. Diante do exposto, objetivou-se utilizar a termografia para avaliar a variação de temperatura dentro do ambiente protegido e a interação da temperatura foliar de mudas de *Tagetes erecta* em função de diferentes concentrações de Hidrogel. Foram realizados dois experimentos. No primeiro experimento, com duração de 22 dias em casa de vegetação com cobertura plástica, foram utilizadas 972 plantas, divididas em três locais (leste, centro e oeste) e com três doses de hidrogel (H0 = 0g/L; H1 = 1,5g/L; H2 = 3,0g/L). Para a análise da temperatura foliar foram utilizados os métodos do termo-higroanemômetro-luxímetro digital, com medições diárias a partir dos 8 dias após a germinação, com 20 dias após a germinação foi utilizado termômetro infravermelho e imagens térmicas capturadas 14 dias após a germinação e 20 dias após a germinação através da câmera termográfica FLIR ONE Pro®. No segundo experimento, em casa de vegetação de sombrite, foram utilizadas 648 plantas, divididas em dois locais (leste e oeste) e com três doses de hidrogel (H0 = 0g/L; H1 = 1,5g/L; H2 = 3,0g/L), com duração de 10 dias em telado, foram utilizados o termo-higroanemômetro-luxímetro digital diariamente e imagens capturadas 10 dias após a germinação através da câmera termográfica FLIR ONE Pro®. Em ambos os experimentos foram avaliadas as variáveis morfoagronômicas (altura da planta, massa fresca/planta, massa seca/planta e taxa de água (%)), a temperatura do dossel e o índice térmico ( $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$ ). Com isso, foi possível perceber que as imagens no infravermelho podem ser utilizadas para identificação da temperatura foliar. Além disso, dentro de uma casa de vegetação plástica ou sombrite existem diferentes temperaturas e isso influenciou na produção de massa vegetal. Locais com menor temperatura favoreceram ao menor índice térmico que pode indicar se a planta está sob estresse hídrico. O Hidrogel favoreceu a menor temperatura e um menor índice térmico no ambiente protegido com menor variação de temperatura.

**Palavras-chave:** *Tagetes erecta*. Ambiente Protegido. Hidrogel. Termografia. Índice Térmico.

## ABSTRACT

The production of seedlings within the protected cultivation reduces the effects of external factors, however, despite being considered a homogeneous environment, there are variations within this environment. Given the above, the objective was to use a thermography to evaluate the temperature variation within the protected environment and an interaction of the leaf temperature of *Tagetes erecta* as a function of different hydrogel functions. Two experiments were carried out. In the first experiment, lasting 22 days in a greenhouse with plastic cover, 972 plants were used, divided into three locations (east, center and west) and with three doses of hydrogel (H0 = 0g / L; H1 = 1.5g / L; H2 = 3.0g / L). For the analysis of leaf temperature, the methods of the thermo-hygro-anemometer-digital luximeter were used, with daily exposure from 8 days after germination, with 20 days after germination, an infrared thermometer was used and thermal images captured 14 days after germination and 20 days after germination using the FLIR ONE Pro® thermographic camera. In the second experiment, in a shade cloth greenhouse, 648 plants were used, divided into two locations (east and west) and with three doses of hydrogel (H0 = 0g / L; H1 = 1.5g / L; H2 = 3, 0g / L), lasting 10 days on a screen, the thermo-hygroanemometer-digital luximeter was used daily and images captured 10 days after germination through the FLIR ONE Pro® thermographic camera. In both experiments were evaluated as morpho-agronomic variables (plant height, fresh weight / plant, dry weight / plant and water rate (%)), canopy temperature and thermal index ( $\Delta (T_{canopy} - T_{air})$ ). With that, it was possible to realize that the infrared images can be used to identify leaf temperature. In addition, inside a plastic greenhouse or shade cloth there are different prices and this has influenced the production of vegetable mass. Lower temperature locations favored the lowest thermal index, which can indicate whether the plant is under water stress. Hydrogel favored a lower temperature and a lower thermal index in the protected environment with less variation in temperature.

**Keywords:** *Tagetes erecta*. Protected Environment. Hydrogel. Thermography. Thermal Index.



## SUMÁRIO

|            |  |    |
|------------|--|----|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO</b>  | 11 |
| <b>2</b>   | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>                               | 13 |
|            | <i>Tagetes</i> spp.  | 13 |
|            | <i>Tagetes erecta</i>                                      | 14 |
|            | Ambiente Protegido   | 15 |
|            | Hidrorententores   | 16 |
|            | Termografia  | 17 |
| <b>3</b>   | <b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>                                 | 20 |
| <b>3.1</b> | <b>Experimento 1</b>                                       | 20 |
|            | Localização do Experimento                                 | 20 |
|            | Implantação do Experimento                                 | 21 |
|            | Delineamento Experimental                                  | 22 |
|            | Condução do Experimento                                    | 23 |
|            | Variáveis Analisadas                                       | 23 |
|            | Variáveis Morfoagronômicas                                 | 23 |
|            | Temperatura do Dossel (TC)                                 | 24 |
|            | Índice Térmico $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$ | 27 |
| <b>3.2</b> | <b>Experimento 2</b>                                       | 28 |
|            | Localização do Experimento                                 | 28 |
|            | Implantação do Experimento                                 | 28 |
|            | Delineamento Experimental                                  | 30 |
|            | Condução do Experimento                                    | 31 |
|            | Variáveis Analisadas                                       | 31 |
|            | Variáveis Morfoagronômicas                                 | 31 |
|            | Temperatura do Dossel (TC)                                 | 32 |
|            | Índice Térmico $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$ | 33 |
| <b>4</b>   | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>                             | 35 |
| <b>4.1</b> | <b>Experimento 1</b>                                       | 35 |
|            | Variáveis Morfoagronômicas                                 | 35 |
|            | Temperatura do Dossel (TC)                                 | 36 |
|            | Índice Térmico $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$ | 40 |

|  |    |
|--|----|
| <b>4.2 Experimento 2</b> .....                                   | 42 |
| Variáveis Morfoagronômicas .....                                 | 42 |
| Temperatura do Dossel (TC) .....                                 | 43 |
| Índice Térmico $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$ ..... | 46 |
| <b>5 CONCLUSÃO</b> .....   | 49 |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | 50 |

## 1 INTRODUÇÃO

No mundo, a maior parte da produção de plantas ornamentais ocorre em ambiente protegido (REBOUÇAS *et al.*, 2015). Segundo estudos feitos por Beltrão *et al.* (2002), o cultivo em ambiente protegido possibilita o controle das condições edafoclimáticas, como a temperatura, a umidade do ar, a radiação luminosa, o vento, o solo e a composição atmosférica, gerando um aumento na produção e no desenvolvimento das plantas.

Apesar do ambiente protegido ser considerado homogêneo, existem variações, espacial e temporal, que podem afetar a produção entre plantas. Isso ocorre provavelmente pela existência de relação entre a temperatura do ar e a incidência de radiação solar (LORENTZ *et al.*, 2005; REIS *et al.*, 2012). A variação desses fatores pode influenciar na evapotranspiração, na disponibilidade hídrica para a planta e conseqüentemente no estado hídrico da planta.

Algumas variáveis fisiológicas das plantas podem ser utilizadas para o monitoramento do estado hídrico na cultura (ACEVEDO-OPAZO *et al.*, 2008). A medição direta da planta tem boa precisão e tem sido utilizada para o monitoramento hídrico, podendo substituir medições da umidade do solo (JONES *et al.*, 2004). Entretanto, a mensuração correta do estado hídrico nas culturas e sua variação espacial e temporal está relacionada com ferramentas confiáveis.

Uma variável que pode influenciar diretamente na temperatura foliar é a transpiração vegetal (LEUZINGER *et al.*, 2010). À medida que se diminui a disponibilidade hídrica no solo para a cultura de interesse, a transpiração da cultura é reduzida, ocorrendo o aumento da temperatura foliar pela absorção da radiação (WANG; GARTUNG, 2010).

Diante disso, alguns autores obtiveram sucesso na realização de medições com abordagem em imagens térmicas, onde foi possível detectar o estresse hídrico nas culturas (COHEN *et al.*, 2012; ULLAH *et al.*, 2012; PEREIRA *et al.*, 2015; GERHARDS *et al.*, 2016). A utilização de imagens térmicas, quando combinada com a análise automatizada de imagens, torna-se muito precisa, sendo capaz de medir a temperatura relativa ao invés da temperatura real (MERON *et al.*, 2013). Com a chegada de novos equipamentos para a geração de imagens térmicas, com precisão, rapidez e custos mais baixos, é possível detectar com facilidade as variações hídricas na cultura (FUENTES *et al.*, 2012).

Algumas tecnologias para a retenção de água no solo podem ser utilizadas, com a finalidade de reduzir a temperatura da planta e assim diminuir o déficit hídrico. Um exemplo são os polímeros hidroabsorventes ou hidrogeis, que são compostos hidrofílicos de estrutura

caracterizada por uma rede reticulada, capaz de absorver grandes quantidades de água em curtos intervalos de tempo (AHMED *et al.*, 2013; OMIDIAN *et al.*, 2005). Com isso, esses condicionadores podem funcionar na manutenção do conteúdo de água no solo e conseqüentemente na diminuição da temperatura foliar da planta (SILVA, 2020).

Observa-se assim a importância do monitoramento do estado hídrico e da temperatura das plantas produzidas em ambiente protegido. Em função do exposto, objetivou-se utilizar a termografia para avaliar a variação de temperatura dentro do ambiente protegido e a interação da temperatura foliar de mudas de *Tagetes erecta* em função de diferentes concentrações de Hidrogel.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 *Tagetes* spp.

Na classificação botânica pertence ao reino: Plantae; Divisão: Magnoliophyta; Classe: Magnoliopsida; Ordem: Asterales; Família: Asteraceae; Sub-família: Helenieas; Gênero: *Tagetes*; Espécies: *Tagetes erecta*, *Tagetes filifolia*, *Tagetes lacera*, *Tagetes lucida*, *Tagetes minuta*, *Tagetes patula*, *Tagetes tenuifolia* e numerosos híbridos (GILMAN; HOWE, 1999).

O gênero *Tagetes* sp. possui cerca de 60 espécies de plantas herbáceas, perenes e anuais da família *Asteraceae*. Esta planta é nativa do México (ALMEIDA, 1873), sendo originária de espécies selvagens e encontradas por toda a parte da América do Sul (PEREIRA *et al.*, 2006).

Conhecido em países de língua inglesa como “Marigold”, o “cravo-de-defunto” é nativo do México, onde é muito importante na decoração do “Dia dos Mortos” (finados), levando por isso esse nome, é uma planta de fácil cultivo, bastante decorativa e de ciclo relativamente longo (CLARCK; WILLIAMSON, 1979). O nome científico desta planta é uma homenagem ao Deus da sabedoria chamado Tages, que doou ao povo da Etrúria (conhecida atualmente como a região da Toscana) o poder da variedade da terra (SERRATO CRUZ *et al.*, 2000).

São plantas herbáceas anuais com folhas compostas, de coloração verde escura, produzindo contraste com as flores, de caule baixo, de 20 a 30 cm de altura, compacta, de folhagem com cheiro característico, flores em capítulos pequenos simples ou dobrados, solitários, apresentando tonalidades variáveis de amarelo, alaranjado e marrom-avermelhado. Somente seis anuais e três perenes são cultivadas atualmente. Além disso, é uma planta de pleno sol e de grande resistência, podendo ser cultivada em regiões tropicais durante todo o verão (LORENZI; SOUZA, 1995; CLARCK; WILLIAMSON, 1979).

Esta espécie é adaptada aos climas tropical e subtropical, desenvolvendo-se em solos ricos em matéria orgânica e expostas ao sol por pelo menos 6 horas. Além disso, são pouco tolerantes ao encharcamento, sendo plantada em terrenos de altura, chácaras e campo aberto. Se a área de cultivo for muito quente, as plantas tornam-se alongadas (GILMAN; HOWE, 1999).

Existem dois tipos de *Tagetes*: o americano, também conhecido como african marigold (*Tagetes erecta*) que possui maior florescimento, e o francês, também conhecido

como french marigold (*Tagetes minuta*) que possui florescimento menor. Ambas possuem flores de coloração amarela, laranja, dourados ou bicolors, sustentadas acima por uma haste de textura fina, folhagem verde-escuro, no campo apresentam aspecto brilhante. A espécie menos conhecida como a *Tagetes tenuifolia*, possui flores e folhas menores quando comparadas as outras espécies de *Tagetes*. Periodicamente são feitos cortes nas flores para aumentar a aparência brilhante dourada, diante disso, são plantadas bem próximas umas das outras, para que assim forme uma massa sólida de cor amarelo-alaranjado brilhante, se isso não for feito as plantas murcham e morrem, além de não apresentar a coloração amarela brilhante da paisagem (GILMAN; HOWE, 1999).

Esta espécie tem sido utilizada como fonte de óleos essenciais (LAWRENCE, 1985), como condimento (SWEET, 1817), como corante de alimentos (MEJIA *et al.*, 1997; PADMA *et al.*, 1997), como pigmento para ração de galinhas com o intuito de intensificar a coloração amarela dos ovos (ÁVILA *et al.*, 1990), para o controle de ervas daninhas (PRITTS, 1992), controle de insetos (PERICH *et al.*, 1994), fungicida (EDWARDS *et al.*, 1994). Além disso, pode ser plantada nas bordaduras de diversas culturas e ser usada como repelente natural de pulgões, ácaros e algumas lagartas (SERRATO CRUZ *et al.*, 2000).

## **2.2 *Tagetes erecta***

A espécie *Tagetes erecta* (Figura 1), é uma erva ramosa, glabra, de até 1,50 m de altura (BRAGA, 1960). Possuem folhas com segmentos estreitos-oblongos ou oblongo-lanceolados, agudos, serrados e com glândulas translúcidas com tamanho entre 15-25 mm de comprimento, sendo as inferiores bem menores. Essas glândulas contêm um óleo essencial de cheiro geralmente ativo, que com o passar do tempo torna-se enjoativo, e quando destilado apresenta coloração laranja. As flores são grandes, de pedúnculo com tamanho de 4 a 10 cm, intumescidos no ápice, solitários nas extremidades dos ramos. O fruto é um aquênio linear multi-estriado, contendo sementes de coloração preta, estreitas e oblongas de 5 mm contidas no cálice que é tubuloso (BRAGA, 1960; CORRÊA, 1984; ROCHA, 1945; ALMEIDA, 1873; HOEHNE, 1939).

Figura 1 – Flor de *Tagetes erecta*.



Fonte: gardênia.net

### 2.3 Ambiente Protegido

O cultivo protegido é uma tecnologia de produção de mudas que reduz os efeitos dos fatores externos (SALOMÃO, 2012). Com isso, esta tecnologia consiste na condução de uma cultura sob uma estrutura que ofereça proteção à planta, tanto parcial como total, através do controle das condições edafoclimáticas, como a temperatura, a umidade do ar, o vento, o solo e a radiação solar. Diante disso, é proposto um microclima benéfico para o crescimento e desenvolvimento das plantas (PURQUERIO; TIVELLI, 2006). Além disso, este tipo de ambiente permite a realização de um controle fitossanitário mais eficiente, contribuindo assim para a produção de mudas mais saudáveis e com menores resíduos de defensivos agrícolas (BEZERRA, 2003).

Entretanto, apesar de serem consideradas como um ambiente homogêneo, existem variações de produção, dentro do ambiente protegido, entre plantas, causadas por diversos fatores externos (LORENTZ *et al.*, 2005).

Dentro do ambiente protegido, a evapotranspiração é em média menor que a verificada externamente, por causa da redução da radiação solar e da ação dos ventos. Com isso, o déficit de vapor d'água é menor, afetando indiretamente o crescimento e a produção, por meio da interferência na temperatura foliar, condutância estomatal e na redução da área

foliar (COCKSHULL, 1998).

A produção de mudas sob cultivo protegido apresenta diversas vantagens em relação ao sistema conduzido em sementeira a céu aberto, como maior precocidade, menor possibilidade de contaminação fitopatogênica, maior relação percentual entre sementes plantadas e mudas obtidas, melhor aproveitamento da área destinada à produção de mudas, maior facilidade na execução de tratos culturais como desbaste, irrigação, adubação, tratamento fitossanitário, menor estresse por ocasião do transplântio, a fim de promover a redução do ciclo da cultura no campo (BEZERRA, 2003).

Entretanto, como desvantagens deste sistema tem-se a necessidade de um elevado investimento inicial e de conhecimento técnico, o que limita o acesso dos pequenos produtores a este tipo de tecnologia (SILVA; MORENO, 2016).

Andriolo (2002) afirma que culturas cultivadas em estufa plástica possuem uma melhor regularidade da produção, um prolongamento do período de colheita, uma melhoria na qualidade dos frutos, uma proteção da ação do vento e da precipitação e um aumento da eficiência dos defensivos agrícolas.

No Brasil, há registros de cultivo em ambiente protegido desde o final da década de 60, entretanto, foi no início da década de 90 que essa tecnologia ganhou destaque e passou a ser explorada (GRANDE *et al.*, 2003). Atualmente estima-se que a produção sob sistema de cultivo protegido seja de 17.000 hectares (BUENO, 2008).

## **2.4 Hidroretentores**

Os hidrogéis são polímeros hidroabsorventes, com estruturas tridimensionais, apresentam como característica a capacidade de absorver quantidades variáveis de águas e/ou fluídos biológicos, sem sofrer qualquer tipo de perda (BRITO *et al.*, 2013). A origem desse produto pode ser tanto natural, quando derivados do amido, como sintéticos, quando são derivados do petróleo e apresentam um maior potencial de absorção (DUSI, 2005).

A estrutura dos hidrogéis é mantida através de ligações covalentes e/ou eletrostáticas, que estão envoltas por um determinado solvente, geralmente a água (AOUADA *et al.*, 2009).

O uso de hidrogéis na agricultura tem sido vista como uma estratégia no manejo agrícola ao longo dos últimos 50 anos, devido às suas características de condicionadores do solo que aumentam a capacidade de retenção de água no solo e, conseqüentemente, reduzindo a frequência de irrigação (VENTUROLI; VENTUROLI, 2011).



Segundo estudo feito por Azevedo *et al.* (2002), esse polímero funciona como uma alternativa para situações em que não haja disponibilidade de água no solo, circunstâncias de estresse hídrico ou longos períodos de seca, ou seja, períodos longos de baixa umidade do solo, que afeta negativamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

Os primeiros experimentos no mundo com o hidrogel foram realizados no início dos anos 1980. Já no Brasil, os primeiros estudos datam do final da década de 1990 e início dos anos 2000 (FREITAS *et al.*, 2002). Ao longo dos anos, o uso do hidrogel na agricultura vem crescendo, especialmente na fruticultura e na produção de substratos para mudas (AZEVEDO *et al.*, 2006).

## 2.5 Termografia

Rybicki e Lightam (1979) afirmam que os primeiros relatos sobre a radiação infravermelha foram feitos através de experimentos feitos por Isaac Newton, em 1666, com protocolos exatos sobre a refração da luz com um prisma de vidro.

Anos depois, em 1800 William Herschel, um astrônomo alemão naturalizado inglês, ao testar diferentes combinações de vidros escurecidos para ver o sol em grandes telescópios percebeu que, ao usar alguns deles sentia uma sensação de calor, embora tivesse pouca luz, enquanto outros forneciam mais luz, com pouca sensação de calor. Com isso, ele então percebeu que os raios prismáticos poderiam ter o poder de aquecer e iluminar distribuídos desigualmente entre eles. Apesar disso, suas conclusões após seus experimentos de transmissão e espalhamento dos raios de calor são diferentes daquelas aceitas atualmente, já que Herschel concluiu que poderia existir só luz ou só calor com o mesmo desvio por um prisma, o que atualmente é possível saber que isso não pode ocorrer (OLIVEIRA; SILVA, 2014).

Já na metade do século XIX, o filho de William Herschel, John Herschel, pioneiro no ramo da fotografia, produziu em papel a primeira termografia. Após a segunda guerra mundial, os estudos da tecnologia infravermelha avançaram, entretanto, era restrita apenas ao uso militar (PUTLEY, 1982).

No início dos anos 70, houve o avanço do desenvolvimento de uma modalidade de isoterma colorida, com a função de delinear a imagem térmica como um padrão de bandas isotérmicas de cores codificadas capazes de distinguir variações no gradiente de temperatura de 0,1 °C (RYAN, 1969).

Os métodos de determinação da temperatura podem ser divididos em dois grupos principais: medidas feitas com o contato direto com o objeto observado e medidas feitas sem a necessidade do contato. Os termômetros de contato são os equipamentos mais comuns utilizados para a mensuração da temperatura, contudo, as respostas obtidas com este equipamento são lentas e, em muitas situações, limitadas, principalmente quando o ambiente apresenta algum tipo de risco ao operador. Já os equipamentos de avaliação de temperatura sem a necessidade de contato utilizam sensores que captam a energia infravermelha emitida pelo objeto avaliado em questão, nessa situação, a resposta é mais rápida e a sua utilização permite alcançar lugares inacessíveis, como por exemplo, ambientes hostis, alvos em movimento, ambientes com alguma limitação física (NOVINSKI, 2013).

A termografia consiste em uma técnica que permite detectar a radiação infravermelha emitida pelos corpos convertendo-a em imagens visíveis contendo informação sobre a temperatura e a superfície dos corpos (termogramas). Dentre as técnicas do sensoriamento remoto, a termografia pode ser usada potencialmente em diversos setores como na indústria, na construção civil, na eletrônica, no armamento, na medicina, na agricultura e na fisiologia vegetal (COSTA et al., 2013b). O sensoriamento remoto tem o objetivo de fazer com que os recursos disponíveis sejam usados com maior eficiência, para que assim ocorra um aumento da produtividade e a redução dos impactos ambientais (SARAIVA, et al., 2014).

As imagens termográficas podem ser captadas por câmeras instaladas em plataformas aéreas ou operadas manualmente com o auxílio de tripés, plataformas ou guindastes. Nessa situação, estas câmeras operadas manualmente podem capturar imagens de plantas individuais ou até mesmo de partes delas, partes sombreadas ou iluminadas pelo sol, com uma maior resolução quando comparada com imagens aéreas (BERNI *et al.*, 2009).

A principal vantagem das técnicas de imagem é o aumento da possibilidade de um monitoramento rápido e não destrutivo de determinadas características fisiológicas e estruturais das culturas (JONES, 1999).

Além disso, as imagens térmicas foram reconhecidas como o método mais adequado para a avaliação da variabilidade das propriedades térmicas dentro dos dosses da videira e com grande potencial para outras culturas agrícolas (JONES *et al.*, 2002).

Para o uso da termografia, é necessário existir um forte contraste térmico entre o objeto observado e o ambiente ou os objetos que o rodeiam. Diante disso, é necessária uma diferença entre o poder radioativo do ambiente e o objeto em análise (HOLST, 2000).

Através dos termogramas, é possível identificar e diferenciar tecidos deteriorados de tecidos saudáveis e funcionais. Este tipo de avaliação não pode ser feita através de outro

método ou à vista desarmada. Entretanto, a termografia é vista apenas como uma técnica capaz de distinguir padrões de cores que reproduzem temperaturas na superfície dos objetos observados (CRISÓSTOMO *et al.*, 2018).

Zarco-Tejada *et al.* (2012) afirmam que, imagens térmicas podem mostrar diferenças entre plantas irrigadas e plantas não irrigadas, ou até diferentes intensidades de irrigação. Além disso, até mesmo com apenas uma imagem é possível revelar variações espaciais no estado hídrico das plantas (PADHI *et al.*, 2012).

Para uma correta análise das imagens térmicas, o material não foliar deve ser excluído, podendo ser feita a seleção manual do material foliar e o uso de materiais de referência “úmidos” e “secos” (CAMOGLU; GENC, 2013a; AKKUZU *et al.*, 2013). Em seguida, as imagens térmicas de infravermelho podem ser tratadas com o uso de programas de computador dos provedores de câmeras infravermelho, como o FLIR QuickReport e Reporter Pro (FLIR Systems, Portland, EUA) (JONES *et al.*, 1997).

O software disponibilizado por essas empresas permite a análise da imagem com bastante precisão. Uma desvantagem é o alto custo, já as versões gratuitas oferecem poucas possibilidades de análise, comprometendo os estudos (FUENTES *et al.*, 2012; TAGHVAEIAN *et al.*, 2012).

As imagens térmicas possibilitam uma medição mais precisa da temperatura da folha, já que fornecem valores instantâneos de toda a copa. Existem também câmeras que podem gravar vídeos infravermelhos, podendo ser utilizadas para a produção de mapas com distribuições de temperaturas, com potencial de distribuição dos índices de estresse hídrico da cultura, dentro de uma área agrícola (LOPEZ *et al.*, 2012; WANG *et al.*, 2008).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos entre novembro e dezembro de 2020.

#### 3.1 Experimento 1

##### Localização do Experimento

No experimento 1, realizado do dia 10 de novembro até o dia 2 de dezembro de 2020, testou-se a variação de temperatura dentro de uma casa de vegetação de cobertura plástica.

O ambiente (Figura 2) estava localizado na Estação Meteorológica do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, sob coordenadas geográficas 3° 45' de latitude S e 38° 33' de longitude W, altitude de 19 m. Pela classificação de Köppen o clima local é Aw', com umidade relativa do ar de 47,3% e temperatura média de 33,4 °C.

Figura 2 – Área Experimental da Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará (UFC).



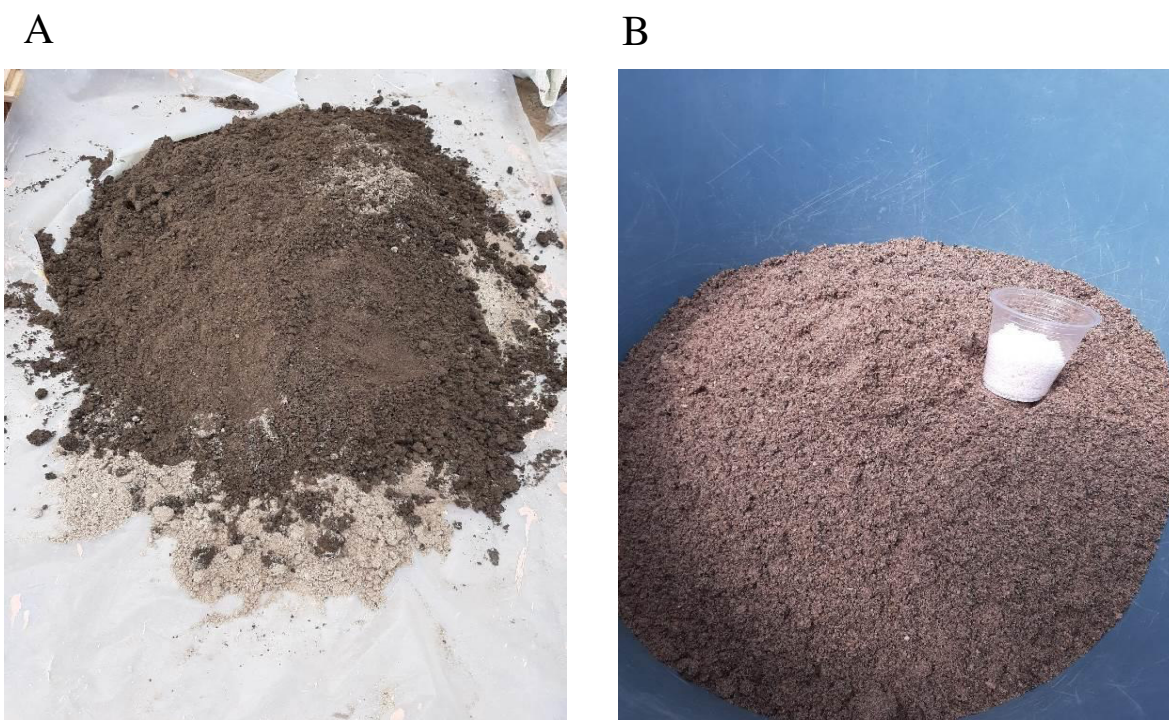
Fonte: Google Maps.

## Implantação do Experimento

O plantio das sementes de cravo de defunto foi realizado em bandejas de polietileno de 162 células, onde cada célula apresentava um volume de 50 ml. As sementes selecionadas foram da espécie *Tagetes erecta* pertencentes à empresa Feltrin.

As bandejas foram lavadas e desinfetadas com solução de hipoclorito de sódio (1,5%). Para o preenchimento das células foram utilizados arisco e húmus de minhoca, na proporção 4:2, além das doses de hidrogel correspondente a cada tratamento (Figura 3). Logo em seguida à sementeira, foi realizada a irrigação, para a manutenção da umidade favorável para a germinação das sementes.

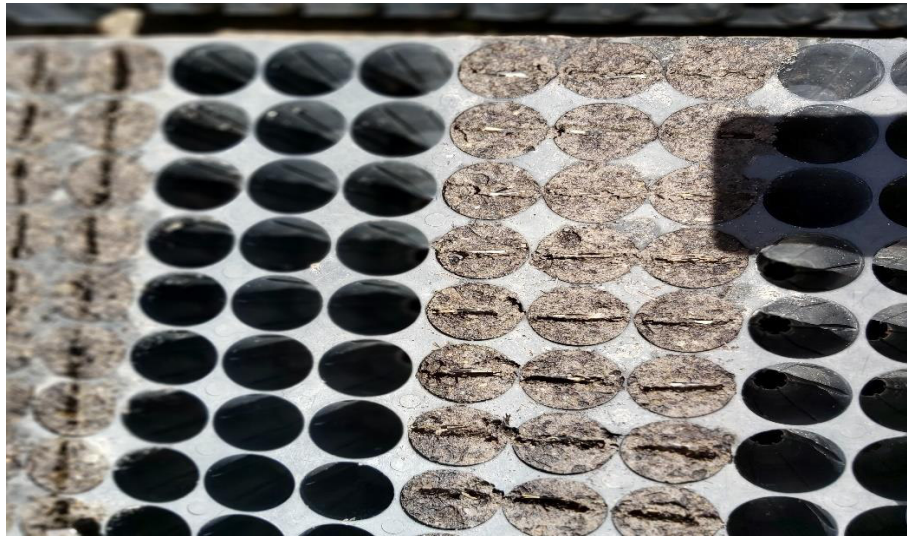
Figura 3 – Substrato de arisco e húmus de minhoca (A) Substrato de arisco, húmus de minhoca e adição de hidrogel (B).



Fonte: Autor.

As sementes foram plantadas a uma profundidade de 1 centímetro, considerada ótima para a emergência, tendo sido colocado uma semente por célula na posição horizontal. As sementes foram plantadas em três fileiras por tratamento, com o espaçamento de três fileiras entre os tratamentos na bandeja (Figura 4).

Figura 4 – Posicionamento das sementes nas células de germinação.



Fonte: Autor.

### Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos ao acaso, em parcelas subdivididas (Figura 6). As parcelas foram compostas pelos locais (leste, centro e oeste) e, nas subparcelas as variações dos níveis de hidrogel ( $H_0 = 0 \text{ g/L}$ ;  $H_1 = 1,5 \text{ g/L}$ ;  $H_2 = 3,0 \text{ g/L}$ ). Optou-se por 4 repetições, totalizando 36 unidades experimentais, com 27 plantas em cada unidade, totalizando 972 plantas no experimento.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

Figura 5 – Croqui da distribuição do delineamento experimental do Experimento 1.

|   |   |   |   |               |
|---|---|---|---|---------------|
| <b>BANDEJA 1</b><br>A1B1H1L<br>A1B1H0L<br>A1B1H2L | <b>BANDEJA 2</b><br>A1B2H0L<br>A1B2H2L<br>A1B2H1L | <b>BANDEJA 3</b><br>A1B3H2L<br>A1B3H1L<br>A1B3H0L | <b>BANDEJA 4</b><br>A1B4H1L<br>A1B4H0L<br>A1B4H2L | <b>LESTE</b>  |
| <b>BANDEJA 1</b><br>A1B1H2C<br>A1B1H0C<br>A1B1H1C | <b>BANDEJA 2</b><br>A1B2H1C<br>A1B2H2C<br>A1B2H0C | <b>BANDEJA 3</b><br>A1B3H0C<br>A1B3H1C<br>A1B3H2C | <b>BANDEJA 4</b><br>A1B4H1C<br>A1B4H0C<br>A1B4H2C | <b>CENTRO</b> |
| <b>BANDEJA 1</b><br>A1B1H1O<br>A1B1H2O<br>A1B1H0O | <b>BANDEJA 2</b><br>A1B2H0O<br>A1B2H2O<br>A1B2H1O | <b>BANDEJA 3</b><br>A1B3H1O<br>A1B3H2O<br>A1B3H0O | <b>BANDEJA 4</b><br>A1B4H2O<br>A1B4H1O<br>A1B4H0O | <b>OESTE</b>  |

Fonte: Autor.

## Condução do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação de cobertura plástica (50% a 70% de sombreamento), monitorada com auxílio de um termohigrômetro diariamente, entre os dias 10 de novembro de 2020 e 02 de dezembro de 2020. Foram testados dentro desse ambiente 3 locais (leste, centro e oeste) e em cada local foram testados também 3 valores de hidrogel: H0 – apenas arisco e húmus; H1 – areia, húmus e 1,5g de hidrogel por litro de substrato H2 – areia, húmus e 3,0g de hidrogel por litro de substrato (Figura 6). A irrigação das bandejas foi feita manualmente.

Figura 6 – Posição das bandejas na casa de vegetação na parte leste (A), central (B) e oeste (C).



Fonte: Autor.

## Variáveis Analisadas

### Variáveis morfoagronômicas

As características morfoagronômicas analisadas 22 dias após a germinação foram: altura da planta (ALT), massa fresca (MF), massa seca (MS) e taxa de água ( $H_2O\%$ ).

As variáveis puderam ser determinadas das seguintes formas: ALT (cm) – foi determinada com auxílio de uma régua (Figura 7); MF (g) – as mudas foram pesadas em uma balança digital (Figura 8); MS (g) – foi obtida através da pesagem em balança digital do material após a secagem na estufa, a  $65^{\circ}C$ , por um período de 72 horas.

Figura 7 – Determinação da altura de cada muda com o auxílio de uma régua.



Fonte: Autor.

Figura 8 – Mudas sendo pesadas em uma balança digital.



Fonte: Autor.

### **Temperatura do Dossel (TC)**

As avaliações das temperaturas e das umidades dos locais foram realizadas com o auxílio do termo-higroanemômetro-luxímetro digital modelo THAL-300, colocados sob cada bandeja de cada local dentro do ambiente, foram iniciadas 8 dias após a germinação (DAG),



diariamente, nos horários de 10h da manhã e 16h da tarde. O aparelho foi posicionado em cima de cada bandeja (Figura 9).

Figura 9 - Termohigrômetro posicionado para avaliação da temperatura no ambiente 1.



Fonte: Autor.

A partir de 20 dias após a germinação, foi usado o termômetro infravermelho modelo TI-550 (Figura 10) nos horários de 10h às 11h da manhã e 16h às 17h da tarde, sendo analisado cada planta da fileira do meio de cada tratamento de Hidrogel, a uma distância de 2 cm da folha de cada muda, ou seja, em média de 9 plantas. O coeficiente de emissividade do termômetro infravermelho durante as leituras foi 0,95.

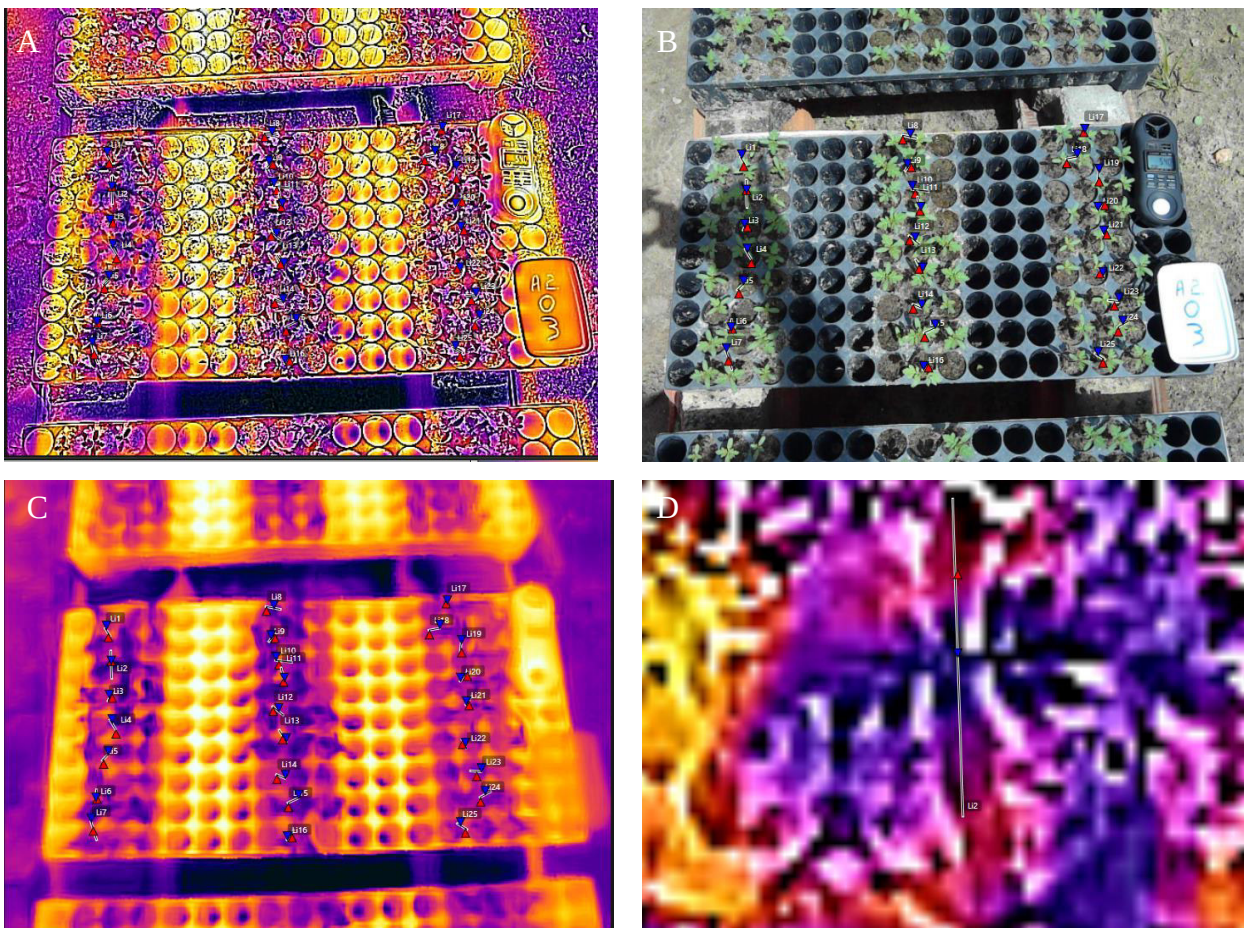
Figura 10 – Avaliação com termômetro infravermelho em mudas de cravo de defunto em condições de casa de vegetação com cobertura plástica.



Fonte: Autor.

Foi utilizada câmera termográfica FLIR ONE Pro®. As capturas de imagens foram feitas 14 dias após a germinação e 20 dias após a germinação no período entre 10h e 11h da manhã e 16h e 17h da tarde, sem o sombreamento por nuvens, registrando toda a área da bandeja de plantio, com uma distância de 0,80 e 1,0 m da base da bandeja, antes do início da irrigação. As imagens registradas foram analisadas posteriormente no software FLIR Tools (Figura 11), específico para o tratamento de imagens térmicas e oferece várias funções para se extrair as imagens da câmera, onde foi possível determinar as respostas térmicas máximas, médias e mínimas.

Figura 11 – Obtenção de dados com imagens térmicas no software FLIR Tools: Imagem MSX (A); Imagem digital RGB (B); Imagem térmica (C); Detalhamento da ferramenta linha (D).



Fonte: Autor.

Nesse processo, foram selecionadas apenas as áreas de interesse (folhas) e retiraram-se outras áreas que apareciam entre as folhas (solo, bandeja), especificando-se o local de leitura das temperaturas. Para determinar a temperatura do dossel da planta de cravo-de-defunto foi utilizada a ferramenta linha, com a utilização desta ferramenta o operador

marca os pontos de interesse dentro da imagem termométrica (Figura 11.D)

As imagens termográficas são compostas por uma matriz de pontos denominados pixels. Cada pixel correspondente, em princípio, a um sensor do detector da câmera infravermelha. Nos computadores e sensoriamento das imagens digitais, a informação de cores é especificada por um código composto de três parâmetros denominado RGB (Red, Green and Blue) (Figura 11.B), para Vermelho, Verde e Azul (VERATTI, 2015).

### **Índice Térmico $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$**

Para a obtenção da temperatura do ar foi utilizado o termohigrômetro (modelo THAL-300), colocado em cima de cada bandeja do experimento. Os valores da temperatura do dossel foram obtidos através do termômetro infravermelho (modelo TI-550) e da câmera termográfica (FLIR ONE Pro®).

De posse dos dados das temperaturas médias do dossel, tanto com o termômetro infravermelho como a fotografia, e da temperatura do ar, foi possível a realização do cálculo do índice térmico,  $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$  (COSTA *et al.*, 2013a).

$$\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}}) = T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}}$$

Em que:

$\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$  - Índice térmico

$T_{\text{dossel}}$  - Temperatura dossel

$T_{\text{ar}}$  - Temperatura do ar

## 3.2 Experimento 2

### Localização do Experimento

O segundo experimento, realizado em casa de vegetação com cobertura sombrite, ocorreu no período dos dias 13 de novembro até o dia 23 de novembro de 2020, foi utilizado apenas o termo-higroanemômetro-luxímetro digital e a câmera termográfica.

O ambiente (Figura 12) estava localizado na Estação Meteorológica do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, sob coordenadas geográficas 3° 45' de latitude S e 38° 33' de longitude W, altitude de 19 m. Pela classificação de Köppen o clima local é Aw', com umidade relativa do ar de 47,3% e temperatura média de 33,4 °C.

Figura 12 – Área Experimental da Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará (UFC).



Fonte: Google Maps.

### Implantação do Experimento

O plantio das sementes de cravo de defunto foi realizado em bandejas de polietileno de 162 células, onde cada célula apresentava um volume de 50 ml. As sementes selecionadas foram da espécie *Tagetes erecta*. As bandejas foram lavadas e desinfetadas com solução de hipoclorito de sódio (1,5%). Para o preenchimento das células foram utilizados arisco e húmus de minhoca, na proporção 4:2, além das quantidades de hidrogel (15g e 30g)

(Figura 13), pesados em balança digital. Logo em seguida à semeadura, foi realizada a irrigação, para que assim fosse mantida a umidade favorável para a germinação das sementes.

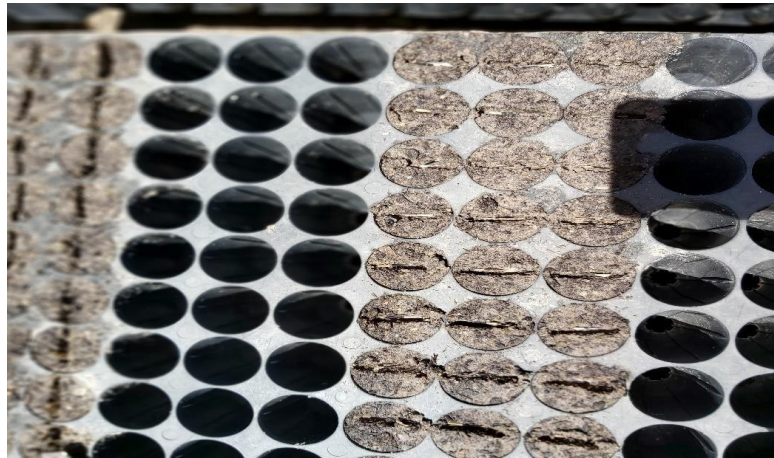
Figura 13 – Substrato de arisco e húmus de minhoca (A); Substrato de arisco, húmus de minhoca e hidrogel (B).



Fonte: Autor.

As sementes foram plantadas a uma profundidade de 1 centímetro, considerada ótima para a emergência, tendo sido colocado uma semente por célula na posição horizontal. As sementes foram plantadas em três fileiras por tratamento, com o espaçamento de três fileiras entre os tratamentos na bandeja (Figura 14).

Figura 14 – Posicionamento das sementes nas células de germinação.



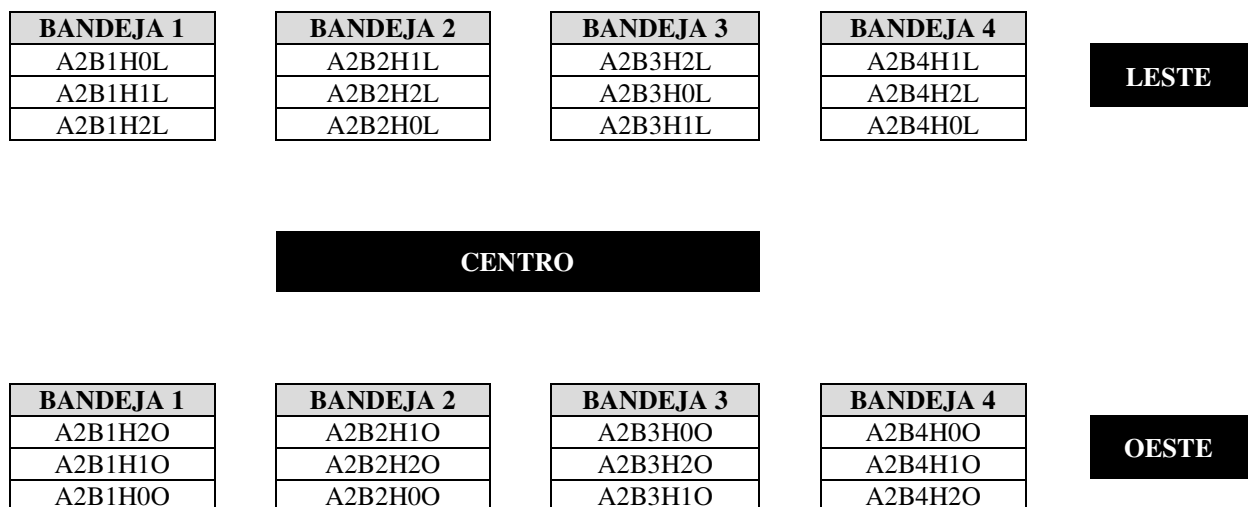
Fonte: Autor.

### Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos ao acaso, em parcelas subdivididas (Figura 15). As parcelas foram compostas pelos locais (leste e oeste) e, nas subparcelas as variações dos níveis de hidrogel (H0 = 0g/L; H1 = 1,5g/L; H2 = 3,0g/L). Optou-se por 4 repetições em cada local, totalizando 24 unidades experimentais, com 27 plantas em cada unidade, totalizando 648 plantas no experimento.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

Figura 15 – Delineamento Experimental do Ambiente 2.



Fonte: Autor.

## Condução do Experimento

O segundo experimento foi conduzido em ambiente com cobertura sombrite (50% de sombreamento), monitorado com auxílio de um termohigrômetro diariamente, entre os dias 13 de novembro de 2020 e 23 de novembro de 2020. Dentro desse ambiente foram testados apenas dois locais (leste e oeste) e três quantidades de hidrogel (H0 – apenas arisco e húmus; H1 – areia, húmus e 1,5g de hidrogel por litro de substrato; H2 – areia, húmus e 3,0g de hidrogel por litro de substrato) (Figura 16). A irrigação das bandejas foi feita manualmente.

Figura 16 – Posição das bandejas na casa de vegetação na parte leste (A) e oeste (B).



Fonte: Autor.

## Variáveis Analisadas

### Variáveis Morfoagronômicas

As características morfoagronômicas analisadas 10 dias após a germinação foram: altura da planta (ALT), massa fresca (MF), massa seca (MS) e taxa de água (H2O%).

As variáveis puderam ser determinadas das seguintes formas: ALT (cm) – foi determinada com auxílio de uma régua (Figura 8); MF (g) – as mudas foram pesadas em uma balança digital (Figura 9); MS (g) – foi obtida através da pesagem em balança digital do material após a secagem na estufa, a 65°C, por um período de 72 horas.

### Temperatura do Dossel (TC)

As avaliações da temperatura e da umidade de cada local foram feitas com o auxílio de um termohigrômetro modelo THAL-300, colocados sob cada bandeja dentro do ambiente, foram iniciadas 5 dias após a germinação nos horários de 11h:00min da manhã e 17h:00min da tarde (Figura 17).

Figura 17 - Termohigrômetro posicionado para avaliação da temperatura no ambiente 2.



Fonte: Autor.

Em seguida, foi utilizada a câmera termográfica FLIR ONE Pro®. As capturas de imagem foram feitas 10 dias após a germinação no horário de 11h da manhã, sem o sombreamento de nuvens, registrando toda a área da bandeja de plantio, com uma distância de 0,80 a 1,0 m da base da bandeja, antes do início da irrigação. Posteriormente, as imagens foram analisadas no software FLIR Tools, para determinar as respostas térmicas máximas, médias e mínimas de cada planta.

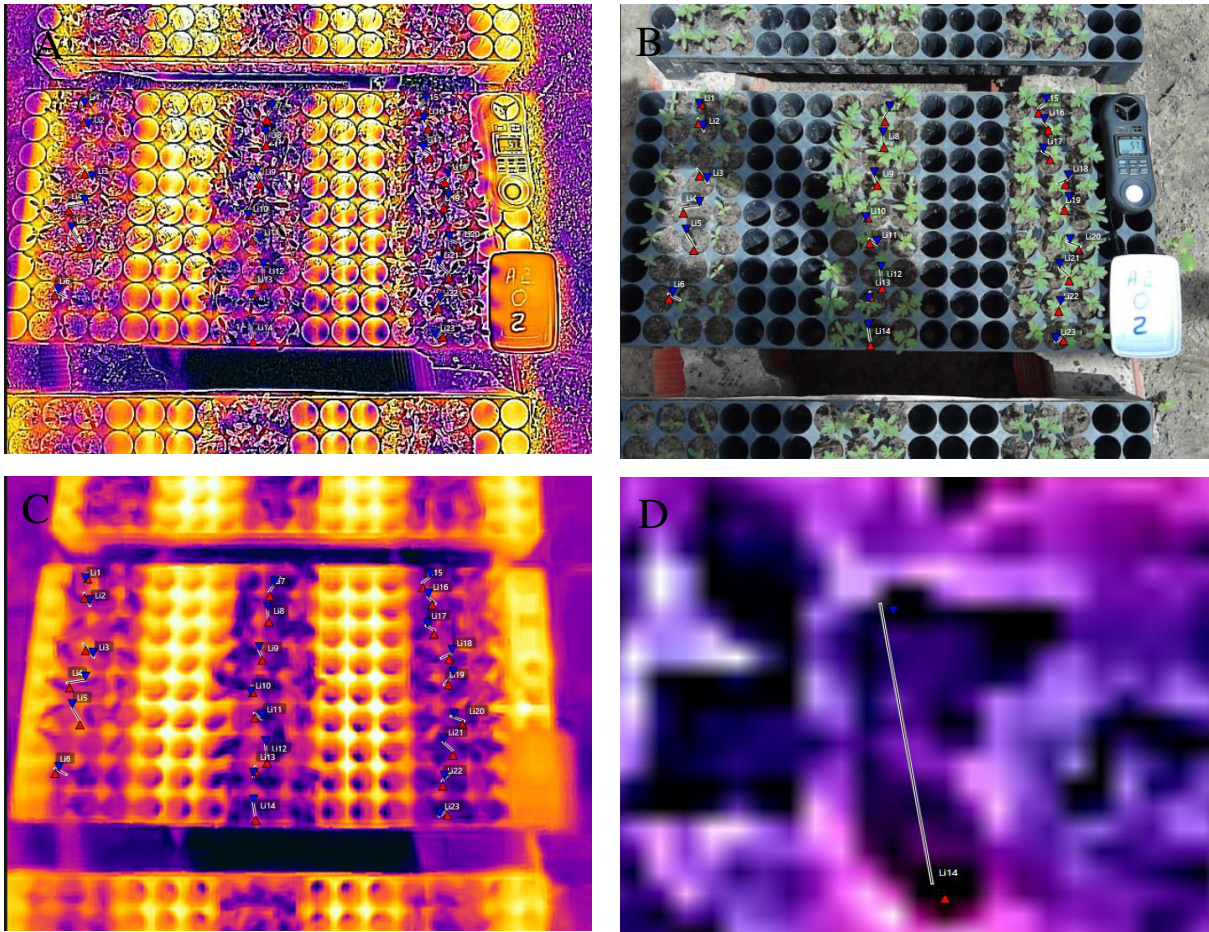
Para a análise, também foi escolhida a ferramenta linha, para que assim fosse possível selecionar apenas as áreas de interesse (folhas) e retirar as áreas que apareciam entre as folhas (bandeja, substrato) (Figura 18).

Nesse processo, foram selecionadas apenas as áreas de interesse (folhas) e retiraram-se outras áreas que apareciam entre as folhas (solo, bandeja), especificando-se o local de leitura das temperaturas. Para determinar a temperatura do dossel da planta foi



utilizada a ferramenta linha, com a utilização desta ferramenta o operador marca os pontos de interesse dentro da imagem termométrica (Figura 18.D).

Figura 18 – Obtenção de dados com imagens térmicas no software FLIR Tools: Imagem MSX (A); Imagem digital RGB (B); Imagem térmica (C); Detalhamento da ferramenta linha (D).



Fonte: Autor.

As imagens termográficas são compostas por uma matriz de pontos denominados pixels. Cada pixel correspondente, em princípio, a um sensor do detector da câmera infravermelha. Nos computadores e sensoriamento das imagens digitais, a informação de cores é especificada por um código composto de três parâmetros denominado RGB (Red, Green and Blue) (Figura 18.B) para Vermelho, Verde e Azul (VERATTI, 2015).

### Índice Térmico $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$

Para a obtenção da temperatura do ar foi utilizado o termohigrômetro (modelo THAL-300), colocado em cima de cada bandeja do experimento. Os valores da temperatura do dossel foram obtidos através da câmera termográfica (FLIR ONE Pro®).

Com as análises feitas das temperaturas médias do dossel, com a fotografia, e da temperatura do ar, foi possível a realização do cálculo do índice térmico,  $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$  (COSTA *et al.*, 2013).

$$\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}}) = T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}}$$

Em que:

$\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$  - Índice térmico

$T_{\text{dossel}}$  - Temperatura dossel

$T_{\text{ar}}$  - Temperatura do ar

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Experimento 1

#### Variáveis Morfoagronômicas

No ambiente 1, as variáveis altura da planta, massa fresca, massa seca e massa fresca/planta (Figura 19) não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, tanto no local como na quantidade de hidrogel, ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 1).

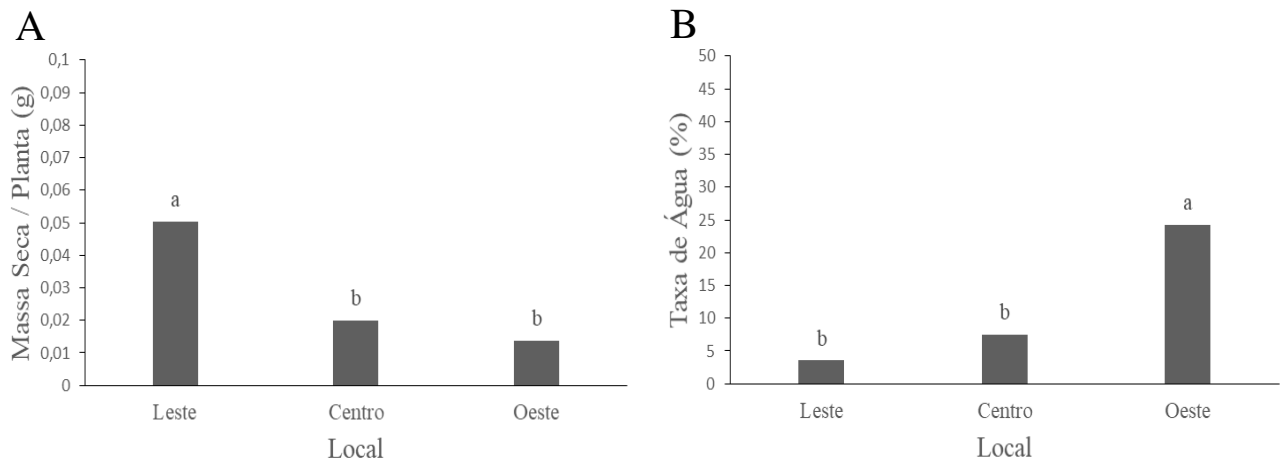
Tabela 1 – Resumo da ANOVA associado à altura, massa fresca/planta, massa seca/planta e taxa de água (%) em *Tagetes erecta* cultivados em diferentes locais e quantidades de hidrogel dentro de uma casa de vegetação com cobertura plástica.

| FV                      | GL | QM                     |                        |                        |                         |
|-------------------------|----|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
|                         |    | ALTURA<br>(CM)         | MASSA<br>FRESCA/PLANTA | MASSA<br>SECA/PLANTA   | TAXA DE<br>ÁGUA (%)     |
| <b>BLOCO</b>            | 3  | 1,316296 <sup>NS</sup> | 0,002441 <sup>NS</sup> | 0,000056 <sup>NS</sup> | 93,915915 <sup>NS</sup> |
| <b>LOCAL (L)</b>        | 2  | 0,241944 <sup>NS</sup> | 0,005853 <sup>NS</sup> | 0,004566*              | 1449,986930*            |
| <b>RESÍDUO</b>          | 6  | 0,130463               | 0,004776               | 0,000198               | 172,160554              |
| <b>HIDROGEL<br/>(H)</b> | 2  | 0,991944 <sup>NS</sup> | 0,000366 <sup>NS</sup> | 0,000084 <sup>NS</sup> | 41,363898 <sup>NS</sup> |
| <b>L X H</b>            | 4  | 0,348611 <sup>NS</sup> | 0,002527 <sup>NS</sup> | 0,000317 <sup>NS</sup> | 74,261251 <sup>NS</sup> |
| <b>RESÍDUO</b>          | 18 | 0,371574               | 0,001917               | 0,000234               | 49,260826               |
| <b>CV1 (%)</b>          |    | 26,25                  | 37,42                  | 50,19                  | 11,71                   |
| <b>CV2 (%)</b>          |    | 27,43                  | 23,71                  | 54,58                  | 59,76                   |

Fonte: Autor.

A variável massa seca/planta e taxa de água (%) apresentaram diferença significativa na questão do local, mas não apresentaram diferença em relação às diferentes quantidades de hidrogel.

Figura 19 – Massa seca/planta (média) de mudas propagadas de *Tagetes erecta* submetidas a diferentes locais dentro de uma casa de vegetação de cobertura plástica (A); Taxa de água (%) de mudas propagadas de *Tagetes erecta* submetidas a diferentes locais (B).



\* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do experimento.

### Temperatura do Dossel (TC)

Além disso, a temperatura influencia todas as atividades biológicas da planta. O aumento da temperatura do ambiente ocasiona um aumento da taxa respiratória da planta, aumento de fungos e insetos (POPINIGIS, 1985).

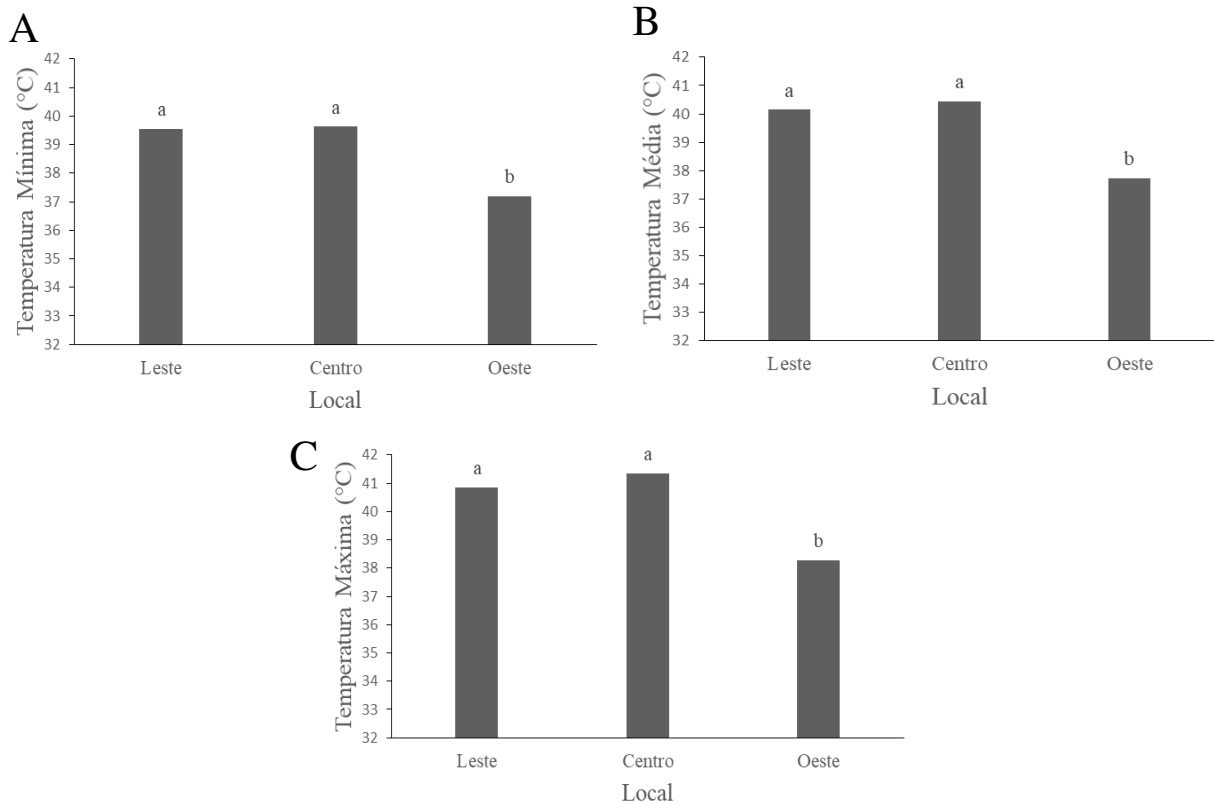
As variáveis temperatura mínima, média e máxima nos horários de 10h da manhã (Figura 20) apresentaram diferença significativa em relação aos locais em que as bandejas foram distribuídas, entretanto, não apresentaram diferença significativa quanto à quantidade de hidrogel, como pode ser visto na tabela 2.

Tabela 2 – Resumo da ANOVA associado à temperatura mínima, temperatura média e temperatura máxima no período da manhã em *Tagetes erecta* cultivados em diferentes locais e quantidades de hidrogel dentro de uma casa de vegetação com cobertura plástica.

| FV                  | GL | QM                     |                        |                        |
|---------------------|----|------------------------|------------------------|------------------------|
|                     |    | TMÍN(°C)               | TMÉD (°C)              | TMÁX (°C)              |
| <b>BLOCO</b>        | 3  | 73,770247*             | 81,200617*             | 89,699012*             |
| <b>LOCAL (L)</b>    | 2  | 68,460278*             | 79,121481*             | 28,030*                |
| <b>RESÍDUO</b>      | 6  | 1,600525               | 2,266914               | 3,494475               |
| <b>HIDROGEL (H)</b> | 2  | 1,852500 <sup>NS</sup> | 1,247037 <sup>NS</sup> | 1,198426 <sup>NS</sup> |
| <b>L X H</b>        | 4  | 3,192778 <sup>NS</sup> | 3,681759 <sup>NS</sup> | 6,328704 <sup>NS</sup> |
| <b>RESÍDUO</b>      | 90 | 1,566512               | 1,458852               | 1,776438               |
| <b>CV1 (%)</b>      |    | 3,26                   | 3,82                   | 4,65                   |
| <b>CV2 (%)</b>      |    | 3,23                   | 3,06                   | 3,32                   |

Fonte: Autor.

Figura 20 – Temperatura mínima (média) de mudas propagadas de *Tagetes erecta* submetidas a diferentes locais dentro de uma casa de vegetação de cobertura plástica (A); Temperatura média (média) de mudas propagadas de *Tagetes erecta* submetidas a diferentes locais dentro de uma casa de vegetação de cobertura plástica (B); Temperatura máxima (média) de mudas propagadas de *Tagetes erecta* submetidas a diferentes locais dentro de uma casa de vegetação de cobertura plástica (C).



\* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do experimento.

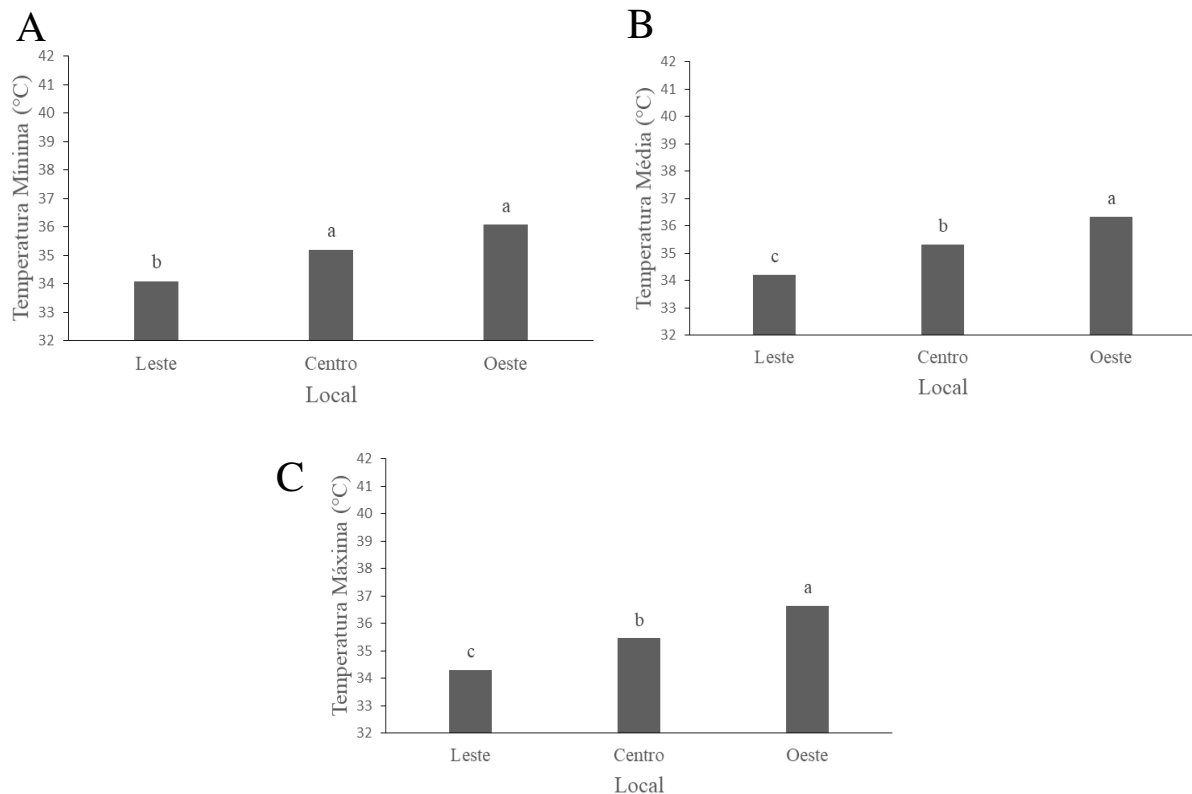
No período da tarde (Figura 21) foram feitas leituras com os mesmos equipamentos, para obtenção da variação de temperatura dentro da casa de vegetação. Diante disso, as variáveis temperatura mínima, média, máxima e umidade relativa do ar apresentaram diferença significativa em relação aos locais em que as bandejas foram distribuídas, entretanto, não apresentaram diferença significativa quanto à quantidade de hidrogel (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo da ANOVA associado à temperatura mínima, temperatura média e temperatura máxima no período da tarde em *Tagetes erecta* cultivados em diferentes locais e quantidades de hidrogel dentro de uma casa de vegetação de cobertura plástica.

| FV                  | GL | QM                      |                         |                         |
|---------------------|----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                     |    | TMÁX (°C)               | TMÉD (°C)               | TMÍN(°C)                |
| <b>BLOCO</b>        | 3  | 21,438765 <sup>NS</sup> | 20,944444 <sup>NS</sup> | 20,595802 <sup>NS</sup> |
| <b>LOCAL (L)</b>    | 2  | 49,941111*              | 41,000833*              | 35,367778*              |
| <b>RESÍDUO</b>      | 6  | 1,945432                | 1,696759                | 2,318765                |
| <b>HIDROGEL (H)</b> | 2  | 0,443611 <sup>NS</sup>  | 0,250833 <sup>NS</sup>  | 0,458611 <sup>NS</sup>  |
| <b>L X H</b>        | 4  | 0,506389 <sup>NS</sup>  | 0,412083 <sup>NS</sup>  | 0,358889 <sup>NS</sup>  |
| <b>RESÍDUO</b>      | 90 | 1,016846                | 1,084235                | 1,16581                 |
| <b>CV1 (%)</b>      |    | 3,93                    | 3,69                    | 4,34                    |
| <b>CV2 (%)</b>      |    | 2,84                    | 2,95                    | 3,07                    |

Fonte: Autor.

Figura 21 - Temperatura mínima (média) de mudas propagadas de *Tagetes erecta* submetidas a diferentes locais dentro de uma casa de vegetação de cobertura plástica (A); Temperatura média (média) de mudas propagadas de *Tagetes erecta* submetidas a diferentes locais dentro de uma casa de vegetação de cobertura plástica (B); Temperatura máxima (média) de mudas propagadas de *Tagetes erecta* submetidas a diferentes locais dentro de uma casa de vegetação de cobertura plástica (C).



\* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do experimento.

O aumento da temperatura foliar como indicador de deficiência hídrica e com o

auxílio de imagens térmicas possibilita um diagnóstico antecipado, monitoramento adequado e manejo eficiente do uso da água (MELLO *et al.*, 2018). Com isso, a termografia tem grande potencial para detectar rapidamente a redução da transpiração foliar (fechamento estomático), e com isso, determinar o estresse hídrico, que pode ser confirmado através da imagem obtida pela câmera térmica (COSTA *et al.*, 2013).

Estudos feitos por Tubelis e Nascimento (1992) afirmam que a quantidade de vapor de água na atmosfera é proporcional ao aumento do saldo positivo da radiação solar. A partir de uma determinada pressão e temperatura, há uma retenção na concentração de ar saturado. Com isso, quando a pressão está estabilizada e a temperatura aumenta, maior será a capacidade do ar de reter esse vapor d'água.

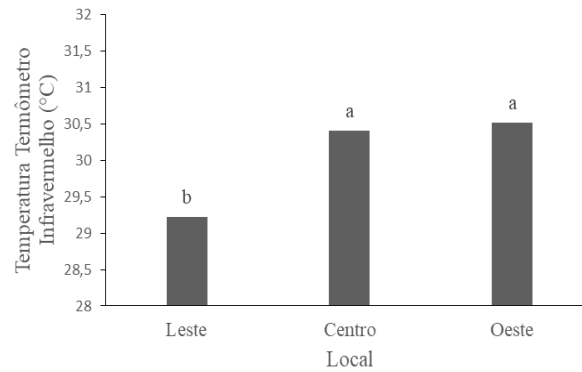
Para a análise da temperatura do dossel por meio do termômetro infravermelho (Figura 22) apresentou diferença significativa em relação aos locais em que as bandejas foram distribuídas, entretanto, não apresentaram diferença significativa quanto à quantidade de hidrogel (Tabela 4).

Tabela 4 - Resumo da ANOVA associado à temperatura com medição feita através do termômetro infravermelho no período da manhã em *Tagetes erecta* cultivados em diferentes locais e quantidades de hidrogel dentro de uma casa de vegetação de cobertura plástica.

| FV                  | GL | QM                     |
|---------------------|----|------------------------|
|                     |    | TEMP (°C)              |
| <b>BLOCO</b>        | 3  | 23,921327*             |
| <b>LOCAL (L)</b>    | 2  | 18,529259*             |
| <b>RESÍDUO</b>      | 6  | 0,258272               |
| <b>HIDROGEL (H)</b> | 2  | 0,800370 <sup>NS</sup> |
| <b>L X H</b>        | 4  | 1,502037 <sup>NS</sup> |
| <b>RESÍDUO</b>      | 90 | 0,936988               |
| <b>CV1 (%)</b>      |    | 1,69                   |
| <b>CV2 (%)</b>      |    | 3,22                   |

Fonte: Autor

Figura 22 - Temperatura (média) de mudas propagadas de *Tagetes erecta* submetidas a diferentes locais dentro de uma casa de vegetação de cobertura plástica com medição feita através do termômetro infravermelho no período da manhã.



\* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do experimento.

### Índice Térmico $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$

Na figura 23 podem ser observados os valores médios do índice térmico  $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$  nos três locais (leste, centro e oeste) e com três doses de hidrogel ( $H_0 = 0$  g/L;  $H_1 = 1,5$ g/L;  $H_2 = 3,0$ g/L) dentro da casa de vegetação nos horários de 10h:00min e 16h:00min.

O índice térmico  $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$  foram significativos quanto aos locais em que as bandejas foram distribuídas, mas não foram significativos quanto as doses de hidrogel, como pode ser visto na tabela 5.

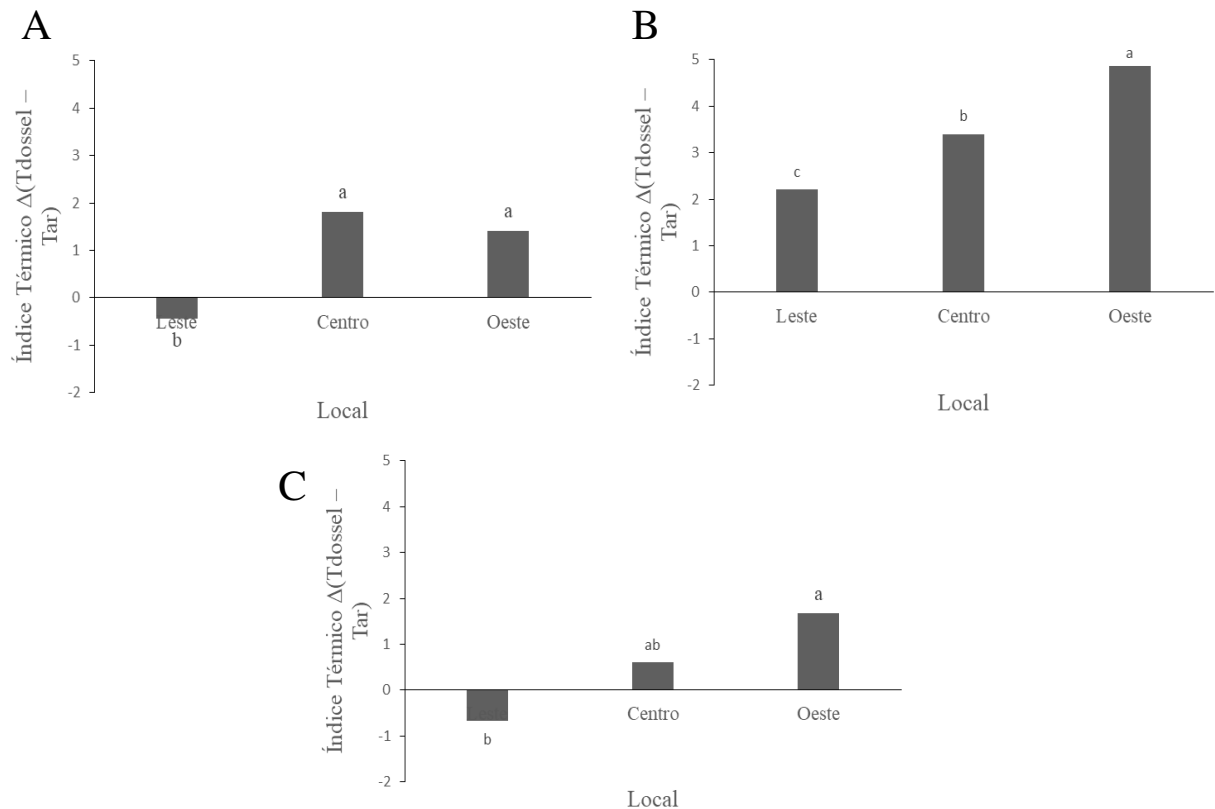
Tabela 5 – Resumo da ANOVA associado ao índice térmico  $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$  pelo período da manhã, termômetro infravermelho e período da tarde em *Tagetes erecta* cultivados em diferentes locais e quantidades de hidrogel dentro de uma casa de vegetação de cobertura plástica.

| FV                  | GL | QM  |   |   |
|---------------------|----|---|---|---|
|                     |    | $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$ manhã | $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$ infra | $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$ tarde |
| <b>BLOCO</b>        | 3  | 182,868395*                                       | 37,840370NS                                       | 26,171111*  |
| <b>LOCAL (L)</b>    | 2  | 52,555648*  | 49,708426*  | 63,800833*  |
| <b>RESÍDUO</b>      | 6  | 3,652191  | 7,903981  | 1,270093  |
| <b>HIDROGEL (H)</b> | 2  | 1,247037NS  | 2,487870NS  | 0,250833NS  |
| <b>L X H</b>        | 4  | 3,681759NS  | 1,904815NS  | 0,412083NS  |
| <b>RESÍDUO</b>      | 90 | 1,458852  | 1,265241  | 1,084235  |
| <b>CV1 (%)</b>      |    | 206,40  | 514,63  | 32,30   |
| <b>CV2 (%)</b>      |    | 130,45  | 205,90  | 29,85   |

Fonte: Autor.



Figura 23 – Valores médios do índice térmico  $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$  nos três locais (leste, centro e oeste) dentro da casa de vegetação de cobertura plástica no período de 10h:00min (A); Valores médios do índice térmico  $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$  nos três locais (leste, centro e oeste) dentro da casa de vegetação de cobertura plástica através do termômetro infravermelho no período da manhã (B); Valores médios do índice térmico  $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$  nos três locais dentro da casa de vegetação no período de 16h:00min (C);



\* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do experimento.

Com relação aos locais, os valores do índice térmico observados no horário de 10h:00 (Figura 23.A) e através do termômetro infravermelho (Figura 23.B), no local leste, tiveram valores negativos, visto que seria o local com temperaturas mais altas dentro da casa de vegetação.

Valores de  $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$  positivos indicam que a cultura está começando a sentir déficit hídrico. Quanto maior for esse déficit hídrico, mais elevada será a diferença entre a temperatura do dossel e a do ar. O valor do índice térmico  $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$  é o mais recomendado para se estimar o status hídrico de uma determinada cultura utilizando imagens termométricas, visto a sua praticidade e rapidez nos resultados (GARCÍA TEJERO *et al.*, 2011).

## 4.2 Experimento 2

### Variáveis Morfoagronômicas

Como pode ser visto na tabela 6, a altura, a massa fresca/planta, a massa seca/planta e a taxa de água não foram significativos quanto a distribuição das bandejas nos locais dentro da casa de vegetação de cobertura de sombrite. Com relação às doses de hidrogel, a massa fresca/planta e a massa seca/planta foram significativos ao nível de 5% de probabilidade (Figura 24).

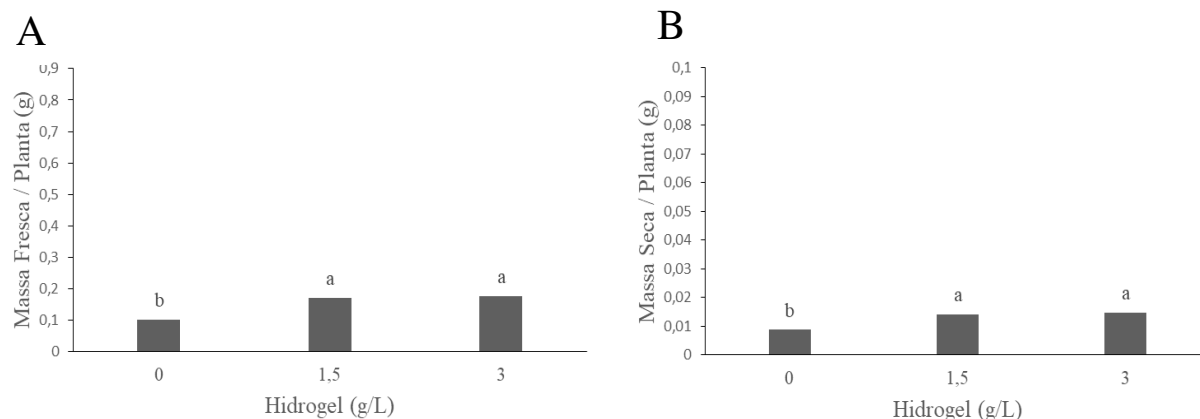
Tabela 6 – Resumo da ANOVA associado à altura, massa fresca/planta, massa seca/planta e taxa de água (%) em *Tagetes erecta* cultivados em diferentes locais e quantidades de hidrogel dentro de uma casa de vegetação de cobertura de sombrite.

| FV                      | GL | QM                     |                        |                        |                        |
|-------------------------|----|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                         |    | ALTURA<br>(CM)         | MASSA<br>FRESCA/PLANTA | MASSA<br>SECA/PLANTA   | TAXA DE<br>ÁGUA (%)    |
| <b>BLOCO</b>            | 3  | 0,078333 <sup>NS</sup> | 0,000533 <sup>NS</sup> | 0,000016 <sup>NS</sup> | 3,970237 <sup>NS</sup> |
| <b>LOCAL (L)</b>        | 1  | 0,041667 <sup>NS</sup> | 0,001714 <sup>NS</sup> | 0,000015 <sup>NS</sup> | 0,025585 <sup>NS</sup> |
| <b>RESÍDUO</b>          | 3  | 0,187222               | 0,000155               | 0,000003               | 1,039052               |
| <b>HIDROGEL<br/>(H)</b> | 2  | 0,155000 <sup>NS</sup> | 0,013519*              | 0,000088*              | 0,335079 <sup>NS</sup> |
| <b>L X H</b>            | 2  | 0,011667 <sup>NS</sup> | 0,001176 <sup>NS</sup> | 0,000012 <sup>NS</sup> | 0,406250 <sup>NS</sup> |
| <b>RESÍDUO</b>          | 12 | 0,349444               | 0,000795               | 0,000007               | 0,629370               |
| <b>CV1 (%)</b>          |    | 14,07                  | 8,33                   | 13,74                  | 9,24                   |
| <b>CV2 (%)</b>          |    | 19,22                  | 18,86                  | 20,91                  | 7,19                   |

Fonte: Autor.

Maiores quantidades de hidrogel nas parcelas mostram a sua atuação na absorção de água para as plantas (hidroretenção e disponibilidade de água). Apesar da elevada umidade do local, não se deve prolongar o período de escassez de água nas plantas, já que não há modo de estabilizar o hidrogel, ele passa a absorver água da raiz da planta (BOGARIM, 2014).

Figura 24 – Massa fresca/planta (média) de mudas propagadas de *Tagetes erecta* submetidas a diferentes quantidades de hidrogel em casa de vegetação cobertura de sombrite (A); Massa seca/planta (média) de mudas propagadas de *Tagetes erecta* submetidas a diferentes quantidades de hidrogel em casa de vegetação cobertura de sombrite (B).



\* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do experimento.

### Temperatura do Dossel (TC)

Como pode ser visto na tabela 7, a temperatura mínima, média e máxima não foram significativas quanto a distribuição das bandejas nos locais dentro da casa de vegetação de cobertura de sombrite. Com relação às doses de hidrogel, as variáveis foram significativas ao nível de 5% de probabilidade.

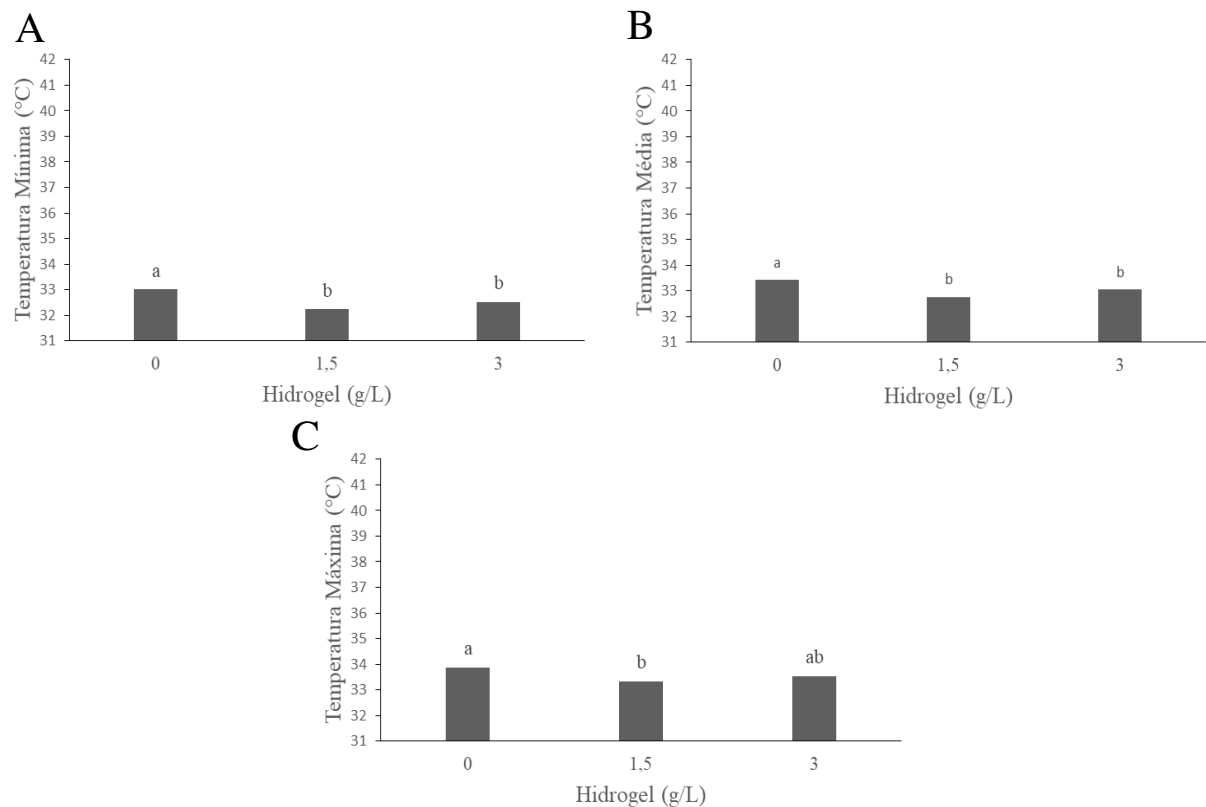
Tabela 7 – Resumo da ANOVA associado à temperatura mínima, temperatura média e temperatura máxima no período da manhã em *Tagetes erecta* cultivados em diferentes locais e quantidades de hidrogel dentro de uma casa de vegetação de cobertura de sombrite.

| FV                  | GL  | QM                       |                         |                         |
|---------------------|-----|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                     |     | TMÍN(°C)                 | TMÉD (°C)               | TMÁX (°C)               |
| <b>BLOCO</b>        | 3   | 56,948565 <sup>NS</sup>  | 64,847450 <sup>NS</sup> | 76,081574 <sup>NS</sup> |
| <b>LOCAL (L)</b>    | 1   | 107,950417 <sup>NS</sup> | 98,482512 <sup>NS</sup> | 93,089074 <sup>NS</sup> |
| <b>RESÍDUO</b>      | 3   | 46,324244                | 46,377604               | 45,911389               |
| <b>HIDROGEL (H)</b> | 2   | 10,989769*               | 8,133657*               | 5,005868*               |
| <b>L X H</b>        | 2   | 0,065139 <sup>NS</sup>   | 0,561435 <sup>NS</sup>  | 1,366678 <sup>NS</sup>  |
| <b>RESÍDUO</b>      | 204 | 0,733220                 | 0,757553                | 0,920124                |
| <b>CV1 (%)</b>      |     | 20,89                    | 20,59                   | 20,18                   |
| <b>CV2 (%)</b>      |     | 2,63                     | 2,63                    | 2,86                    |

Fonte: Autor.

Na Figura 25 podem ser observados os valores da temperatura mínima, temperatura média e temperatura máxima nos dois locais (leste e oeste) e com três doses de hidrogel (H0 = 0 g/L; H1 = 1,5 g/L; H2 = 3,0g/L) dentro da casa de vegetação com cobertura sombrite nos horários de 11h.

Figura 25 - Temperatura mínima (média) de mudas propagadas de *Tagetes erecta* submetidas a diferentes quantidades de hidrogel em casa de vegetação com cobertura de sombrite (A); Temperatura média (média) de mudas propagadas de *Tagetes erecta* submetidas a diferentes quantidades de hidrogel em casa de vegetação com cobertura de sombrite (B); Temperatura máxima (média) de mudas propagadas de *Tagetes erecta* submetidas a diferentes quantidades de hidrogel em casa de vegetação com cobertura de sombrite (C).



\* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do experimento.

Dentro da casa de vegetação de cobertura de sombrite no período da tarde as variáveis temperatura mínima, média e máxima não foram significativas com relação aos locais em que as bandejas foram distribuídas. Com relação às doses de hidrogel, as variáveis foram significativas ao nível de probabilidade de 5% (Tabela 8).

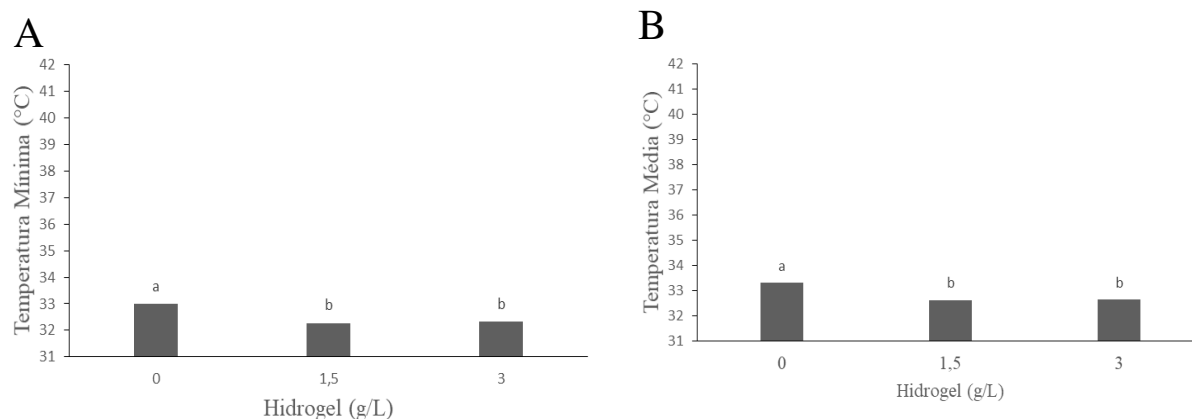
Tabela 8 - Resumo da ANOVA associado à temperatura mínima, temperatura média e temperatura máxima no período da tarde em *Tagetes erecta* cultivados em diferentes locais e quantidades de hidrogel dentro de uma casa de vegetação de cobertura de sombrite.

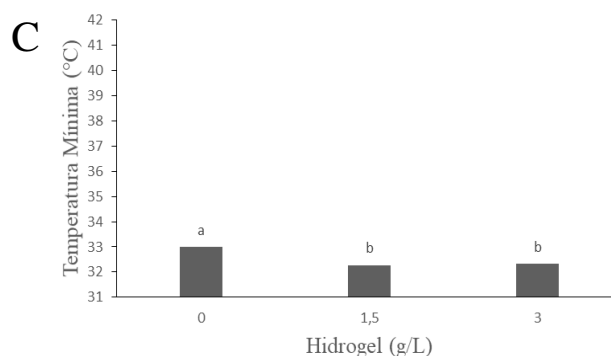
| FV                  | GL  | QM                       |                          |                         |
|---------------------|-----|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                     |     | TMÍN(°C)                 | TMÉD (°C)                | TMÁX (°C)               |
| <b>BLOCO</b>        | 3   | 4,051574 <sup>NS</sup>   | 2,722994 <sup>NS</sup>   | 2,846096 <sup>NS</sup>  |
| <b>LOCAL (L)</b>    | 1   | 113,535000 <sup>NS</sup> | 141,296713 <sup>NS</sup> | 171,02407 <sup>NS</sup> |
| <b>RESÍDUO</b>      | 3   | 16,999167                | 19,123596                | 21,806728               |
| <b>HIDROGEL (H)</b> | 2   | 11,976609*               | 11,064525*               | 10,738380*              |
| <b>L X H</b>        | 2   | 1,556285 <sup>NS</sup>   | 2,261817 <sup>NS</sup>   | 2,564769 <sup>NS</sup>  |
| <b>RESÍDUO</b>      | 204 | 1,159903                 | 1,254625                 | 1,375447                |
| <b>CV1 (%)</b>      |     | 12,67                    | 13,31                    | 14,06                   |
| <b>CV2 (%)</b>      |     | 3,31                     | 3,41                     | 3,53                    |

Fonte: Autor.

Na Figura 26 podem ser observados os valores da temperatura mínima, temperatura média e temperatura máxima com três doses de hidrogel (H0 = 0g/L; H1 = 1,5g/L; H2 = 3,0g/L) dentro da casa de vegetação com cobertura de sombrite nos horários de 17h.

Figura 26 - Temperatura mínima (média) de mudas propagadas de *Tagetes erecta* submetidas a diferentes quantidades de hidrogel em casa de vegetação com cobertura de sombrite (A); Temperatura média (média) de mudas propagadas de *Tagetes erecta* submetidas a diferentes quantidades de hidrogel em casa de vegetação com cobertura de sombrite (B); Temperatura máxima (média) de mudas propagadas de *Tagetes erecta* submetidas a diferentes quantidades de hidrogel em casa de vegetação com cobertura de sombrite (C).





\* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do experimento.

Tanto no período da manhã como no período da tarde foi possível observar que, em doses mais altas de hidrogel (1,5g/L e 3,0g/L), as variáveis temperatura mínima, média e máxima foram mais baixas, quando comparadas a mudas sem a presença do hidrogel. Isso pode ser explicado pelo fato de que, como o hidrogel atua na absorção de água, a transpiração da planta aumenta e conseqüentemente a temperatura da folha diminui (ARAÚJO, *et al.*, 2010).

Estudos de Silva *et al.* (2013), também afirmam esses efeitos em outras culturas, observando uma maior transpiração da planta. O uso do polímero no solo, ocasionou uma maior umidade e um maior suprimento hídrico nesses períodos, o que fez com que quanto maior for a disponibilidade do hidrogel no solo, menor será a taxa de transpiração da planta.

O aumento da transpiração da planta na presença do hidrogel é devido ao maior suprimento hídrico para a planta. Nos tratamentos com menor disponibilidade hídrica, ou seja, menores doses do hidrogel, a planta diminui a sua taxa transpiratória, para que assim evite a perda de água do tecido vegetal (PAIVA *et al.*, 2005).

### **Índice Térmico $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$**

A tabela 9 mostra que com relação aos locais em que as bandejas foram distribuídas, a variável índice térmico  $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$  no período da manhã não foi significativo, entretanto, no período da tarde a variável foi significativa ao nível de 5% de probabilidade. Com relação às doses de hidrogel, a variável nos dois períodos foi significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 9 - Resumo da ANOVA associado ao índice térmico  $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$  pelo período da

manhã, termômetro infravermelho e período da tarde em *Tagetes erecta* cultivados em diferentes locais e quantidades de hidrogel dentro de uma casa de vegetação de cobertura de sombrite.

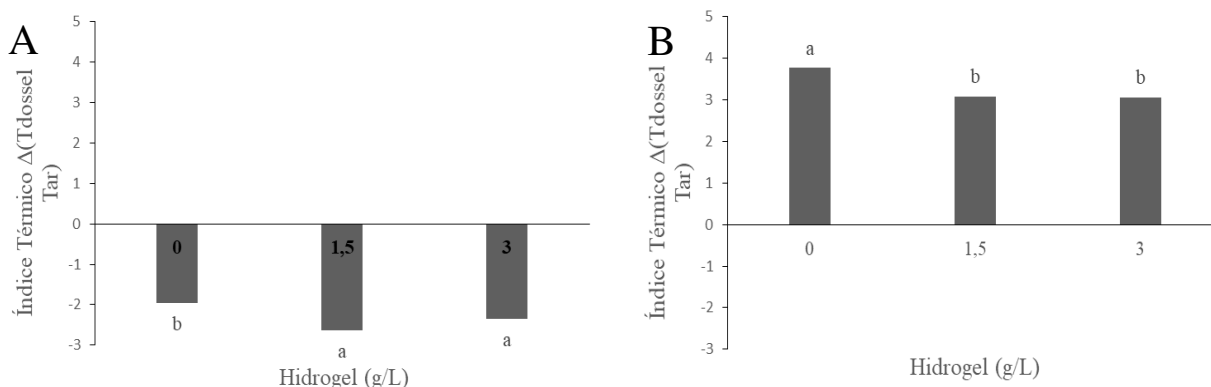
| FV                  | GL  | QM  |   |
|---------------------|-----|---|---|
|                     |     | $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$ manhã | $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$ tarde |
| <b>BLOCO</b>        | 3   | 77,572810NS                                       | 8,042438NS  |
| <b>LOCAL (L)</b>    | 1   | 19,437600NS                                       | 532,355602NS                                      |
| <b>RESÍDUO</b>      | 3   | 31,072706   | 21,304892   |
| <b>HIDROGEL (H)</b> | 2   | 8,137746*   | 11,613414*  |
| <b>L X H</b>        | 2   | 0,557965NS  | 2,387373NS  |
| <b>RESÍDUO</b>      | 204 | 0,758174  | 1,270627  |
| <b>CV1 (%)</b>      |     | 240,04  | 139,71  |
| <b>CV2 (%)</b>      |     | 37,5  | 34,12   |

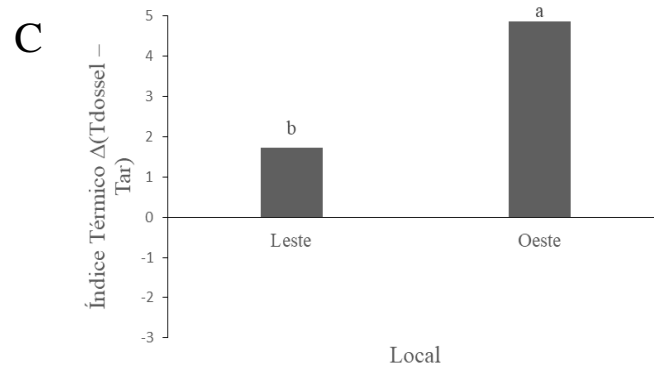
Fonte: Autor.

Na figura 27 podem ser observados os valores médios do índice térmico  $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$  nos dois locais (leste e oeste) e com três doses de hidrogel (H0 – 0; H1 – 1,5g; H2 – 3,0g) dentro do sombrite nos horários de 11h e 17h.

O índice térmico  $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$  na parte da manhã apresentam valores negativos. Isso mostra que a temperatura da planta é menor que a temperatura do ar, ou seja, a cultura não sente déficit hídrico (GRACÍA TEJERO *et al.*, 2011).

Figura 27 – Valores médios do índice térmico  $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$  com três doses de hidrogel (H0 = 0 g/L; H1 = 1,5g/L; H2 = 3,0g/L) dentro da casa de vegetação com cobertura de sombrite no período de 11h:00min (A); Valores médios do índice térmico  $\Delta(T_{\text{dossel}} - T_{\text{ar}})$  com três doses de hidrogel (H0 = 0 g/L; H1 = 1,5g/L; H2 = 3,0g/L) (B) e nos dois locais (leste e oeste) (C) dentro da casa de vegetação com cobertura de sombrite no período de 17h.





\* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do experimento.



## 5 CONCLUSÃO

Houve diferença de temperatura dentro dos ambientes avaliados e essa variação de temperatura influenciou na produção de massa vegetal.

Locais com menor temperatura favoreceu ao menor índice térmico que pode indicar se a planta está sob estresse térmico.

O Hidrogel favoreceu a menor temperatura e menor índice térmico no ambiente protegido de cobertura de sombrite, que apresentou menores variações de temperatura.

## REFERÊNCIAS

- AHMED, E. M. et al. **An innovative method for preparation of nanometal hydroxide superabsorbent hydrogel.** Carbohydrate Polymers, Reino Unido, v. 91, n. 2, p. 693–698, 2013.
- AHMED, E. M. **Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review.** Journal of Advanced Research, Cairo, v. 6, n. 2, p. 105–121, 2015.
- ACEVEDO-OPAZO, C.; TISSEYRE, B.; GUILLAUME, S.; OJEDA, H. **The potential of high spatial resolution information to define within vineyard zones related to vine water status.** Precision Agriculture Journal. Netherlands, Springer. v. 9, p. 285 -302, 2008
- AKKUZU, E.; KAYA, U.; CAMOGLU, G.; PAMUK MENGU, G.; ASIK, S. **Determination of crop water stress index and irrigation timing on olive trees using a handheld infrared thermometer.** ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Nebraska, USA. v.139, p. 728–737, 2013.
- ALMEIDA, J. de. **Dicionário de Botânica Brasileira: Compêndio dos vegetais do Brasil tanto indígenas como aclimatadas.** Rio de Janeiro, 1873, 433p.
- ANDRIOLO, J. L. **Olericultura geral: princípios e técnicas.** Santa Maria: UFSM, 158 p. 2002.
- AOUADA, F. A.; MUNIZ, E. C. VAZ, C. M. P.; MATTOSO, L. H. C. **Correlação entre parâmetros da cinética de intumescimento com características estruturais e hidrofílicas de hidrogéis de poliacrilamida e metilcelulose.** Química Nova, São Paulo, v. 32, n. 6, p. 1482-1490, 2009.
- ARAÚJO, S. A.C, MALDONADO VASQUEZ, H., CAMPOSTRINI, E., TORRES NETTO, A., BORGES DEMINICIS, B., & DA SILVA LIMA, E. **Características fotossintéticas de genótipos de capim-elefante anão (*Pennisetum purpureum* Schum.) em estresse hídrico.** Acta Scientiarum. Animal Sciences, Maringá, v.32, n.1, p.1-7, 2010
- ÁVILA, E.; SHIMADA, A.S, LLAMAS, G. Otros aditivos. In: **Anabólicos y aditivos en la producción pecuaria**, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México, p.239-250, 1990.
- AZEVEDO, T. L. DE F, BERTONHA, A., GONÇALVES, A. C. A., DE FREITAS, P. S. L., REZENDE, R., & FRIZZONE, J. A. (2002). **Níveis de polímero superabsorvente, frequências de irrigação e crescimento de mudas de café.** ActaScientiarum. Agronomy, 24, 1239-1243, 2002.
- AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; REZENDE, R.; DALLACORT, R.; BERTONHA, L. C. **Retenção de soluções de sulfatos por hidrogel de poliacrilamida.** Acta Scientiarum Agronomy, v. 28, n. 2, p. 287-290, 2006.
- BELTRÃO, N. E. de M.; FIDELES FILHO, J.; FIGUEIRÊDO, I. C. M. **Uso adequado de casa-de-vegetação e de telados na experimentação agrícola.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.3, p.547-552, 2002.

BERNI, J. A.; ZARCO-TEJADA, P.; SÚAREZ, L.; FERERES, E. **Thermal and narrowband multispectral remote sensing for vegetation monitoring from an unmanned aerial vehicle**. *IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing*, USA. v. 47, p. 722–738, 2009.

BEZERRA, F. C. Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido. Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical**, 2003 (Documentos 72).

BOGARIM, E. P. A. **Uso de hidrogel no desenvolvimento de espécies nativas, visando aplicação em áreas degradadas**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Universidade Federal da Grande Dourados, 2014.

BOUERI, M. A. **Caracterização do saldo de radiação em ambiente protegido e a campo e seus efeitos sobre as necessidades hídricas do cravo-de-defunto (*Tagetes* sp.)**. 2003. 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. Fortaleza, Ceará-Brazil, 3ª Edição, 520p, 1960.

BRITO, C. W. de Q.; RODRIGUES, F. H. A.; FERNANDES, M. V. da S.; SILVA, L. R. D.; RICARDO, N. M. P. S.; FEITOSA, J. P. A. **Síntese e Caracterização de hidrogéis compósitos a partir de copolímeros acrilamida-acrilato e caulim: efeito da constituição de diferentes caulins do nordeste brasileiro**. *Química Nova*, Vol. 36, nº 1, 40-45, 2013.

BUENO, V. H. P. Identificação e controle de pragas sob sistema protegido. **Revista Plásticultura**, v. 1, n.3, p. 34-35, 2008.

CAMOGLU, G.; GENÇ, A. **Determination of water stress using thermal and spectral indices from green bean canopy**. *Fresenius Environmental Bulletin*. Lituânia, Kaunas. v. 22, p. 2-13, 2013a.

CLARCK, D.E.; WILLIAMSON, J.F. **New western Garden book**. Menlo Park Lane Publishing Co., 1979. 480p.

COCKSHULL, K. E.; **Plant responses and adaptation to water issues in the greenhouse environment**. *Acta Horticulturae*. P. 187-192, 1998.

COHEN, Y.; ALCHANATIS, V.; PRIGOJIN, A.; LEVI, A.; COHEN, Y. **Use of aerial thermal imaging to estimate water status of palm trees**. *Precision Agriculture Journal*. Netherlands, Springer. v. 13, p. 123–140, 2012.

CORRÊA, M.P. **Dicionário das Plantas Úteis do Brasil e das Exóticas cultivadas**. Ministério da Agricultura. IBDF, Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, v.2, 1984, 707p.

COSTA, J. M.; GRANT, O. M.; CHAVES, M. M. **Thermal imaging to assess plant environment interactions**. Journal of Experimental Botany. England, SEB – Our Journals. v.64, p. 3937-3949, 2013a.

COSTA, J. M.; TEJERO, I. F. G.; CHAVES, M. **O uso da termografia na agricultura moderna**. Revista Associação Portuguesa de Horticultura. Lisboa, 2013b.

CRISÓSTOMO, J.; PEREIRA, C.; ROQUE, E.; JORGE, L.; PITARMA, R. **Análise de Salubridade de árvores através da termografia por infravermelhos**. Proceedings of the 1st Iberic Conference on Theoretical and Experimental Mechanics and Materials / 11th National Congress on Experimental Mechanics. Porto, 2018.

DUSI, D. M. **Efeito da adição do polímero hidrorretentor na eficiência da adubação nitrogenada no crescimento de Brachiaria decumbens cv. Basilisk, em dois diferentes substratos**, p. 93. Dissertação (Mestrado) –Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.  
EDWARDS, L.; VRAIN, T.; UTKHEDE, R.S. **Effect of antagonist plants on apple replant disease**. Acta Horticulturae, v. 71, p. 135-140, 1994.

FORSYTH, C.; VAN STADEN, J. **Germination of Tagetes minuta L. I. Temperature effects**. Annals of Botany, v. 52, p. 659-666, 1983.

FREITAS, T. L.; BERTONHA, A.; ANDRADE, A. C. **Uso de hidrogel na agricultura**. Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta, v. 1, n. 1, p. 23–31, 2002.

FUENTES, S.; de BEI, R.; PECH, J.; TYERMAN, S. **Computational water stress índices obtained from thermal image analysis of grapevine canopies**. Irrigation Science. Germany, Springer. v. 30, p. 523–536, 2012.

GARCÍA-TEJERO, I. F.; DURÁN-ZUAZO, V. H.; MURIEL-FERNÁNDEZ, J. L.; JIMÉNEZ-BOCANEGRA, J. A. **Linking canopy temperature and trunk diameter fluctuations with other physiological water status tools for water stress management in citrus orchards**. Funct. Journal of Plant Biology. Europe, Springer. v. 38, p.106–117, 2011.

GERHARDS, M.; ROCK, G.; SCHLERF, M.; UDELHOVEN, T. **Water stress detection in potato plants using leaf temperature, emissivity, and reflectance**. International Journal of Applied Earth Observation, Netherlands, Elsevier. v. 53, p. 27–39, 2016.

GILMAN, F.; HOWE, T. **Tagetes erecta**. Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences, p. 1-3, 1999.

GRANDE, L.; LUZ, J. M. Q.; MELO, B; LANA; R. M. Q.; CARVALHO, J. O. M. **O cultivo protegido de hortaliças em Uberlândia – MG**. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 21, . 2, p. 241-244, 2003.

HOEHNE, F.C. **Plantas e substâncias vegetais tóxicas e medicinais**. São Paulo: Graphicars, 1939, 335p.

HOLST, G. **Common Sense Approach to Thermal Imaging**. Spie Optical Engineering Press, 2000.

JONES, H.; G.; AIKMAN, D. A.; MCBURNEY, T. **Improvements to infrared thermometry for irrigation scheduling**. Acta Horticulturae. Belgium, International Society for Horticultural Science – ISHS. v. 449, p. 259–266, 1997.

JONES, H.G. **Use of infrared thermometry for estimation of stomatal conductance as a possible aid to irrigation scheduling**. Agricultural and Forest Meteorology, Netherlands, Elsevier. v. 95, p. 139–149, 1999.

JONES, H. G.; STOLL, M.; SANTOS, T.; SOUSA, C.; CHAVES, M. M.; GRANT, O.M. **Use of infrared thermography for monitoring stomatal closure in the field: application to grapevine**. Journal of Experimental Botany. England, SEB – Our Journals. v. 53, p. 2249–2260, 2002.

JONES, R.N. **The Benefits of Climate Change Policies: Analytical and Framework Issues**, OECD, German, p. 249–298, 2004.

LAWRENCE, B.M. **A review of the world production of essential oils**. Perfumer and Flavorist, v. 10, n. 5, p. 1-16, 1985.

LEUZINGER, S.; VOGT, R.; KORNER, C. **Tree surface temperature in an urban environment**. Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam, v. 150, p. 56-62, 2010.

LOPEZ, A.; MOLINA-AIZ, F. D.; VALERA, D. L.; PENA, A. **Determining the emissivity of the leaves of nine horticultural crops by means of infrared thermography**. Scientia Horticulturae. Netherlands, Elsevier. v. 137, p. 49–58, 2012.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M. **Plantas ornamentais no Brasil**. Arbustivas, herbáceas e trepadeiras. São Paulo: Editora Plantarum, 720 p, 1995.

LORENTZ, L. H.; LÚCIO, A. D. C.; BOLIGON, A. A.; LOPES, S. J.; STORCK, L. **Variabilidade da produção de frutos de pimentão em estufa plástica**. Ciência Rural, v35, n.2, p. 316-323, 2005.

MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. New York: The McMillan Company, 1989. 270p.

MEJÍA, E.G.; PINA, G.L.; GOMEZ, M.R. **Antimutagenicity of xanthophylls present in Aztec marigold (*Tagetes erecta*) against I-nitropyrene: Mutation, Research, Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 389, n. 2, p. 219-226, 1997.

MELLO, K. K. S.; LETÍCIA, S.; MARTORANO, L. G.; ROMANO, M. L P. **Termografia infravermelho na avaliação de estádios vegetativos do milho (*Zea mays*) crioulo em cultivo de base agroecológica**. In: Salão de Pesquisa e Iniciação Científica.V Salão de Extensão,Santarém, 2018. *Anais...*Santarém, 2018.v. 18, p. 126-128. Disponível em:[https://www.researchgate.net/profile/Lucieta\\_Martorano/publication/331877422](https://www.researchgate.net/profile/Lucieta_Martorano/publication/331877422). Acesso em: 22 jan. de 2021.

NAU, J. Ball RedBook: Crop Production. Ball Publishing. 2011. 800p.

NOVINSKI, C. O. **Composição de micotoxinas e bromatologia de silagens de milho em silos de grande porte utilizando imagens em infravermelho.** Curitiba, 2013.

OLIVEIRA, R. A. SILVA A. P. B. **William Herschel, os raios invisíveis e as primeiras ideias sobre radiação infravermelha.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 4, 4603. Paraíba, 2014.

OMIDIAN, H.; ROCCA, J. G.; PARK, K. **Advances in superporous hydrogels.** Journal of Controlled Release, Amsterdã, v. 102, n. 1, p. 3–12, 2005.

PADHI, J.; MISRA, R. K.; PAYERO, J. O. **Estimation Of Soil Water Deficit In Na Irrigated Cotton Field With Infrared Thermography.** Field Crops Research, n.126, p.45–55, 2012.

PADMA, V.; SUMAN, K.; SATYWATI, S.; VASUDEVAN, P.; KASHYAP, S.; SHARMA, S. **Tagetes: A multipurpose plant.** Biosource technology, v. 62, n. 1, p. 29-35, 1997.

PAIVA, A. S., FERNANDES, E. J., RODRIGUES, T. J., & TURCO, J. E. **Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação.** Engenharia Agrícola, p. 161-169, 2005.

PEREIRA, L.L.N.; SILVEIRA, E.T.; BERAQUET, N.; PETENATE, A.; ANDRADE, J.C.; BUZELLI, M.L. **Adição de complexo vitamínico na dieta de frangos e seus efeitos no stress pré-abate, qualidade da carcaça e carne.** Avicultura Industrial, n.1, p. 32-33, 2006.

PEREIRA, L. S.; ALLEN, R. G.; SMITH, M.; RAES, D. **Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future.** Agricultural Water Management, Netherlands, Elsevier. v. 147, p. 4–20, 2015

PERICH, M.J.; WELLS, W.B.; TREDWAY, K.E. **Toxicity of extracts from three *Tagetes* against adults and larvae of yellowfever mosquito and *Anopheles stephensi* (Diptera: *Culicidae*).** Journal of Medical Entomology, v. 31, n. 6, p. 833-837, 1994.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente.** Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

PRITTS, M.P. **Weed control in strawberries: some new approaches.** Pennsylvania Fruits News, v. 72, n. 4, p. 97-102, 1992.

PUQUERIO, L. F. V.; TIVELLI, S. W. **Manejo do ambiente protegido.** Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2006. Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/imagem\\_informacoestecnologicas/58.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/58.pdf)>. Acesso em: 17 jan. 2021.

PUTLEY, E.H. The development of thermal imaging systems. In.: RING, E.F.J.; PHILLIPS, B. **Recent advances in medical thermology.** New York, Plenum Press, 1982.

REBOUÇAS, P. M.; DIAS, I. F.; ALVES, M. A.; BARBOSA FILHO, J. A. D. **Radiação solar e temperatura do ar em ambiente protegido.** Revista Agrogeoambiental, Pouso Alegre, v. 7, n. 2, p. 115-125, 2015.

REIS, L. S. **Componentes da radiação solar em cultivo de tomate sob condições de ambiente protegido**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, n.7, p.739-744, 2012.

ROCHA, D. da. **Formulário Terapêutico de Plantas Medicinais Cearenses, naturais e cultivadas**. Ceará-Brazil, 1945, 250p.

RYAN, J. **Thermography**. Australas. Radiol., v.13, n.1, p.23-26, 1969.

RYBICKI, G.B.; LIGHTAMN, A.P.; **Fundamentals of Radioactive Transfer. Radiative Processes in Astrophysics**. Published Wiley-VCH. p.16-26, 1979.

SANEFUJI, E. A.; JIANZHUANG, W. **Monitor em tempo real da temperatura corporal de neonatais e de pacientes hospitalizados**. Curitiba, 2018.

SARAIVA, G. F. R.; ANDRADE, R. G.; SOUZA, G. M. **Termografia por infravermelho como ferramenta de diagnóstico precoce de estresse hídrico severo em soja**. Agrarian Academy. v. 1, n. 2, p. 158, 2014.

SERRATO-CRUZ, M. A.; HERNÁNDEZ-RODRIGUEZ, M.; SAVIDAN, Y.; BÁRCENAS-ORTEGA, N. M. **Contenido de ADN y nivel de ploidía em *Tagetes spp.* utilizando citómetro de flujo**. Agrociencia, v. 34, n. 6, 2000.

SILVA, J. R.; MORENO, P. G. **Cultivo em ambiente protegido como promotor de ganhos produtivos na cultura do pimentão**. Revista Perspectiva em Educação, Gestão & Tecnologia, Itapetininga, v.5 n.9, 2016

SILVA, V. D. da; QUEIROZ, S. O. P. **Manejo de água para produção da alface em ambiente protegido**. Revista Irriga, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 184-199, 2013

SWEET, R. **Tagetes florida**. Britanic Floral Garden, Serie I, t. 35, 1817.

TAGHVAEIAN, S.; CHÁVEZ, J. L.; HANSEN, N. C. **Infrared Thermometry to Estimate Crop Water Stress Index and Water Use of Irrigated Maize in Northeastern Colorado**. Remote Sensing. Central Japan. v. 4, p. 3619-3637, 2012.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. do. **Meteorologia Descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. 1.ed., 7.r. São Paulo: Nobel, 1992. 374p.

ULLAH, S.; SKIDMORE, A. K.; NAEEM, M.; SCHLERF, M. **An accurate retrieval of leaf water content from mid to thermal infrared spectra using continuous wavelet analysis**. Science of the Total Environment. USA – California, Elsevier. v. 437, p. 145–152, 2012.

VENTUROLI, F.; VENTUROLI, S. **Recuperação florestal em uma área degradada pela exploração de areia no Distrito Federal**. Ateliê Geográfico. v.5, p.183-195, 2011.

VERATTI, A. B. **ICON Tecnologia Termográfica**, 2015.

WANG, D.; GARTUNG, J. **Infrared canopy temperature of early-ripening peach trees**

**under postharvest deficit irrigation.** *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v. 97, p. 1787-1794, 2010.

WANG, Q.; ZHANG, E.; LI, F.; LI, F. **Runoff efficiency and the technique of microwater harvesting with ridges and furrows, for potato production in semi- arid areas.** *Water Resources Management*. Springer. v. 22, p. 1431–1443, 2008.

ZARCO-TEJADA, P. J.; GONZÁLEZ-DUGO, V.; BERNI, J. A. J. **FLUORESCENCE. Temperature And Narrow-Band Indices Acquired From A UAV Platform For Water Stress Detection Using A Micro-Hyperspectral Imager And A Thermal Camera.** *Remote Sensing Of Environment*, n.117, p.322–337, 2012.