



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
Campus DE VITÓRIA DA CONQUISTA
PROGRAMA MULTICÊNTRICO EM BIOQUÍMICA
E BIOLOGIA MOLECULAR

PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE ÓLEOS ESSENCIAIS
DE *Ocimum basilicum L.* EM FUNÇÃO DA SUSPENSÃO HÍDRICA.

ITAPETINGA-BA
JANEIRO/2021

BARBARA ALMEIDA DUTRA

PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE ÓLEOS ESSENCIAIS
DE *Ocimum basilicum* L. EM FUNÇÃO DA SUSPENSÃO HÍDRICA.

Dissertação apresentada ao Programa Multicêntrico em Bioquímica e Biologia Molecular, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como requisito para obtenção do grau de Mestre.

Orientadora: Professora Dr. Crislene Viana da Silva.

ITAPETINGA-BA

JANEIRO/2021

633.83 Dutra, Barbara Almeida
D974p Produção e composição química de óleos essenciais de *Ocimum basilicum* L. em função da suspensão hídrica. / Barbara Almeida Dutra. – Itapetinga, BA: UESB, 2021.

52fl.

Dissertação apresentada ao Programa Multicêntrico em Bioquímica e Biologia Molecular, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como requisito para obtenção do grau de Mestre. Sob a orientação da Prof^a. D. Sc. Crislene Viana da Silva.

1. Manjeriçãõ - Óleos essenciais. 2. Manjeriçãõ - Óleos essenciais - Estresse hídrico. 3. Óleos essenciais - Produção. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa Multicêntrico em Bioquímica e Biologia Molecular, *Campus* de Vitória da Conquista. II. Silva, Crislene Viana da. III. Título.

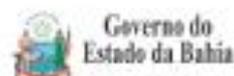
CDD(21): 633.83

Catálogo na Fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB 535-5^a Região
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. *Ocimum basilicum* L.
2. Plantas medicinais
3. Óleos essenciais - Composição química



Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB
Reconhecida pelo Decreto Estadual
Nº 16.825, de 04.07.2016

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: "PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Ocimum basilicum* L. em função da suspensão hídrica."

Autor (a): **Barbara Almeida Dutra**

Orientador (a): Professora Dra. Crislene Viana da Silva

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM BIOQUÍMICA E BIOLOGIA MOLECULAR, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: BIOQUÍMICA E BIOLOGIA MOLECULAR, pela Banca Examinadora:

Prof. Dra. Crislene Viana da Silva
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dra. Simone Andrade Gualberto
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dra. Messulan Rodrigues Meira
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Data de realização: 26 de janeiro de 2021.

DEDICATÓRIA

À Deus, sua destra me sustenta.

Ao meu esposo pela parceria e incentivo.

Ao meu filho por tornar tudo mais encantador.

Aos meus pais pela dedicação por todos esses anos de educação e de apoio à minha formação.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela proteção, desafios e conquistas.

À minha família meus pais, irmão, marido e filho me apoiam e contribuem nessa caminhada chamada vida.

À orientadora Crislene pela oportunidade, apoio, companheirismo e disponibilidade, da definição do projeto a execução em período recente de maternidade.

À professora Simone, pelos ensinamentos em química dos óleos essenciais e parcerias para realização das análises do trabalho.

À professora Messulan, pelos ensinamentos na disciplina de plantas medicinais.

Aos colegas de projeto, iniciação científica, Marcondes, Maria Caroline, Rute e Gilberto, pelo apoio, parceria, companheirismo e disponibilidade, sem os quais não seria possível desde o plantio até a extração de óleo essencial.

Ao pessoal do Lapron pelo apoio nas extrações de óleos essenciais, em especial ao Mateus, ao Marcel e à Cleia.

Ao pessoal do grupo do Lafiep e a professora Daniela, pelos esclarecimentos e disponibilidade na realização de testes e dosagens.

Ao professor José Wildes, pela parceria e disponibilidade na estatística, questionando para a aprendizagem e esclarecendo dúvidas.

À professora Maraiana, pela companhia, apoio, e por partilhar conhecimento e experiências de campo.

Ao professor Aureliano, pelo espaço na casa de vegetação para desenvolvimento do projeto.

Ao Dai, técnico responsável pela casa de vegetação pela ajuda fundamental na montagem do experimento.

À professora Rosilene da Universidade Estadual de Santa Cruz, BA, pelo apoio com as análises cromatográficas em momento de pandemia.

Aos professores do Programa PmBqBM pelos ensinamentos e orientações para minha formação, pela oportunidade de realização do mestrado e busca pelo fortalecimento do programa.

À agência de fomento à pesquisa, FAPESB, que forneceu recursos financeiros, como a bolsa de mestrado e insumos para realização da pesquisa.

RESUMO

Os óleos essenciais oriundo de plantas aromáticas são um produto do metabolismo secundário vegetal, são comercialmente importantes por apresentar propriedades medicinais, tem aplicação na indústria de perfumaria, cosméticos e obtenção de fitofármacos. Dentre as espécies da família *Lamiaceae*, a *Ocimum basilicum L.* é muito utilizada como condimento, pela ação medicinal, bem distribuída pelo mundo, e o óleo essencial dessa espécie tem sido objeto de estudo. Dentre os principais constituintes dos óleos essenciais de *Ocimum basilicum L.* estão linalol, geraniol, chavicol, estragol e eugenol. A produção desses compostos voláteis pode ser estimulada por estresse abiótico, como o estresse hídrico, que em resposta adaptativa, pode alterar a produção e proporção desses compostos. Este trabalho tem como objetivo estudar o desenvolvimento de *Ocimum basilicum L.* no semiárido baiano, e estudar a produção e composição química dos óleos essenciais durante o estresse hídrico, para tanto as plantas foram submetidas aos tratamentos de suspensão de irrigação em casa de vegetação, em 24, 72, 96, 120 e 144 horas, correspondendo ao 1º, 2º, 3º 4º e 5º dias sem irrigação. A extração de óleos essenciais foi realizada por hidrodestilação com o *aparatus* de Clevenger. A identificação e quantificação dos compostos voláteis foi por cromatografia gasosa acoplada ao detector de ionização de chama (CG-FID). Dados de crescimento da espécie foram coletados. Os dados foram submetidos à análise de variância ANOVA com teste de Duncan com o SPSS. Concluiu-se que o melhor teor de óleo essencial do manjericão, é obtido ao terceiro dia de suspensão hídrica em cultivo de casa de vegetação nas condições climáticas de Itapetinga, BA. Os compostos majoritários foram linalol e eugenol. Entretanto mais estudos são necessários para avaliar o consumo hídrico da espécie e avaliar as condições climáticas no local do experimento.

Palavras chaves: óleos essenciais, plantas medicinais, estresse hídrico, fitotecnia.

ABSTRACT

Essential oils from aromatic plants are a product of secondary plant metabolism, which are commercially important because they have medicinal properties and are used in the perfumery, cosmetics and phytopharmaceutical industries. Among the species of the *Lamiaceae* family, *Ocimum basilicum L.* is widely used as a condiment, for its medicinal action, well distributed throughout the world, and the essential oil of this species has been the object of study. Among the main constituents of the essential oils of *Ocimum basilicum L.* are linalool, geraniol, chavicol, estragol and eugenol. The production of these volatile compounds can be stimulated by abiotic stress, such as water stress, which in an adaptive response can alter the production and proportion of these compounds. This work aims to study the development of *Ocimum basilicum L.* in the semiarid region of Bahia, and to study the production and chemical composition of essential oils during water stress, for which the plants were subjected to the irrigation suspension treatments in a greenhouse, in 24, 72, 96, 120 and 144 hours, corresponding to the 1st, 2nd, 3rd, 4th and 5th days without irrigation. The extraction of essential oils was carried out by hydrodistillation with Clevenger apparatus. The identification and quantification of volatile compounds was by gas chromatography coupled to the flame ionization detector (CG-FID). Growth data for the species were collected. The data were submitted to ANOVA analysis of variance with Duncan's test with SPSS. It is concluded that the best essential oil content of basil, is obtained on the third day of water suspension in greenhouse cultivation in the climatic conditions of Itapetinga, BA. The major compounds were linalool and eugenol. However, further studies are needed to assess the species' water consumption and to assess the climatic conditions at the site of the experiment.

Key words: essential oils, medicinal plants, water stress, phytotechnics.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 OBJETIVO..... | 13 |
| 2.1 Objetivos geral | 13 |
| 2.2 Objetivos Específicos..... | 13 |
| 3 DESENVOLVIMENTO..... | 13 |
| CAPÍTULO I | 13 |
| REVISÃO DE LITERATURA | 13 |
| 3.1 Família <i>Lamiaceae</i> | 13 |
| 3.2 <i>Ocimum basilicum L.</i> | 14 |
| 3.3 Metabolismo Primário e Secundário | 15 |
| 3.4 Óleos Essenciais | 16 |
| 3.5 Estresse Hídrico..... | 19 |
| CAPÍTULO II | 21 |
| 1 INTRODUÇÃO | 23 |
| 2 MATERIAIS E MÉTODOS | 24 |
| 2.1 Solo | 24 |
| 2.2 Experimento | 24 |
| 2.3 Tratamentos..... | 25 |
| 2.4 Teor de Clorofila..... | 25 |
| 2.5 Prolina | 25 |
| 2.6 Óleo Essencial, matéria fresca e seca, e teor de óleo essencial | 26 |
| 2.7 Cromatografia gasosa acoplada ao detector de ionização de chama (GC-FID) | 26 |
| 2.8 Análise Estatística..... | 27 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 28 |
| 3.1 Variáveis Climáticas..... | 28 |
| 3.2 Solo | 30 |
| 3.3 Altura e número de folhas..... | 32 |
| 3.4 Teor de clorofila, prolina, matéria fresca e seca, e teor de óleo essencial. | 35 |
| 3.5 Caracterização Química | 40 |
| 4 CONCLUSÃO | 42 |
| REFERÊNCIAS..... | 43 |

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Capítulo I

Figura 1. Fotografia da espécie *Ocimum basilicum L.*

Capítulo II

Figura 1. Condições climáticas no interior da casa de vegetação.

Figura 2. Altura e número de folhas de *Ocimum basilicum L.*

Figura 3. Altura *Ocimum basilicum L.* e temperatura.

Figura 4. Produção de prolina e peso do óleo essencial *Ocimum basilicum L.* em função da supressão hídrica, cultivada em casa de vegetação.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise física do solo do estudo e classe textural.

Tabela 2. Análise química de macronutrientes do solo.

Tabela 3. Estresse hídrico e produção de óleo essencial em *Ocimum basilicum L.*

Tabela 4. Constituintes químicos do óleo essencial de *Ocimum basilicum L.* cultivado em casa de vegetação, em diferentes tratamentos de suspensão hídrica em casa de vegetação. Itapetinga-BA. UESB, 2020.

APÊNDICE

001 - Cromatogramas da composição química do óleo essencial de *Ocimum basilicum L.*

002 - Exsicata de *Ocimum basilicum L.*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABA - Ácido Abscísico

ANOVA – Análise de variância

DAT - Dias Após Transplântio

DIC - Delineamento Inteiramente Casualizado

DMAP - Pirofosfato de Dimetilalila

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

GC-FID – Cromatografia Gasosa acoplada ao Detector de Ionização por Chama

IPP - Pirofosfato de Isopentenila

MVA - Ácido Mevalônico

MEP - Metileritritol Fosfato

MEV - Microscopia Eletrônica de Varredura

NADH - Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo

Ph – Potencial Hidrogeniônico

SPAD-502 - Soil Plant Analysis Development

1 INTRODUÇÃO

A utilização de plantas medicinais é uma prática antiga da humanidade para melhoria da qualidade de vida, cura de doenças, alívio de sintomas, melhora do bem estar. Dentre os atributos estão aumento da imunidade, a utilização em banhos e soluções de higiene, também presente em rituais religiosos. Considerando todas as formas direta e indireta de uso, de acordo com a Organização Mundial de Saúde, cerca de 80% da população mundial utiliza ou já utilizou medicamentos à base de produtos vegetais (BAHMANI, 2014).

O *Ocimum basilicum L.*, conhecido popularmente como manjericão, é uma espécie aromática produtora de óleo essencial, de fácil cultivo e muito consumida como especiaria em diversos países. Além da apreciação culinária, os óleos essenciais dessa espécie apresentam propriedades medicinais com ação antibacteriana, antioxidante e analgésica (KHAIR-UL-BARIYAH et al., 2012).

Os óleos essenciais são oriundos do metabolismo secundário de plantas aromáticas, tem aplicação na indústria de perfumaria, cosméticos, aromaterapia, e tem sido estudado também para conservação de alimentos. Os métodos mais utilizados para obtê-los são destilação a vapor, hidrodestilação, enfleuragem, prensagem e dióxido de carbono supercrítico (ASBAHANI et al., 2015). No laboratório a hidrodestilação em Clevenger é muito utilizada pelo baixo custo, apresenta qualidade suficiente e livre de resíduos químicos. E as indústrias projetam equipamentos para grandes volumes de material vegetal com os princípios da hidrodestilação, destilação a vapor e dióxido de carbono supercrítico.

A produção dos óleos essenciais pode ter influência de vários fatores ambientais como solo, água, luminosidade e temperatura, dentre esses a água influencia a produção e o metabolismo vegetal, e com a falta dela há prejuízo no crescimento, síntese de proteínas, carboidratos e lipídeos, e acúmulo de solutos e substâncias antioxidantes (MORAIS, 2009).

Devido à escassez de recursos hídricos, tem-se intensificado a busca por alternativas para melhor utilização desses recursos. Em se tratando de plantas aromáticas, aumentar a composição química e teor de óleo essencial em função da irrigação adequada e sem desperdício tem sido objeto de estudos para agregar valor ao produto tecnicamente elaborado, a exemplo dos fitoterápicos. E o cultivo e a extração do óleo essencial pode ser uma fonte de renda para pequenos produtores a fim de aumentar a produtividade de biomassa comercializada em feiras livres para o mercado de chás e condimentos bem como agregar valor ao produto a partir do aumento no teor de óleos essenciais.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivos geral

Estudar a produção e composição química dos óleos essenciais de *Ocimum basilicum L.* em função da suspensão hídrica, em plantas cultivadas em casa de vegetação.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o teor de óleo essencial em função de cada período de suspensão hídrica.
- Caracterizar a composição química dos óleos essenciais de cada período de suspensão hídrica.

3 DESENVOLVIMENTO

CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Família *Lamiaceae*

A *Lamiaceae* também denominada de *Labiatae*, é uma grande família de angiosperma monofilética, com mais de 20.000 espécies (SOLTIS et al., 2011). Ocorre em países de alta latitude e altitude, originárias de países como Afeganistão, Ubequistão, Índia, e Paquistão (HARLEY et al., 2004; SCHEEN et al., 2010). Estudos relatam que no Brasil ocorrem 28 gêneros nativos e cerca de 475 espécies (HARLEY et al., 2015; ZAPPI, 2015). Tem ocorrência no Brasil nas regiões, norte, nordeste, centro-oeste, sudeste e sul, nos domínios fitogeográficos da caatinga, floresta amazônica e atlântica, pampa e pantanal (HARLEY et al., 2015; ZAPPI, 2015).

As espécies da família *Lamiaceae* são do tipo herbáceas e arbustivas, o *indumentum* se apresenta com tricomas glandulares e não glandulares, o caule apresenta uma seção quadrangular devido à presença dos feixes de colênquima e não há espinhos, as folhas são opostas e decussadas, a margem da folha pode ser inteira ou dentada, as flores são hermafroditas, zigomórficas ou actinomórficas, localizadas circularmente em duas brácteas alternadas (HARLEY et al., 2004).

A família *Lamiaceae* agrupam plantas com característica de aroma e sabor marcante, devido à produção de óleos essenciais, são utilizadas para saúde humana, como condimento em pratos culinários, na medicina alternativa por apresentar propriedades medicinais, e pela beleza de suas inflorescências e aroma agradável e até como ornamentais (LIMA & CARDOSO, 2007). Possui grande variedade de plantas e as espécies mais conhecidas são *Thymus vulgaris*, *Mentha spicata*, *Origanum vulgare*, *Ocimum basilicum*, *Salvia officinalis*, *Salvia rosmarinus*, *Hyssopus officinalis* e *Melissa officinalis* (BEKUT, 2017).

3.2 *Ocimum basilicum* L.

Ocimum basilicum L. conhecido popularmente como manjericão, alfavaca, alfavaca-cheirosa, basílico ou basilicão, espécie de planta aromática da família *Lamiaceae*, tem origem na Ásia (Oriente Médio), Egito e Índia, difundiu-se em países como França, Hungria, Grécia, Egito, Marrocos, Indonésia, a implantação e cultivo no Brasil intensificou-se com os imigrantes da Itália, onde tem forte tradição culinária (VIEIRA & SIMON, 2000; PEREIRA & MOREIRA, 2011). As regiões de ocorrências confirmadas no Brasil são norte (Acre, Amazonas, Pará, Roraima, Tocantins), nordeste (Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Sergipe), centro-Oeste, sudeste e sul, nos domínios fitogeográficos da amazônia, caatinga, cerrado e mata atlântica (HARLEY, 2015).

A descrição anatômica de acordo com Matos (2002) e Prakash (1990), a descreve como subarbusto, ereto, ramificado, trinta a sessenta centímetros de altura, finamente estriado, ramoso, verde claro a avermelhado na base, folhas simples, membranáceas, com margens onduladas e nervuras salientes, ovaladas, verdes claras, com cheiro forte e ardente, mas fresco, as flores se reúnem num fascículo circular em número de seis e são pequenas, aromáticas e esbranquiçadas, reunidas em racemos terminais curtos (figura 1).



Figura 1. Fotografia da espécie *Ocimum basilicum* L. (Fonte própria).

Ocimum basilicum L. é uma espécie produtora de óleo essencial, cujo potencial é aproveitado pelas indústrias de perfumaria e aromatização de alimentos e bebidas (LAWRENCE et al., 1984). As folhas são utilizadas nas preparações medicinais na forma de chás e outras formulações farmacêuticas, as quais tem propriedades antioxidante, analgésica, estimulante, antibacteriana, fungicida e inseticida (KHAIR-UL-BARIYAH et al., 2012; LI; CHANG, 2016; SESTILI et al., 2018).

3.3 Metabolismo Primário e Secundário

Os metabólitos primários incluem proteínas, carboidratos e lipídeos, os quais estão relacionados com o crescimento e desenvolvimento vegetal. Esses são elementos constituintes de todos os vegetais e estão relacionados com a fotossíntese (MAZID et al., 2011). Os metabólitos secundários incluem terpenos, fenólicos, nitrogênio e enxofre, são sintetizados em pequenas quantidades, estão relacionados com a sobrevivência vegetal e são característicos de uma espécie ou família (BUCKLE, 2015). Essas moléculas de defesa tem diversas ações tais como repelente, antimicrobiana e antioxidante (MAHAJAN et al., 2020).

A produção desses compostos, tem influência com os diversos estímulos presentes no ambiente, com os fatores bióticos como os insetos, as aves e outros tipos de seres vivos, e com os fatores abióticos como o estresse salino, o hídrico, o alagamento ou a luminosidade, os quais estão envolvidos com mecanismos de defesa para sua proteção, adaptação e sobrevivência (DUDAREVA et al., 2006).

Os estudos inferem a relação entre metabólitos primários e secundários, como a síntese dos metabólitos secundários acontece a partir do metabolismo da glicose, com a via dos intermediários principais, ácido chiquímico e acetato, sendo a via do ácido chiquímico responsável pela produção dos metabólitos secundários aromáticos, como os óleos essenciais, e incluem compostos fenólicos, glicosinolatos, alcalóides, cianeto, furanocumarinas, compostos orgânicos voláteis e proteínas de defesa (REHMAN et al., 2016).

3.4 Óleos Essenciais

A escolha do método para extração do óleo essencial está relacionada com o tipo de matéria-prima vegetal, presença de resíduos decorrente do processo de extração e aplicação do produto. Dentre os métodos mais utilizados são destilação a vapor e hidrodestilação para folhas, a enfleuragem para pétalas de flores, a prensagem para frutos cítricos e o dióxido de carbono supercrítico (ASBAHANI et al., 2015).

Os óleos essenciais são obtidos majoritariamente por destilação a vapor ou destilação com água de diferentes partes da planta, na sua forma fresca ou seca, incluindo toda a planta ou apenas a parte em que ocorre a produção do óleo essencial, casca, raízes, folhas, flores, frutos ou sementes (HYLDGAARD et al., 2012; REHMAN et al., 2016). É uma técnica de baixo custo, e tem facilidade na implementação do método com utilização da água e material vegetal.

No processo de hidrodestilação o material vegetal fica submerso em água é aquecido à temperatura de ebulição da água, e os compostos voláteis são arrastados para um tudo graduado onde são coletados, como produto final tem-se o óleo essencial e o hidrolato¹ (ASBAHANI et al., 2015). A água é resíduo presente no óleo essencial decorrente desse método, pode ser retirada com sulfato de sódio anidro ou solvente apolar. Técnica utilizada principalmente a nível laboratorial, com pouco material vegetal, com *aparatus* de Clevenger, e também a nível industrial com equipamentos projetados com o princípio desse método.

A destilação por arraste a vapor o material vegetal é baseada na diferença de volatilidade de compostos, na qual somente o fluxo de vapor da água entra em contato com a matéria-prima libera o óleo essencial contido nas estruturas armazenadoras no vegetal, o qual é volatilizado pelo aquecimento e coletado (MASANGO, 2005).

Na extração de óleo essencial por dióxido de carbono supercrítico são empregadas pressões 9 a 12 Mpa e temperatura entre 30 a 50°C para o processo de extração, condições que

¹ Substância líquida obtida com a hidrodestilação das plantas aromáticas.

preservam os compostos, nesse método é necessário o conhecimento da solubilidade dos compostos do óleo essencial para estabelecer as condições de extração dos compostos, o produto o final tem alta qualidade e livre de resíduos sendo muito utilizado pelas indústrias (FORNARI et al., 2012).

A prensagem a frio é um método utilizado para extração de óleo essencial de frutas cítricas, o óleo é removido pela prensagem dos pericarpos, produz uma emulsão aquosa que é centrifugado para remoção do produto final (FERHAT et al., 2007). É um subproduto das indústrias de sucos, principalmente da laranja, óleo essencial mais produzido no Brasil, e utilizado como ingrediente e aditivo pela indústria alimentícia e farmacêutica (SANTOS et al., 2003).

A enfleurage é utilizada para extração de óleo essencial das pétalas de flores, o material vegetal fica disposto em placas com superfície vidro e madeira na lateral. As placas ficam empilhadas formando um compartimento hermético, as flores são colocadas em caixas fechadas tampadas com uma placa coberta de gordura, todos os dias é acrescentado material vegetal, a última camada em contato com a gordura atua como solvente e a outra camada absorve o odor volátil das pétalas (HANDA et al., 2008). Esse processo dura vários dias a depender da espécie, até a saturação e formação da pomada, a gordura é lavada com álcool para remoção do óleo para atender ao mercado de perfumes.

Os óleos essenciais, oriundos do metabolismo secundário de plantas, conferem aroma característico às plantas, são incolores ou amarelados, voláteis, sensíveis à luz, calor, umidade e presença de metais, solúveis em solventes orgânicos e são hidrofóbicos (HYLDGAARD et al., 2012). Constituídos por moléculas saturadas ou parcialmente insaturadas cíclicas e lineares de reduzida massa molecular, com hidrocarbonetos e compostos oxigenados, compostos por misturas de monoterpenos, sesquiterpenos e fenilpropanóides (REHMAN et al., 2016).

A síntese dos terpenos acontece pela reação de três moléculas de acetil coenzima A que forma o ácido mevalônico (MVA), e também são provenientes do metileritritol fosfato (MEP) oriundos de unidades de piruvato e gliceraldeído-3-fosfato, ambos vão originar duas unidades de cinco carbonos, o pirofosfato de isopentenila (IPP) e seu isômero o pirofosfato de dimetilalila (DMAP), sendo assim a união dessas moléculas no modelo cabeça-cauda formam arranjos acíclico, monocíclicos, bicíclicos, tetracíclicos, pentacíclicos e aromáticos (SAAD et al., 2016; MAHAJAN et al., 2020). Os compostos podem ter variados grupamentos funcionais como

hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, fenóis, óxidos, éteres e ésteres, cada componente contribui para o seu efeito biológico (BUCKLE, 2015; SAAD et al., 2016).

A biossíntese dos óleos essenciais acontece em células especializadas, tais como os osmóforos, tricomas glandulares, ductos e cavidades, presentes em diferentes partes da planta, e cada espécie de planta possui uma forma predominante ou um tipo. A estrutura onde ficam armazenados os óleos essenciais são os tricomas glandulares, encontrados distribuídos pela lâmina foliar em três espécies de manjeriço, *Ocimum basilicum*, *Ocimum gratissimum* e *Ocimum campechianum*, e no pecíolo em corte transversal se encontram inúmeros tricomas tectores pluricelulares e tricomas glandulares peltados, sendo estes mais evidentes na face adaxial (ROCHA et al., 2020).

A composição química do óleo essencial difere entre as espécies de manjeriço, os componentes que conferem o perfil químico do óleo essencial de *O. basilicum* L. são linalol, estragol e eugenol (BUFALO et al., 2015), e são comumente encontrados compostos como cravacol, metilcinamato e geraniol (LI; CHANG, 2016). E acordo com a região geográfica apresenta alteração na proporção dos constituintes químicos do óleo essencial, os quais são oriundos da França, Itália, Bulgária, Hungria e África do Sul tem proporções semelhantes de linalol e metil cravacol, originários das Ilhas Comoro, Madagascar, Tailândia e Vietnã predomina metil cravacol, advindos da Índia, Paquistão, Haiti e Guatemala os majoritários são cinamato de metila, e extraídos na URSS e Egito, Marrocos tem maior proporção de eugenol (LAWRENCE et al., 1984; VERNIN, G., METZGER, 1984; VARGA et al., 2017).

Algumas propriedades farmacológicas dos óleos essenciais estão bem estabelecidas com estudos etnofarmacológicos, com usos pela população e clínica, tais como antiespasmódica, carminativa, estimula a digestão, ação cardiovascular, ação irritante tópica ou repulsiva, expectorante, atua no sistema nervoso central, anestésico local, antiinflamatório e anti-séptico (TOBY et al., 2011; HYLDGAARD et al., 2012; SESTILI et al., 2018; NADEEM et al., 2020).

Estudo *in vitro* realizado com o óleo essencial de *O. basilicum* L. extraído por hidrodestilação de folhas secas, adquiridas em Xangai, na China, cujos compostos majoritários foram linalol, estragol, (Z)-metil-cinamato e (E)-metil cinamato, apresentou atividade fungistática em *Candida albicans*, (MIAO et al., 2020).

Outro estudo com óleo essencial de *O. basilicum* obtido por hidrodestilação de plantas frescas do jardim de plantas medicinais no Ceará, no Brasil, cujo principal composto encontrado foi o estragol, no qual foi avaliada a resposta antiinflamatória do óleo essencial administrado via intraperitoneal em ratos, e observaram redução da resposta inflamatória

sistêmica aguda e crônica de animais, ao comparar ratos tratados com dexametasona e solução salina (RODRIGUES et al., 2016).

E estudo para avaliar a ação dos óleos essenciais de *O. basilicum l.* no alívio da dor, realizado na Korea com ratos, cujos componentes majoritários foram o β -pineno, linalol, eugenol, 1,8-cineol, γ -cadieno, os autores sugeriram potencial de desenvolvimento como agente analgésico para o alívio de dor inflamatória (BAE et al., 2020).

3.5 Estresse Hídrico

Os metabólitos secundários tem a produção influenciada por fatores ambientais como temperatura, umidade, estágio de desenvolvimento da planta, suprimento de água, presença de patógenos, sazonalidade e nutrientes do solo (MORAIS, 2009).

O estresse hídrico acontece quando a disponibilidade de água no solo reduz para planta, apresenta aumento na transpiração e na evaporação por condições atmosféricas. É um estresse abiótico, observado em áreas áridas e semiáridas, leva à perdas econômicas na agricultura, pela considerável influência na fisiologia vegetal, uma vez que interfere na relação da água à nível celular e metabolismo vegetal, afeta a produtividade e influencia a produção de metabólitos secundários (CHARLES et al., 1990; KULAK et al., 2019).

O suprimento limitado de água ativa fatores fisiológicos e metabólicos como o fechamento de estômato, redução da fotossíntese, redução do crescimento, abscisão de folhas, crescimento de raiz, acumulação de solutos e substâncias antioxidantes, e ativa a expressão gênica de genes relacionados com o estresse hídrico (CHAVES et al., 2003).

A resposta ao estímulo do estresse pode variar com a espécie escolhida, o genótipo, o estágio fenológico e quão rigoroso é o estresse hídrico, por isso o interesse em estudar a fisiologia vegetal de uma planta medicinal na tentativa de melhor compreender o metabolismo com ênfase na investigação da produção das suas biomoléculas (KULAKA et al., 2019; ELANSARY, 2015).

O estresse hídrico influencia no rendimento de óleo essencial em algumas espécies, nesse sentido os estudos investigam o teor e a composição química visando os compostos de interesse, e se a magnitude do estresse influencia o teor do óleo essencial produzido em condições déficit hídrico (ALVARENGA et al., 2011; EKREN et al., 2012).

Em uma resposta adaptativa e na tentativa de manutenção da homeostase, a redução da disponibilidade de água proporciona um aumento na concentração de osmólitos para manutenção da pressão de turgor, esses incluem, prolina, glicose, carboidratos, alguns íons

como potássio, bem como estabilização de enzimas e redução do estresse oxidativo (KHALID, 2006; BLUM, 2016).

Essas alterações associadas com a produção de ABA pela coifa da raiz, em resposta ao solo seco, irão proporcionar o fechamento mecânico dos estômatos para reduzir a transpiração pelas folhas. Entretanto, o fechamento estomático provoca uma redução da captação de dióxido de carbono do ambiente, e tem impacto negativo na fotossíntese, com redução do consumo de NADH e redutores do ciclo de Calvin (ZHOU et al., 2013; GHATAK et al., 2018).

O estudo experimental realizado nesse trabalho com intuito de beneficiar o desenvolvimento da planta para extração de óleo essencial, buscou-se suspender a irrigação na fase final do desenvolvimento vegetal, devido à natureza exótica da planta originária de clima frio em que períodos longos sem irrigação afeta consideravelmente a sobrevivência da planta. Por isso, no presente estudo suspendeu-se a irrigação nos períodos que antecede à senescência e no início da floração. Dentro dessa proposta, investigou-se o teor e composição química do óleo essencial, bem como a produção de biomassa em função da suspensão hídrica.

CAPÍTULO II

PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Ocimum basilicum* L. EM FUNÇÃO DA SUPRESSÃO HÍDRICA CULTIVADOS NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE ITAPETINGA, SUDOESTE DA BAHIA.

RESUMO

Os óleos essenciais são produto do metabolismo secundário vegetal, cuja produção é influenciada por fatores abióticos, como o estresse hídrico. *Ocimum basilicum* L. produz óleos essenciais de grande interesse econômico, os quais apresentam propriedades medicinais. O Brasil tem características edafoclimáticas específicas que variam com a região, antes de implantar um cultivo para fins comerciais, é necessário estudar o comportamento da cultura na região. Objetivou-se estudar o rendimento e a composição química dos óleos essenciais de *Ocimum basilicum* L. em território baiano, submetidos à 24, 72, 96, 120 e 144 horas sem irrigação, correspondendo ao 1º, 2º, 3º, 4º e 5º dias, para investigar a quantidade e teor de princípios ativos. Dados de altura e número de folhas da espécie e condições climáticas da região foram coletados. Os óleos essenciais foram obtidos por hidrodestilação, a identificação e quantificação dos compostos químicos por cromatografia gasosa acoplada ao detector de ionização de chama (GC-FID). Com esse estudo observou-se que o melhor teor de óleo essencial do manjericão é obtido ao terceiro dia de suspensão hídrica, com cultivo em casa de vegetação dada às condições climáticas do estudo, a composição química alterou de forma sutil e em todos os tratamentos os compostos majoritários foram linalol e eugenol.

Palavras-chaves: caracterização química, compostos voláteis, prolina livre, manjericão, estresse hídrico.

PRODUCTION AND CHEMICAL COMPOSITION OF ESSENTIAL OILS OF *Ocimum basilicum L.* IN FUNCTION OF WATER SUPPRESSION CULTIVATED IN THE CLIMATE CONDITIONS OF ITAPETINGA, SOUTHEAST OF BAHIA.

ABSTRACT

Essential oils are the product of secondary plant metabolism, whose production is influenced by abiotic factors, such as water stress. *Ocimum basilicum L.* produces essentials of great economic interest, which have medicinal properties. Brazil has specific edaphoclimatic characteristics that vary with the region, before implementing a cultivation for commercial purposes, it is necessary to study the behavior of the culture in the region. The objective was to study the yield and chemical composition of the essential essentials of *Ocimum basilicum L.* in Bahian territory, classified at 24, 72, 96, 120 and 144 hours without irrigation, corresponding to the 1st, 2nd, 3rd and 4th hours and 5th days, to investigate the quantity and content of active ingredients. Data on height and number of leaves of the species and climatic conditions of the region were collected. Essential oils were collected by hydrodistillation, an identification and quantification of chemical compounds by gas chromatography coupled to the flame ionization detector (GC-FID). With this study it was observed that the best content of essential oil of basil is to find on the third day of water suspension, with cultivation in a greenhouse given the climatic conditions of the study, and the chemical composition changed subtly, in all treatments the major compounds were linalool and eugenol.

Keywords: chemical characterization, volatile compounds, free proline, basil, water stress.

1 INTRODUÇÃO

Ocimum basilicum L. conhecido popularmente como manjeriço e alfavaca, é uma planta medicinal aromática e produtora de óleo essencial, herbácea, de origem asiática, pertence à família *Lamiaceae* (JOY et al., 1998; SIRVASTAVA, 1982). É amplamente utilizada na medicina popular para melhoria da qualidade de vida e na culinária. Seus óleos essenciais ricos em linalol são utilizados na aromaterapia e como agente aromatizador nas indústrias farmacêutica, cosmética e alimentícia (SESTILI et al., 2018). Nos últimos anos, estudos tem investigado seu potencial medicinal antimicrobiano e antioxidante (RADAELLI et al., 2016; STANOJEVIC et al., 2017).

Em condições de estresse abiótico o vegetal apresenta respostas fisiológicas como resposta adaptativa, com alteração na produtividade e influencia o metabolismo secundário com a formação de substâncias voláteis (NAIKOO et al., 2019). Sendo assim, pesquisas de produção e cultivo de plantas medicinais sugerem que sob estresse abiótico tais como falta de água, ciclo circadiano, adubação e textura do solo, o vegetal apresenta distintas respostas fisiológicas, as quais respondem diretamente na produtividade e teor de óleo essencial, que são importantes para os produtores de plantas medicinais para obtenção de maior quantidade e composto desejado (JORDÁN et al., 2017; COSTA et al., 2020; GUERRAb et al., 2020).

Existem meios de avaliar a resposta fisiológica das plantas sobre estresse como acúmulo de carboidratos e redução da clorofila, dentre os parâmetros a prolina pode ser utilizada como indicativo. A prolina é um aminoácido que em déficit hídrico tem a função de ajustamento osmótico para manter o potencial hídrico e turgor celular próximos ao nível adequado em estresse hídrico, e outros tipos de estresse abiótico, além disso desempenha função importante na neutralização de espécies reativas de oxigênio (DAMALAS, 2019).

O cultivo de plantas aromáticas como o *Ocimum basilicum L.* na região sudoeste da Bahia é um desafio devido à mesorregião ser área de ecótono com variação climática como interferente para a adaptação e cultivo da espécie, e antes de cultivar a espécie em para fins comerciais é necessário conhecer o comportamento na região. Dessa forma objetivou-se estudar a produção e composição química dos compostos voláteis, teor de clorofila e prolina, fitomassa fresca e seca de plantas submetidas à diferentes períodos de suspensão hídrica, bem como avaliar o crescimento da espécie cultivada em Itapetinga microrregião do sudoeste da Bahia.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As plantas foram cultivadas na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), em casa de vegetação, *campus* de Itapetinga-BA, sob coordenadas latitude 15°15'12.81" S e longitude 40°16'25.17" O. O município de Itapetinga está localizado na área de predominância climática do tipo tropical úmido com estação seca, segundo a classificação Koppen, e as regiões com essa característica climática apresentam temperatura média entre 20 e 29°C e faixas de precipitação entre 750 a 1800 mm.ano⁻¹ (ALVARES et al., 2013).

O experimento teve início na primavera em setembro de 2019 estendendo-se até o início do verão em janeiro de 2020. Os dados climáticos como temperatura, umidade e precipitação, a partir de coleta diária com termo-higrômetro, e também dados climáticos da cidade foram coletados com a estação meteorológica de observação de superfície automática (INMET, 2020). A espécie foi catalogada em Herbário da UESB *campus* de Jequié-BA, com número de identificação 14342.

2.1 Solo

Para o presente trabalho utilizou-se solo da fazenda Iracema, sob coordenadas latitude 15°18'49.42''S e longitude 40°2'3.69'' O, o qual foi coletado de forma composta da camada superficial de 0-20 cm de profundidade em 5 amostras coletadas em zig-zag equidistantes 5 metros com auxílio de um trado Holandês®. A amostra composta foi conduzida ao Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da UESB *Campus* de Vitória da Conquista Vitória da Conquista, para avaliação das características física, granulométrica, textural, e macronutrientes.

2.2 Experimento

Para produção das mudas utilizou-se 1.950 mg de semente comercial de *Ocimum basilicum* L. (Isla®), adquiridas no comércio da região, foram semeadas 0,5cm em duas bandejas de germinação de poliestireno com 128 células contendo substrato comercial (Nutriplan®). Sendo a protrusão da radícula e emergência do epicótilo observada de forma homogênea, 14 dias após a semeadura. A irrigação durante o período de germinação prosseguiu manualmente duas vezes por dia.

Aos 16 dias com altura média de cinco centímetros as plântulas foram transferidas em triplicata, para sacos de mudas de 18cm de diâmetro e 16cm de altura, com volume de solo 1,4 dm³.kg⁻¹. Após climatização das mesmas, realizou-se o desbaste, mantendo uma planta por saco, totalizando 100 plantas. Após desbaste, as mudas foram distribuídas em bancada de

alvenaria à 1,20m do solo com espaçamento de 0,20m, onde foram mantidas por 62 dias. Para manter a capacidade de campo cada unidade experimental foi irrigada duas vezes ao dia (264 ml), manhã e final da tarde, sendo o controle de plantas espontâneas feito manualmente sempre que necessário (PEREIRA et al, 2017; PROZ, 2020). Durante o período de crescimento, após transplântio, coletou-se semanalmente, a altura (cm) com auxílio de régua graduada em centímetro, sendo esta mensurada da base do solo até o ápice, bem como o número de folhas de cada parcela.

2.3 Tratamentos

A avaliação iniciou-se aos 39 dias após transplântio, DAT. Onde aplicou-se cinco dias de suspensão hídrica, caracterizados pela suspensão de rega em 24, 72, 96, 120 e 144 horas, correspondendo ao 1º, 2º, 3º 4º e 5º dias, respectivamente.

2.4 Teor de Clorofila

O índice de clorofila foi determinado com o equipamento SPAD-502 (*SoilPlant Analysis Development*), método não destrutivo para avaliar a resposta da fluência de fótons em folhas (SILVA et al., 2014). Para este parâmetro realizou-se três aferições na face adaxial de folhas completamente expandidas no período entre nove às dez horas da manhã.

2.5 Prolina

Para quantificação de prolina livre utilizou-se 0,5 g de massa fresca da folha, o material vegetal foi macerado em gral de porcelanacom ácido sulfosalicílico à 3%, para cada amostra são utilizados 10ml, o macerado é vertido em enlerrmeyers e ficaram sob agitação durante 60 minutos, em agitador de bancada orbital à temperatura ambiente. Após filtração a prolina foram adicionados nihidrina ácida (1000 µL) e ácido acético (1000 µL), os quais ficaram 1 hora em banho maria, e a reação foi interrompida com banho de gelo. Adicionou-se 4 ml de tolueno e as amostras foram lidas em espectrofotômetro Kasvi® (K37-VIS) 520nm. Então foi montada uma curva para comparar a prolina da amostra diluída em diferentes concentrações (0, 5, 10, 15, 20, 25 e 50 µg), com a prolina da solução comercial padrão (*Synth P.A.*) em diferentes concentrações (0, 25, 50, 75, 100, 125, 150 µL) e a concentração calculada através da absorbância (BATES, 1973).

$$\text{Prolina} = x \text{ da curva } (\mu\text{g}) \cdot \text{vol. extrator} \frac{\mu\text{L}}{\text{alíquota}} (\mu\text{L}) \cdot \frac{1}{\text{MF}} (\text{g})$$

2.6 Óleo Essencial, matéria fresca e seca, e teor de óleo essencial

Realizou-se coleta da parte aérea das plantas para a extração de óleo essencial no início da floração aos 62° após transplântio. Essas foram cortadas à 5 cm do solo, às 8h da manhã (CARVALHO-FILHO et al., 2006), o material vegetal da parte aérea foi pesado em balança analítica, onde foram homogeneizados e separados em triplicatas como amostras compostas, após separação do material, esse foi armazenado em sacos de papel kraft até o momento da extração de óleo essencial (ANDRADE et al., 2017).

No momento da extração do óleo, o material desidratado foi triturado e inserido em balão de fundo redondo com água deionizada e submetido à hidrodestilação. Nessa etapa utilizou-se hidrodestilador tipo Clevenger (CLEVINGER, 1928), por 120 minutos com temperatura constante (100°C).

O óleo essencial obtido foi tratado com sulfato de sódio anidro (Sigma Aldrich®), pesado em balança analítica, armazenado em frascos âmbar e condicionado em freezer -20 °C até o momento da caracterização química. O material resultante da extração, foi conduzido à estufa à 65°C até peso constante, para determinação da biomassa seca, teor do óleo essencial foi obtido com base na biomassa seca, foi expresso em porcentagem (ALVARENGA et al., 2011; BUFALO et al., 2015; JANNUZZI et al., 2019).

2.7 Cromatografia gasosa acoplada ao detector de ionização de chama (GC-FID)

A composição química quantitativa por GC-FID com o cromatógrafo a gás Saturnm 3800 (Varian) equipado com coluna capilar de sílica fundida VF5-ms (30m X 0,25mm) com fase estacionária 5% fenil-95% dimetilpolisiloxano (0,25µm de espessura de filme), tendo hélio 6.0 como gás arraste e fluxo de 1,2 mL.min⁻¹ (10 psi). As temperaturas do injetor e detector foram de 250°C e 280°C, respectivamente. Foi injetado 1,0µL de solução em CHCl₃ a 10% no modo *split* (1:10). A temperatura da coluna teve início a 70°C, acrescida de 8°C/min. até 200°C, com acréscimo de 10°C/min, até 280°C e mantida nessa temperatura por 3,75 minutos perfazendo o tempo de 28,0 minutos. A quantificação dos componentes foi obtida por integração eletrônica dos picos detectados no FID por normatização. Sendo todas injeções realizadas em triplicatas.

A análise qualitativa foi por espectrômetro de massas CGMS QP 2010 (Shimadzu), com analisador triplo quadrupolo, a coluna e as condições de temperaturas foram idênticas as usadas na análise CG-FID. A temperatura da fonte de íons foi de 200° e da interface de 250°. A identificação dos componentes dos óleos foi realizada pela análise dos padrões de fragmentação observado nos espectros de massa, tendo sido confirmada por comparação dos seus espectros de massas com aqueles presentes na base de dados fornecidos pelo equipamento (NIST 11),

bem como por meio da comparação dos seus índices de retenção com os compostos conhecidos, obtidos por injeção de uma mistura de padrões contendo uma série homóloga de alcanos C8 – C26 (Sigma Aldrich®) e dados da literatura, bem como artigos científicos indexados na ISI (ADAMS, 2007).

2.8 Análise Estatística

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos sendo 20 plantas em cada tratamento, para análise de número de folhas, altura e massa fresca observou-se 20 indivíduos em cada tratamento. Para análise de óleo essencial, teor de clorofila, teor de prolina e compostos químicos os testes foram realizados em triplicata. (ALVARENGA et al., 2011; SAID-AL et al., 2019).

Testou-se os dados quanto às pressuposições estatísticas de normalidade (teste de Kolmogorov - Smirnov), homogeneidade das variâncias (teste de Levene) e a pós atender as pressuposições, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). O teste de Duncan foi utilizado para avaliar o efeito de cada fator, onde adotou-se o nível de significância de 0,05 ($p \leq 0,005$). A correlação de Pearson também foi realizada para avaliar a relação entre as variáveis altura e temperatura. A estatística foi realizada com o auxílio do software IBM SPSS® e para montagem dos gráficos, utilizou-se o software SigmaPlot®, respectivamente.

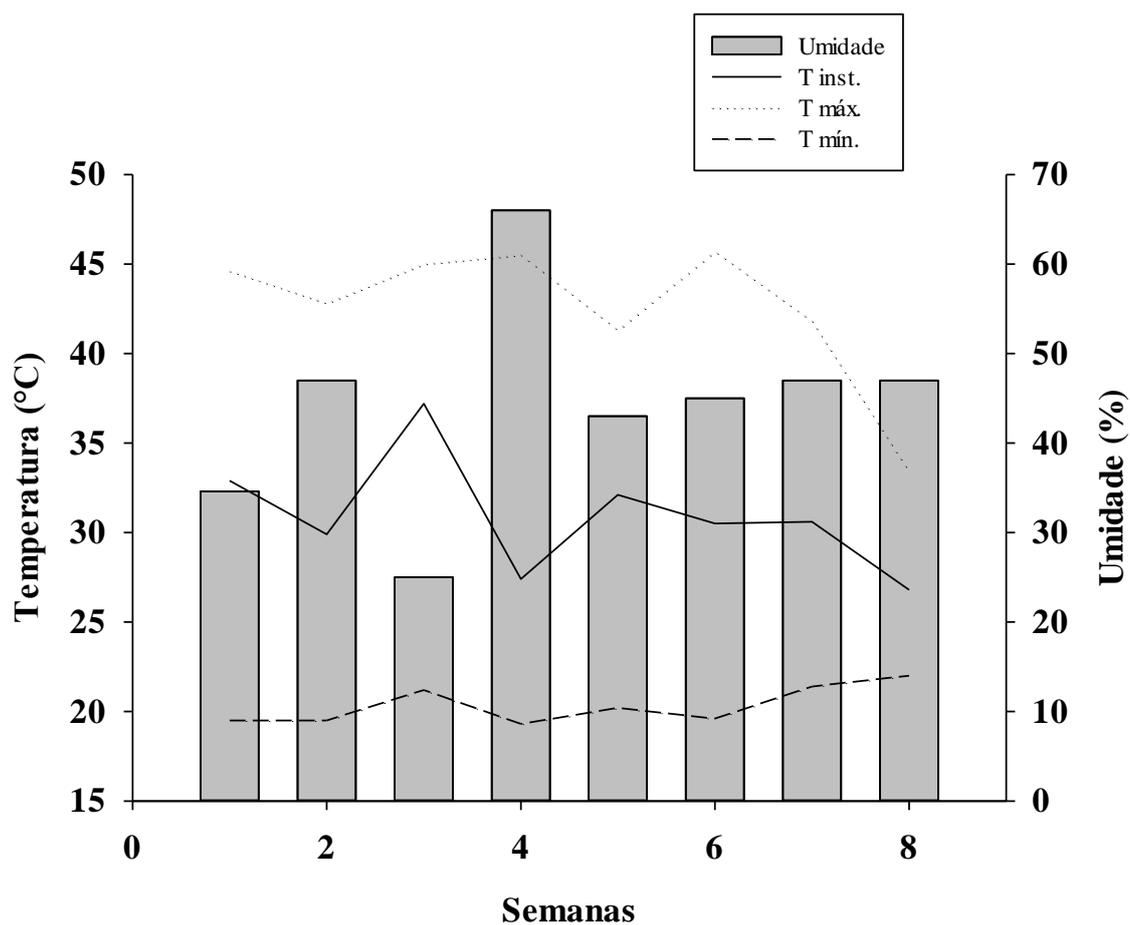
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Variáveis Climáticas

Os dados de clima da região durante o crescimento e desenvolvimento da plantas apresentaram valores de temperatura média de 26,38°C, máxima de 27,13°C e mínima de 25,68°C, umidade média foi de 65,96%, máxima de 68,94% e mínima de 62,88%, e precipitação média de 0,17mm (INMET).

Durante o período experimental, a temperatura média do interior da casa de vegetação foi de 33,06°C, máxima de 45°C e mínima de 20,66°C, e a umidade relativa média foi de 42%, máxima de 86% e mínima de 20% (gráfico 1). E nos dias de tratamento de suspensão de irrigação não observou-se precipitação.

Figura 1. Condições climáticas no interior da casa de vegetação.



Condições climáticas da casa de vegetação da UESB, Campus de Itapetinga, sudoeste da Bahia.

*Valores referentes a média da umidade relativa do ar média (%) e temperatura (°C) máxima, mínima e média.

3.2 Solo

O solo foi caracterizado como franco arenoso (JACOMINE et al., 2018), composto majoritariamente por areia grossa, areia fina e silte, e menores proporções de argila (Tabela 1), observou-se que quando irrigado a água é drenada. Quanto a composição química (tabela 2), os valores dos macronutrientes mostraram-se adequados com bons índices, não havendo necessidade de adubação e correções, o que favoreceu o teor de matéria orgânica e o pH, os quais apresentaram níveis ótimos para o desenvolvimento da espécie. Os íons e bases trocáveis também apresentaram níveis satisfatórios de acordo com manual de cultivo da espécie no Brasil e manual de interpretação de análises do solo (PEREIRA; MOREIRA, 2011; ALVAREZ, 1999).

Tabela 1. Análise física do solo e classe textural.

| Análise Física | | | | | | | |
|----------------|---------|------------|--------------------------------|-------------|--------------|----------|----------|
| Frações | | | Comp. Granulométrica (tfsa/kg) | | | | Classe |
| Total (%) | | | | | | | Textural |
| Calh. | Casc. | Terra fina | Areia grossa | Areia fina | Silte | Argila | Franco |
| 200-20 mm | 20-2 mm | <2mm | 2-0,2 mm | 0,2-0,05 mm | 0,05-0,002mm | <0,002mm | Arenosa |
| 0 | 0 | 100 | 365 | 235 | 250 | 150 | |

Tabela 2. Análise química de macronutrientes do solo.

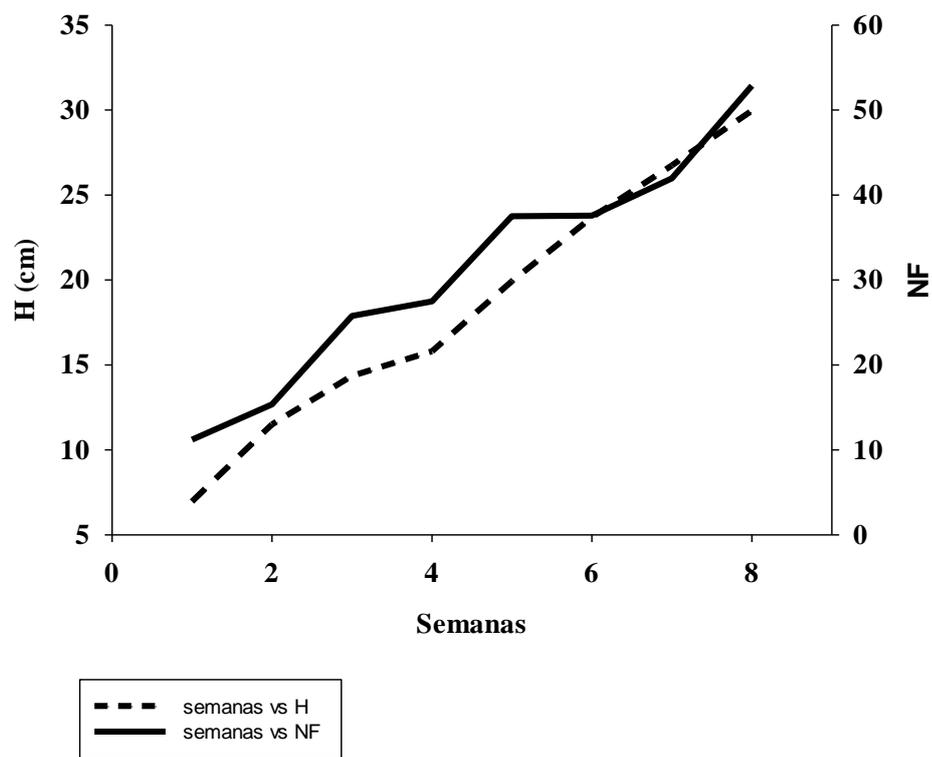
| Análise Química | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------|----------------|------------------------------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|------|------|------|----|---|-----|--------------------|
| Ph | mg/dm ³ | | cmol _c /dm ³ | | | | | | | | | | % | *g/dm ³ |
| (H ₂ O) | P | K ⁺ | Ca ⁺² | Mg ⁺² | Al ⁺³ | H ⁺ | Na ⁺ | S.B. | T | T | V | M | PST | M.O. |
| 6,4 | 65 | 1,05 | 4,7 | 5,4 | 0 | 2,0 | 0,3 | 11,5 | 11,5 | 13,5 | 85 | 0 | 2 | 34 |

*H₂O= pH em água; P= fósforo P Mehlich; K= Potássio Mehlich; CA= cálcio; Mg=magnésio; SB= soma de base; Al= alumínio trocável; H+Al= Acidez potencial; Na+= Sódio Mehlich ; SB= soma de base; t=CTC efetiva; T=CTC em pH 7,0; V= saturação por base; M= saturação por alumínio KCl 1N; PST= Porcentagem de Sódio Trocável; MO= matéria orgânica

3.3 Altura e número de folhas

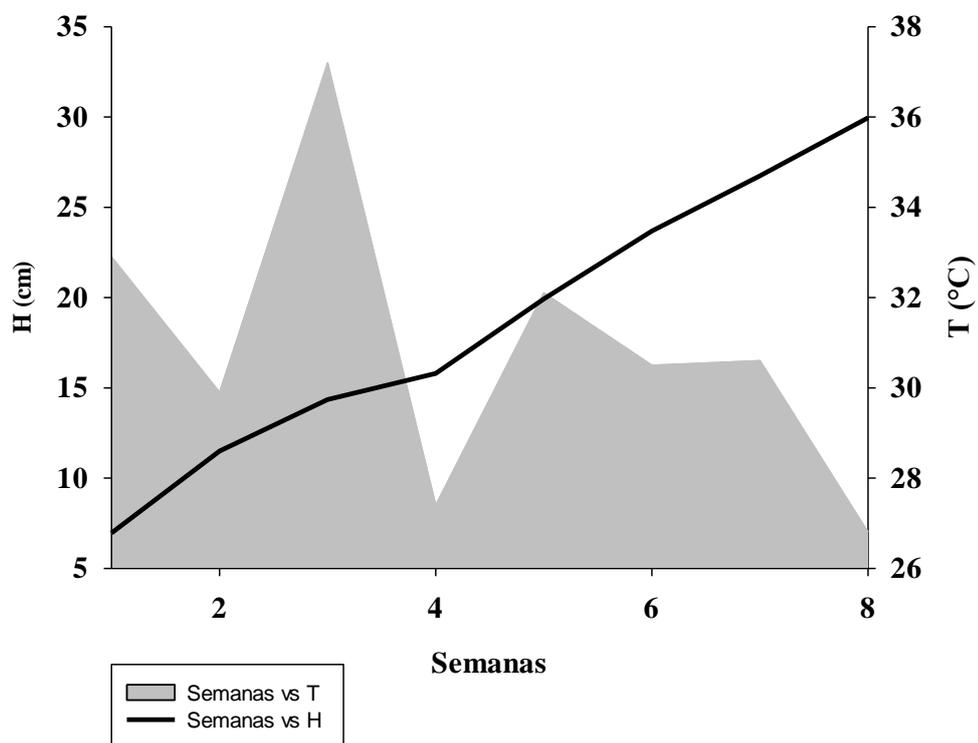
A espécie *Ocimum basilicum L.* apresentou ao final de oito semanas altura média de 33 cm e média de 55 folhas (figura 2). A correlação entre a altura e a temperatura apresentou-se valores negativos, com $r = -0,515$ com $p > 0,05$; mostra então que não possui relação entre esses dois parâmetros (figura 3). Nesse período as plantas iniciaram a fenofase reprodutiva com os primeiros botões florais.

Figura 2. Altura e número de folhas de *Ocimum basilicum* L.



Altura (H) (cm) e número de folhas (NF) durante oito semanas experimentais.

Figura 3. Altura *Ocimum basilicum* L. e temperatura.



Altura (H) (cm) e a temperatura (T) da casa de vegetação (°C) termo-higrômetro, durante oito semanas experimentais.

3.4 Teor de clorofila, prolina, matéria fresca e seca, e teor de óleo essencial.

O teor de clorofila não apresentou alteração nos seis dias de avaliação de déficit hídrico entre os grupos estudados com valores referidos, ficando semelhantes aos teores iniciais (tabela 3). Ao passo que em períodos mais longos de estresse hídrico provocam alterações nos valores de clorofila como observado por Santos et al., (2012), em experimento com estresse hídrico em *Ocimum basilicum L.* em Ilhéus-BA, no qual relataram que decréscimos nos teores de clorofila foram verificados com o aumento do tempo do estresse.

A prolina apresentou aumento entre os tratamentos de suspensão hídrica em relação ao controle, já com 72 horas apresentou aumento de nove vezes na produção de prolina comparado ao controle. Embora houve aumento na produção do teor de prolina como indicativo de estresse, não apresentou diferença estatística (tabela 3 e figura 4). Sabe-se que a prolina é um aminoácido livre que tem atuação na osmorregulação vegetal no sentido de atuar na manutenção da homeostase quando em condições de estresse, alivia os efeitos negativos da escassez de água e protege as células do estresse oxidativo (BORGIO et al., 2015; MEIRA et al., 2019). Razões pelas quais o teor de prolina foi muito baixo no tratamento de 24 horas. Diferença na produção de prolina livre em resposta ao estresse hídrico encontrada por Meira et al. (2019), com a espécie *Lippia origanoides* Kunth, estudo no qual a média total de prolina livre com irrigação foi de $0,39\mu\text{molg}^{-1}$ e após estresse foi de $2,45\mu\text{molg}^{-1}$ de massa fresca.

Ao avaliar a biomassa da parte aérea observou-se que o melhor resultado foi obtido com a matéria fresca sem a aplicação do estresse hídrico (tabela 3). A medida que o suspendeu a irrigação aconteceu perda de peso, a partir 72 horas de suspensão de hídrica apresentou redução significativa na matéria fresca com diferença significativa entre o grupo controle e os períodos de suspensão hídrica, no entanto a redução não foi significativa entre os grupos de estresse hídrico (Tabela 3). No tratamento de 24h apresentou valor de 16,62g, resultado que corrobora com estudo realizado por Ferreira, (2018), em Brasília-DF, no qual foi produzido 15,60g com o cultivo de manjeriço em vaso de planta de três litros em ambiente protegido no mesmo tempo desse experimento.

Diferentemente do observado para a matéria seca, que houve aumento significativo para a biomassa seca e a partir 72 horas de suspensão da irrigação já não apresentaram diferença estatística entre os grupos com estresse hídrico, mantendo o incremento no peso seco (Tabela 3). Semelhantemente foi observado um incremento no peso seco de *Artemisia annua L.* uma herbácea quando submetida à 38 horas de déficit hídrico, os autores relataram que esse aumento

foi inesperado porque o déficit hídrico em geral para ou reduz o crescimento e o acúmulo de biomassa, e atribuíram esse achado à utilização de sementes híbridas 2/39XIV, no entanto após 68 horas já observaram redução da biomassa dessa espécie (MARCHESE et al., 2010).

Tem-se observado na literatura que o estresse hídrico de longo período provoca uma redução na biomassa fresca e seca em *Ocimum basilicum L.* e *Melissa officinalis L.* (PRAVUSCHI et al., 2010; MEIRA et al., 2013; SANTOS et al., 2017), e foi observado nesse experimento que em um período curto de estresse hídrico promoveu redução na biomassa fresca e um incremento na biomassa seca. Resultado importante do ponto de vista industrial porque facilita o processamento, secagem e obtenção do óleo essencial.

Em relação ao teor de óleo essencial produzido em cada um dos cinco tratamentos apresentou elevação progressiva a medida que o tempo de irrigação aumentou, nos quais o valores foram de 0,07 (24h), 0,15 (72h), 0,16 (96h), 0,22 (120h), 0,24 (144h) g.planta⁻¹, e o último tratamento foi a melhor resposta para o teor de óleo essencial. A variável teor de óleo essencial apresentou aumento significativo nas plantas com estresse hídrico em comparação com o grupo controle, e entre os tratamentos 72 e 96 horas com 120 e 144 horas de suspensão da irrigação (tabela 3). Para esse parâmetro a partir de 72 horas já não houve diferença estatística entre os grupos submetidos ao estresse hídrico. Esse resultado é devido à espécie ser exótica e não cultivada nas condições climáticas semiáridas, o que faz desta ser sensível à altas temperaturas e falta de água. Tal característica fisiológica levou a planta a estabilizar o teor de óleo antes de alcançar a murcha permanente (KERBAUY, 2019).

Em estudo com lâminas de irrigação e produção de óleo essencial com *Melissa officinalis L.* uma verbenácea Meira et al., (2013), relatou que a maior produção de óleo essencial foi com a menor lâmina de irrigação 50% da evapotranspiração da cultura. Já em estudo com *Ocimum basilicum L.* em Crato-CE, no qual foi avaliado o cultivo em diferentes lâminas de irrigação, contradiz esse achado, porque recomendaram a lâmina de 100% da evapotranspiração para produção de biomassa fresca, teor de óleo e produção dos compostos majoritários linalol e eugenol (SANTOS et al., 2017).

A redução no turgor e desidratação são as primeiras respostas fisiológicas da planta ao déficit hídrico, a partir de 72 horas de supressão de irrigação foi observada perda de turgor e as folhas mantiveram-se até 120 horas, após esse período houve perda de algumas folhas, indicando possível aumento na prolina. Porém, para o teor de óleo essencial presente nas folhas, pode-se inferir que esta planta responde bem ao estresse hídrico até o quinto dia, sendo este o momento ideal para extração de óleo por ser o último período antes da senescência.

Em déficit hídrico, com a redução do conteúdo de água, a planta apresenta alterações fisiológicas com a murcha foliar, redução da área foliar, ocorre uma contração celular, afrouxamento da parede celular e alteração do turgor, dessa forma limita a fotossíntese pelo ativação das célula-guarda e fechamento estomático durante o dia, estímulo que acontece em plantas com metabolismo C3 em resposta ao estresse hídrico pela alteração do turgor (TAIZ & ZEIGNER, 2017).

E a partir de 144 horas as plantas evoluem para murcha permanente, ocasionando a perda de material vegetal, portanto, para o manjericão nas condições climáticas de Itapetinga sob cultivo em casa de vegetação, o estresse ideal para otimizar o teor de óleo é de no máximo seis dias.

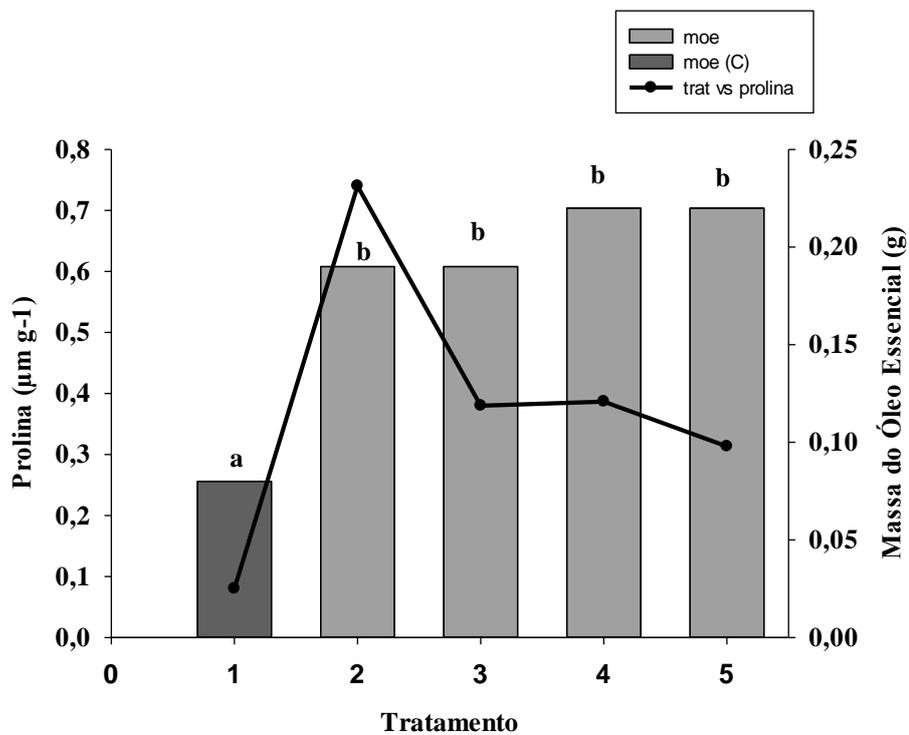
Tabela 3. Estresse hídrico e produção de óleo essencial em *Ocimum basilicum L.*

| SH | MFPA/planta (g) | MF (g) | MS (g) | MOE (g) | TO (%) | Prolina ($\mu\text{m g}^{-1}$) | CLa |
|-----|--------------------|-----------|-----------|------------|-----------|-------------------------------------|---------|
| 24 | 16,62 a | 128,02 a | 16,97 a | 0,08 a | 0,09 a | 0,0800 a | 36,36 a |
| 72 | 11,53 b | 116,49 b | 30,35 b | 0,19 b | 0,19 b | 0,7400 b | 45,21 a |
| 96 | 10,79 b | 113,32 b | 30,44 b | 0,19 b | 0,23 b | 0,3800 b | 34,73 a |
| 120 | 9,05 b | 99,39 b | 30,29 b | 0,22 b | 0,32 c | 0,3866 b | 35,67 a |
| 144 | 9,04 b | 93,05 b | 28,27 b | 0,22 b | 0,34 c | 0,3132 b | 36,04 a |

Médias seguidas da mesma letra não difere pelo teste de Ducan a 5 % de significância ($p \leq 0,005$).

MFPA/planta= matéria fresca da parte aérea por planta; MF= matéria fresca; MF= matéria seca; TO= teor de óleo essencial; CLa= Clorofila a (mg.g^{-1}) ou (%).

Figura 4. Produção de prolina e peso do óleo essencial *Ocimum basilicum L.* em função da supressão hídrica, cultivada em casa de vegetação.



Médias seguidas da mesma letras não difere estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de significância ($p < 0,05$).

3.5 Caracterização Química

Teor de óleo e prolina corroboram às análises cromatográficas, onde observou-se a mesma composição química com variação sutil no percentual de cada composto. Esse fato mostra que as sementes utilizadas no experimento, são clones dos mesmos acessos. Ainda que sob tempos de irrigação diferentes, detém as características químicas das plantas matriz, cujo perfil químico das plantas apresentaram como constituintes majoritários linalol (7,00-20,18%) e eugenol (33,95-40,26%) (tabela 4).

Corroboram com esse estudo altos teores de eugenol (37-39%) e linalol (6,10-6,83%) presentes no óleo de *Ocimum selloi* e metilchavicol (46-63%) e linalol (24-33%) em *Ocimum canum* encontrados em Jequié-BA (NASCIMENTO et al., 2011). Diferentemente foi observado em Brazlândia-DF com cultivo de *Ocimum basilicum L.* no campo em três períodos de colheita aos 45, 90 e 135 dias, no qual o linalol (69,53%) foi o composto majoritário do óleo essencial seguido de eugenol (5,49%), os quais se mantiveram independente da época de colheita ou manejo (JANNUZZI et al., 2019). Essa diferença na composição química pode ser explicada pelas divergência nas condições de cultivo dos estudos (MORAIS, 2009).

Com suspensão hídrica houve aumento na proporção de linalol e 4-thujanol ao comparar com o tratamento de 24 horas, e a partir de 72 horas de suspensão hídrica já não teve alteração. E para os componentes eugenol, cadieno e eudesmol não foi observado alteração com os tratamentos, e com 72 e 144 horas foi verificado aumento na produção do composto metil eugenol em relação aos demais compostos (tabela 4). A composição do óleo essencial pode apresentar alterações durante os processos de colheita e pós-colheita atribuídas às conversões espontâneas, as quais influenciam no teor e composição química do óleo essencial (CARVALHO-FILHO et al., 2006).

Tabela 4. Constituintes químicos do óleo essencial de *Ocimum basilicum L.* cultivado em casa de vegetação, em diferentes tratamentos de suspensão hídrica em casa de vegetação. Itapetinga-BA. UESB, 2020.

| Compostos | IKcalc | IK tab | 24 | 72 | 96 | 120 | 144 |
|------------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 4-thujanol | 1062 | 1068 | 1,02 a | 4,39 b | 3,40 b | 4,26 b | 4,36 b |
| Linalol | 1103 | 1098 | 7,00 a | 17,46 b | 18,88 b | 18,99 b | 20,18 b |
| Eugenol | 1369 | 1356 | 33,95 a | 36,82 a | 36,06 a | 35,92 a | 40,26 a |
| Metil eugenol | 1410 | 1401 | - | 1,11 a | - | - | 0,59 b |
| Metil isoeugenol | 1446 | 1456 | 2,52 a | 2,36 a | 4,01 b | 2,13 a | 2,15 a |
| Cadieno | 1529 | 1524 | 1,37 a | 1,64 a | 1,52 a | 1,16 a | 1,36 a |
| Eudesmol | 1658 | 1658 | 2,02 a | 1,58 a | 1,60 a | 1,51 a | 1,26 a |
| Total | | | 47,88 | 65,36 | 65,47 | 63,97 | 70,16 |

*IR calc= índice de retenção calculado; **IR tab= índice de retenção tabelado de acordo índice de Kovats (Adams, 2007).

Percentual detectado de cada componente com tratamento respectivo.

Letras diferentes indica diferença estatística pelo teste de Duncan à 5% de significância.

Mesmo após supressão hídrica os resultados não alteraram de forma expressiva, podendo adotar o estresse hídrico por suspensão de irrigação antes da colheita sem alterar a produção e para economia de água. Com os resultados obtidos nesse trabalho, percebeu-se que se faz necessário o estudo de mais parâmetros relacionados ao consumo hídrico da planta na região ou análise de evaporação da superfície foliar. E reforça que é necessário suspender a irrigação de dois a três dias antes da extração de óleo essencial de material vegetal fresco.

A suspensão de irrigação antes da colheita é aconselhável para espécies aromáticas, em que cada espécie responde de forma específica ao período de seca, o que leva à adaptação em diferentes ambientes de ocorrência. Dessa forma, os resultados apresentados, reportam que para produção de manjeriço nas condições experimentais acima, pode ser cultivado considerando a economia de água e agregando mais valor ao produto por aumentar a biomassa seca para o mercado de chás e condimentos bem como o teor de óleo essencial para atender o mercado mais exigente quanto à matéria prima para indústrias de cosméticos e fitofármacos.

4 CONCLUSÃO

- O maior rendimento de biomassa e teor de óleo essencial do manjeriço ocorre no terceiro dia de suspensão hídrica sob cultivo protegido em Itapetinga, BA.
- O estresse hídrico por suspensão de irrigação proporcionou aumento na biomassa seca.
- O aumento do teor de óleo essencial por tratamento foi proporcional ao período de suspensão da irrigação, sendo o maior teor ao sexto dia.
- Os compostos majoritários foram linalol e eugenol.
- O teor de prolina apresentou elevação a partir de três dias de suspensão hídrica.
- O teor de clorofila não apresentou alteração com a suspensão da irrigação.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R.P. 2007. **Identification of Essencial Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry**. Allured Publ. Corp. 4 ed.
- ALVARENGA, I. C. A.; VALADARES, R. V.; MARTINS, E. R.; OLIVEIRA, F. G.; FIGUEIREDO, L. S. D.; KOBAYASHI, M. K. Water stress before harvest of *pepper-rosmarin*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n. 7, p.706-711. 2011
- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., DE MORAES GONÇALVES, J. L., & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, n. 22, v. 6, p. 711–728. 2013.
- ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais: 5ª aproximação. Viçosa, MG**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 43-60. 1999.
- ANDRADE, J.L.R.; NUNES, M.S.; GEDANKEN, V. **Plantas aromáticas e condimentares: produção e beneficiamento**. Serviço Nacional De Aprendizagem Rural. 2017. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/213-PLANTAS-MEDICINAIS.pdf> Acesso em: 26/12/20.
- ASBAHANI, A. EL; MILADI, K.; BADRI, W.; SALA, M.; ADDI, E.H. AÏT; CASABIANCA, H.; MOUSADIK, A. EL; HARTMANN, D.; JILALE, A.; RENAUD, F.N.R.; ELAISSARI, A.. Essential oils: From extraction to encapsulation. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 483, n. 1, p.220–243. 2015.
- BAE, A. H., KIM, G., SEOL, G. H., LEE, S. B., LEE, J. M., CHANG, W., & MIN, S. S. Delta- and mu-opioid pathways are involved in the analgesic effect of *Ocimum basilicum* L in mice. **Journal of Ethnopharmacology**, v.250, p.112-471. 2020.
- BAHMANI, M.; SHIRZAD, H.; MAJLESI, M.; SHAHINFARD, N.; AND RAFIEIAN-KOPAEI, M. A review study on analgesic applications of Iranian medicinal plants. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v. 7, p. 43–53. 2014.
- BATES, L.S., WALDREN, R.P. TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant Soil**. v. 39, p.205–207. 1973.
- BEKUT, M.; BRKIC, SZ.; KLADAR, NS.; DRAGOVIC, G.; GAVARI, CN., BO, ZB.. Potential of selected Lamiaceae plants in anti (retro)viral therapy. **Pharmacological Research**, v. 133, p. 301-314. 2018.

- BLUM, A. Osmotic adjustment is a prime drought stress adaptive engine in support of plant production. **Plant, Cell & Environment**, v.40, n.1, P. 4–10. 2016.
- BORGO, L.; MAUR, C.J.; VIEIRA, L.G.E. Effects of high proline accumulation on chloroplast and mitochondrial ultrastructure and on osmotic adjustment in tobacco plants. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.37, n.2, p.191-199. 2015.
- BUCKLE, J. **Basic Plant Taxonomy, Basic Essential Oil Chemistry, Extraction, Biosynthesis, and Analysis**. Clinical Aromatherapy. 3^a ed. Churchill Livingstone, p. 37-72. 2015.
- BUFALO, J., CANTRELL, C. L., ASTATKIE, T., ZHELJAZKOV, V. D., GAWDE, A., & BOARO, C. S. F. Organic versus conventional fertilization effects on sweet basil (*Ocimum basilicum L.*) growth in a greenhouse system. **Industrial Crops and Products**, v.74, p. 249–254. 2015.
- CARVALHO-FILHO, JLS; ALVES, PB; EHLERT, PAD; MELO, AS; CAVALCANTI SCH; ARRIGONIBLANK, MF; SILVA-MANN, R; BLANK, AF. Influence of the harvesting time, temperature and drying period on basil (*Ocimum basilicum L.*) essential oil. **Revista Brasileira de Farmacognosia** v. 16, p. 24-30. 2006.
- CHAVES, M. M., MAROCO, J. P., & PEREIRA, J. S. Understanding plant responses to drought from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, v.30, n.3, p. 239. 2003.
- CLEVINGER, J.F.. Apparatus for the determination of volatile oil. **Journal American Pharm**, v.17, p.315.1928.
- COSTA, F.M., SOUZA, G. S.; ANJOS, G.L.; SANTOS, A.R.. Liming on the growth and production of essential oil of basil grown in different light environments. **Horticultural Journal**, V.11, n. 8., p. 1-8. 2020.
- DAMALAS, C. A. Improving drought tolerance in sweet basil (*Ocimum basilicum*) with salicylic acid. **Scientia Horticulturae**, v.246, p. 360–365. 2019.
- DUDAREVA, N., NEGRE, F., NAGEGOWDA, D. A., & ORLOVA, I. Plant Volatiles: Recent Advances and Future Perspectives. **Plant Sciences**, v. 25, n. 5, p. 417–440. 2006.
- EKREN, S., SÖNMEZ, Ç., ÖZÇAKAL, E., KURTTAŞ, Y. S. K., BAYRAM, E., GÜRGÜLÜ, H. The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum L.*). **Agricultural Water Management**, v.109, p. 155–161. 2012.

- ELANSARY, H. O. Basil morphological and physiological performance under trinexapac-ethyl foliar sprays and prolonged irrigation intervals. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.37, n.5, p. 37-92. 2015.
- FERHAT, M.A.; MEKLATI, B. Y.; CHEMAT. F. Comparison of different isolation methods of essential oil from em Citrus fruits: cold pressing, hydrodistillation and microwave ‘dry’ distillation. **Flavor and Fragrance Journal**, v. 22, n. 6, p.494–504. 2007.
- FERREIRA, KM. **Desempenho agrônômico em vaso de cultivares de manjeriço, em ambiente protegido, na região do Distrito Federal**. Universidade de Brasília: Trabalho de conclusão para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo, p. 30. 2018.
- FORNARI, T.; VICENTE, G.; VÁZQUEZ, E.; GARCÍA-RISCO, M. R.; REGLERO, G.. Isolation of essential oil from different plants and herbs by supercritical fluid extraction. **Journal of Chromatography A**, v. 1250, p. 34-48. 2012.
- GHATAK, A., CHATURVEDI, P., & WECKWERTH, W. Metabolomics in Plant Stress Physiology. **Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology**. v.164, P187-236. 2018.
- GUERRA^a, A. M. N. DE M., SILVA, M. G. M., & EVANGELISTA, R. S.. Growth environment and pot volume affect biomass and essential oil production of basil. **Revista Caatinga**, v. 33, n.1, p. 135–14. 2020.
- GUERRA^b, A. M. N. DE M., EVANGELISTA, R. S., SILVA, M. G. M., & SANTOS, D. S. Nitrogênio influencia o acúmulo de biomassa e o rendimento de óleo essencial de manjeriço. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.5, p. 24739–24756. 2020.
- HANDA, S.S.; KHANUJA, S.P.S.; LONGO, G.; RAKESH, D.D. **Extraction Technologies for medicinal and aromatic plants**. International centre for science and high technology, 1 ed. 2008.
- HARLEY R.M. *Labiatae*. In: Kadereit J.W. (eds) Flowering Plants Dicotyledons. **The Families and Genera of Vascular Plants**, Springer, Berlin, ed. 7. 2004.
- HARLEY, R.; FRANÇA, F.; SANTOS, E.P.; SANTOS, J.S.; PASTORE, J.F.. Lamiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. 2015. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB142>. Acesso em: 31/07/19.

HYLDGAARD, M., MYGIND, T., MEYER, R.L. Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. **Front Microbiol.** v.3, n.12, p. 1-24. 2012.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 30/10/20.

JACOMINE, H. G.; P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 5. ed. Embrapa. 356 p. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs> Acesso em: 02/01/2021.

JANNUZZI, H.; MATTOS, J.K.A.; VIEIRA, R.F.; SILVA, D.B.; SILVA, J.P. 2019. **Manejo de corte de manjeriço (*Ocimum basilicum L.*) em três épocas de colheitas no Distrito Federal – DF**. Brasília, DF: Boletim de pesquisa e desenvolvimento 352. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p 21.

JORDÁN, M. J., QUÍLEZ, M., LUNA, M. C., BEKHRADI, F., SOTOMAYOR, J. A., SÁNCHEZ-GÓMEZ, P., & GIL, M. I. Influence of water stress and storage time on preservation of the fresh volatile profile of three basil genotypes. **In Food Chemistry.** v. 221, p. 169-177. 2017.

JOY, P. P.; THOMAS, J.; MATHEW, S., JOSE, G.; JOSEPH, J. **Aromatic and Medicinal Plants**. Research Station. p.683-549. 1998.

KERBAUY, G.B. Fisiologia vegetal. **Guanabara Koogan**, Rio de Janeiro, 2019.

KHAIR-UL-BARIYAH, S.; AHMED AND M. IKRAM, D. *Ocimum Basilicum L.* A Review on Phytochemical and Pharmacological Studies. **Pak. J. Chem.** v. 2, n.2, p.78-85. 2012.

KULAK, MB; OZKANC, A; BINDAKD, R. A bibliometric analysis of the essential oil-bearing plants exposed to the water stress: How long way we have come and how much further? **Scientia Horticulturae.** v. 246, p. 418–436. 2019.

LAWRENCE, B.M., MOOKERJEE, B.D., WILLIS, B.J. Flavors and fragrances: A world perspective. **Elsevier Science Publishers BV.**, p. 161–170. 1984.

LI, Q. X., & CHANG, C. L. Basil (*Ocimum basilicum L.*) Oils. Essential Oils. In: Food Preservation. 1^a ed. **Flavor and Safety**, p.231–238. 2016.

LIMA, RK. & CARDOSO, MG. Família *Lamiaceae*: Importantes Óleos Essenciais com Ação Biológica e Antioxidante. **Revista Fitos**, v.3, n.3, p.14-24. 2007.

- MAHAJAN, M., KUIRY, R., & PAL, P. K. Understanding the consequence of environmental stress for accumulation of secondary metabolites in medicinal and aromatic plants. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v.18, p.100255. 2020.
- MARCHESE, José A.; FERREIRA, Jorge F.S.; REHDER, Vera L.G. e RODRIGUES, Osmar. Efeito do déficit hídrico no acúmulo de biomassa e artemisina em absinto anual (*Artemisia annua L., Asteraceae*). **Braz. J. Plant Physiol.**, Campo dos Goytacazes , v. 22, n. 1, p. 1-9, 2010 .
- MARTINS, IP. **Crescimento e consumo de água por manjeriço (*Ocimum basilicum L.*) sob diferentes regimes hídricos**. Jaboticabal, SP: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Dissertação apresentada para Câmpus de obtenção do título de Mestre em Agronomia, p. 54. 2016.
- MASANGO, P. Cleaner production of essential oils by steam distillation. **J Cleaner Prod**, v.13, n.8, p.833–839. 2005.
- MAZID, M; KHAN, TA; MOHAMMAD, F. Role of secondary metabolites in defense mechanisms of plants. **Biology and Medicine**, v.3, n. 2, p. 232-249. 2011.
- MEIRA, M. R., MARTINS, E. R., & ALVARENGA, I. C. A. Prolina livre e flavonoides totais de *Lippia origanoides* submetidos a níveis de saturação por base e estresse hídrico. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v.14, n.2, p.1–9. 2019.
- MEIRA, M. R.; MELO, M. T.; PINHEIRO, M. E.R.; PINTO, M.J. S.; SANTANA, C.S. Crescimento vegetativo, produção de fitomassa e óleo essencial de *Melissa officinalis L.* sob diferentes lâminas de irrigação . **Ciência Rural**, vol.43, n.5, p. 779-785. 2013.
- MIAO, Q., ZHAO, L., WANG, Y., HAO, F., SUN, P., HE, P., JIA, W. Microbial metabolomics and network analysis reveal fungistatic effect of basil (*Ocimum basilicum*) oil on *Candida albicans*. **Journal of Ethnopharmacology**, p.113002. 2020.
- MORAIS, LAS. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v.27. 2009.
- NADEEM, F., HANIF, M. A., BHATTI, I. A., JILANI, M. I., & AL-YAHYAI, R. Basil. **Medicinal Plants of South Asia**. 1ª ed. Elsevier. p. 768. 2020.
- NAIKOO, M. I., DAR, M. I., RAGHIB, F., JALEEL, H., AHMAD, B., RAINA, A., KHAN, F. A. & NAUSHIN, F. Role and regulation of plants phenolics in abiotic stress tolerance: An overview. **Plant Signaling Molecules**, p.157–168. 2019.

- NASCIMENTO, J.C.; BARBOSA, L.C.A.; PAULA, V.F.; DAVID, J.M.; FONTANA, R.; SILVA, L.A.M.; FRANÇA, R.S. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Ocimum canum* Sims. and *Ocimum selloi* Benth. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 73, p.01 – 13, 2011.
- PEREIRA, R.C.A.; BRITO F.N.; BEZERRA, M.G.A. Cultivo de plantas aromáticas. Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical** (Documentos / Embrapa Agroindústria Tropical 176), 49 p. 2017. Disponível em: embrapawww.infoteca.cnptia.embrapa.br. Acesso em: 02/01/2021.
- PEREIRA, R.C.A.; MOREIRA, A.L.M. Manjeriço: cultivo e utilização. Fortaleza, CE. **Embrapa Agroindústria Tropical** (Documentos / Embrapa Agroindústria Tropical 136) p.31. 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/900892/manjericao-cultivo-e-utilizacao> Acesso em: 02/01/2021.
- PRAKASH, V. **Spices: Leafy Spices**. Boca Raton: CRC Press, 1ª ed. 1990.
- PRAVUSCHI, P. R., MARQUES, P. A. A., RIGOLIN, B. H. M., & Santos, A. C. P. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produção de óleo essencial do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 687–693. 2010.
- PROZ, MLA. **Compostos bioativos em salsa (*Petroselinum crispum*) e manjeriço (*Ocimum basilicum*) produzidos sob diferentes sistemas de cultivo**. Porto Alegre-RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, p. 69. 2020.
- RADAELLI, M., DA SILVA, B. P., WEIDLICH, L., HOEHNE, L., FLACH, A., DA COSTA, L. A. M. A., & ETHUR, E. M. Antimicrobial activities of six essential oils commonly used as condiments in Brazil against *clostridium perfringens*. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, n.2, p.424–430. 2016.
- REHMAN, R; HANIF, MA; MUSHTAQ, Z; MOCHONA, B; & QI, X. Biosynthetic Factories of Essential Oils: The Aromatic Plants **Natural Product Chemical**, v.4, n.4, p.11. 2016.
- ROCHA, L. P., FAGUNDES, O. D. S., ROCHA, A. P., VICENTE, R. E., RIBEIRO JUNIOR, N. G., YAMASHITA, O. M., & SILVA, I. Anatomia comparada, histoquímica e fitoquímica dos órgãos vegetativos de espécies do gênero *Ocimum* L. (*Lamiaceae*). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.2, p.266–277. 2020.
- RODRIGUES, L. B., OLIVEIRA BRITO PEREIRA BEZERRA MARTINS, A., CESÁRIO, F. R. A. S., FERREIRA E CASTRO, F., DE ALBUQUERQUE, T. R., MARTINS FERNANDES, M. N., ALENCAR DE MENEZES, I. R. Anti-inflammatory

and antiedematogenic activity of the *Ocimum basilicum* essential oil and its main compound estragole: In vivo mouse models. **Chemico-Biological Interactions**, v. 257, p.14–25. 2016.

SAAD, G. D. A.; LÉDA, P. H. D.O; SÁ, I. M.; SEIXLACK, A. C. C. **Fitoterapia Contemporânea: Tradição e Ciência na Clínica Prática**. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro, 2^a ed. 2016.

SAID-AL AHL, H. A. H., SABRA, A. S., ALATAWAY, A., ASTATKIE, T., MAHMOUD, A. A., BLOEM, E. Biomass production and essential oil composition of *Thymus vulgaris* in response to water stress and harvest time. **Journal of Essential Oil Research**, v.31, n.1, p.1–6. 2019.

SANTOS, A. C. A; SERAFINI, L. A; CASSEL, E. **Estudos de processos de extração de óleos essenciais e bioflavonóides de frutas cítricas**. Caxias do Sul, ed. 1^a, p.112. 2003.

SANTOS, H. R., MARCO, C. A., INNECCO, R., DA SILVA, T. I., BEZERRA, A. E., OLIVEIRA, C. W., DE FREITAS JÚNIOR, S. P., TAVARES, J. F., & CHAVES, J. T. L. Influência de lâminas de irrigação na biomassa, teor e composição química do óleo essencial de manjeriço. **Espacios**, v.38, n. 27, p.21. 2017.

SANTOS, MS; SILVA DC; GOMES, JAO; COSTA, LCB; MARTINS, ER; MIELKE, MS; GOMES, FP. Determinação não destrutiva de pigmentos cloroplastídicos em manjeriço submetido ao déficit hídrico. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 1720-1728. 2012.

SCHEEN, A.; BENDIKSBY, M.; RYDING, O.; MATHIESEN, C.; ALBERT, VA.; LINDQVIST, C. Molecular Phylogenetics, Character Evolution, and Suprageneric Classification of Lamioideae (*Lamiaceae*). **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 97, n. 2, p.191-217. 2010.

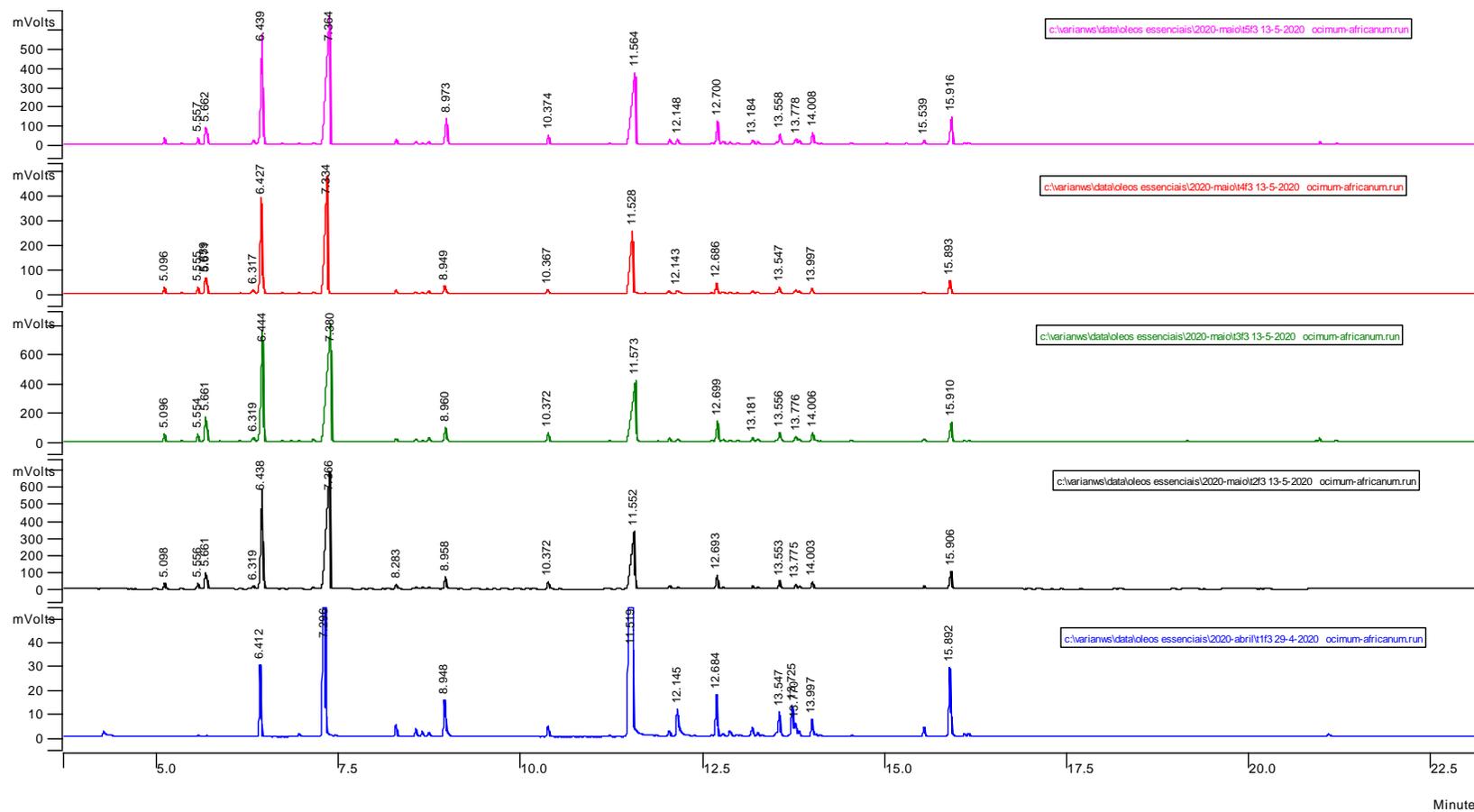
SESTILI, P., ISMAIL, T., CALCABRINI, C., GUESCINI, M., CATANZARO, E., TURRINI, E., FIMOIGNARI, C. The potential effects of *Ocimum basilicum* on health: a review of pharmacological and toxicological studies. **Expert Opinion on Drug Metabolism & Toxicology**, v.14, n.7, p.679–692. 2018.

SILVA, M. DE A., DOS SANTOS, C. M., VITORINO, H. DOS S., & RHEIN, A. F. DE L. Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como Descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, v.30, n.1, p.173–181. 2014.

- SIRVASTAVA, A.K. Aromatic plants and its products. **Farm Bull**, v.16, P.1-13. 1982.
- SOLTIS, DE. et al. Angiosperm phylogeny: 17-genes, 640 taxa. **American Journal of Botany**, v. 98, p. 704–730. 2011.
- STANOJEVIC, L. P., MARJANOVIC-BALABAN, Z. R., KALABA, V. D., STANOJEVIC, J. S., CVETKOVIC, D. J., & CAKIC, M. D. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of basil (*Ocimum basilicum L.*) essential oil. **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v.20, n.6, p.1557–1569. 2017.
- TAIZ, LINCON & ZEIGER, EDUARDO. **Tratado de Fisiologia vegetal**. Porto Alegre. Artmed. 6^a ed., p. 731. 2017.
- VARGA, F., CAROVIĆ-STANKO, K., RISTIĆ, M., GRDIŠA, M., LIBER, Z., ŠATOVIĆ, Z. Morphological and biochemical intraspecific characterization of *Ocimum basilicum L.* **Industrial Crops and Products**, v.109, p. 611–618. 2017.
- VERNIN, G., METZGER, J. Analysis of basil oils by GC–MS data bank. **Perfumer Flavorist**. v.9, p. 71–86. 1984.
- VIEIRA, R.F.; SIMON, J.E. Chemical characterisation of basil (*Ocimum bsilicum L.*) found in markets and used in traditional medicine in Brazil. **Economical Botany**, v.54, p.207-216. 2000.
- ZAPPI, DC.; RANZATO, F F L., PAULA, L.; SOUZA, VC.; WALTER, BMT.; PIRANI, JR. et al. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguésia** v. 66, n. 4, p. 1085-1113. 2015.
- ZHOU, S., DUURSMA, R. A., MEDLYN, B. E., KELLY, J. W. G., & PRENTICE, I. C. How should we model plant responses to drought? An analysis of stomatal and non-stomatal responses to water stress. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.182, n. 183, P. 204–214. 2013.
- ZOTTI-SPEROTTO, N. C., MELO, E. DE C., DE SOUZA, M. I. L., FONSECA, M. C. M., GONZAGA, D. A., DE ÁVILA, M. B. R., DEMUNER, A. J., VENTRELLA, M. C., & LELIS, A. C. V. Effect of drying with ultrasonic pretreatment on the yield and quality of the essential oil of *Varronia curassavica* Jacq. and *Ocimum gratissimum* Linn. **Industrial Crops and Products**, v.147, p.112211. 2020.

APÊNDICE

001- Cromatogramas da composição química do óleo essencial de *Ocimum basilicum L.* nos tratamentos de suspensão hídrica.



Composição química do óleo essencial de *O. basilicum L.*, cromatogramas gerados por GC-FID, o primeiro traçado em rosa o T1 grupo controle, os seguintes são os grupos de suspensão hídrica em vermelho o T2 com três dias, em verde T3 com quatro dias, em preto T4 com cinco dias e em azul T5 com seis dias.

Cromatograma rosa= 24, cromatograma vermelho= 72; cromatograma verde= 96; cromatograma preto= 120 e cromatograma azul= 144.

002 - Exsicata de *Ocimum basilicum* L.

HUESB
14342
JOSUE
BAHA - SPABL



HERBÁRIO HUESB
Universidade Estadual do Sudoeste de Bahia
Jequié - Bahia - Brasil
Brasil, Bahia, Itapetinga, Cma de Vegetação

14342
14342

Ocimum basilicum L. Lamiaceae

Planticola, até 30 cm. Folhas ovadas, ápice base arredondada, ápice agudo, membranácea, bordas serrilhadas, perennante. Flores escarlateas, racimo terminal, paniculada curta.

Afonso, Magalhães (Portugal, Portugal)
Instituto de Botânica, São Carlos, SP, 13506-900

Det: Afonso, G.S.L.

SAHB

