



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE  
SANTANA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS  
GENÉTICOS VEGETAIS**



**JANDERSON DO CARMO LIMA**

**MACRONUTRIENTES NO CULTIVO E RENDIMENTO DE  
ÓLEO ESSENCIAL DE *Ocimum basilicum L.***

Feira de Santana - BA

2021

**JANDERSON DO CARMO LIMA**

**MACRONUTRIENTES NO CULTIVO E RENDIMENTO DE  
ÓLEO ESSENCIAL DE *Ocimum basilicum L.***

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, da Universidade Estadual de Feira de Santana como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Marilza Neves do Nascimento  
Coorientador: Prof. Dr. Anacleto Ranulfo dos Santos

**BANCA EXAMINADORA**



**Profa. Dra. Claudinéia Regina Pelacani Cruz**  
(Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS)



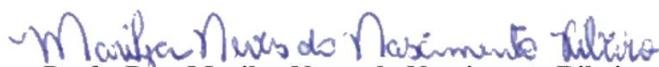
**Prof. Dr. Júlio César de Azevedo Nóbrega**  
(Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB)



**Profa. Dra. Alone Lima Brito**  
(Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS)



**Profa. Dra. Adriana Queiroz de Almeida**  
(Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS)



**Profa. Dra. Marilza Neves do Nascimento Ribeiro**  
(Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS)  
Orientadora e Presidente da Banca

Ficha Catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteadó - UEFS

Lima, Janderson do Carmo

L698m Macronutrientes no cultivo e rendimento de óleo essencial de *Ocimum basilicum*  
L. / Janderson do Carmo. – 2021.  
76 f.; il.

Orientadora: Marilza Neves do Nascimento

Co-orientador: Anacleto Ranulfo dos Santos

Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Feira de Santana. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Feira de Santana, 2021.

1. Adubação. 2. Manjerição. 3. Plantas medicinais e metabólitos secundários.  
4. Calagem. I. Nascimento, Marilza Neves do, orient. II. Santos, Anacleto Ranulfo dos  
co-orient. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDU: 582.949.28

Aos meus pais, irmão, parentes e amigos por todo  
apoio e amor concedido.

Dedico

## AGRADECIMENTOS

Essa é uma das partes mais difíceis da escrita deste trabalho, não porque não tenha a quem agradecer, muito pelo contrário, neste momento me passa um filme na cabeça de tudo que passei, das pessoas que contribuíram direta e indiretamente para que fosse possível estar aqui hoje o fruto de muito esforço e dedicação.

Primeiramente necessito agradecer a Deus, por ser meu principal orientador, por sempre ter me usado apenas como instrumento em tudo que realizei nesta vida, por todos os livramentos e por ter me permitido sentir verdadeiramente o seu amor.

Tudo que conquistei até hoje não seria possível sem o apoio incondicional que tive da minha família, por isso eu digo que em meus diplomas, artigos e todos trabalhos que realizo, por trás do meu nome tem os nomes de meus pais (Telma e Genilson), esses que apostaram aquilo que tinham e o que não tinham para que tudo isso que sou hoje se tornasse realidade, muito obrigado por todo amor e incentivo. Além deles é preciso citar também o nome do meu irmão (Lucas), mesmo sem entender, muitas vezes, tudo aquilo que eu sempre fiz, me apoiou e sustentou com a amizade de irmão mesmo.

Também preciso dedicar algumas linhas dessa página a falar de duas pessoas que compartilharam comigo o dia a dia das preocupações, correrias e basicamente tudo o que passei na construção do Janderson de hoje. Essas pessoas são Flávia (minha namorada) e Vó Zita (*in memoriam*), eu infelizmente não tenho palavras a altura para agradecer aquilo que vocês me proporcionaram, de verdade me faltam adjetivos para distribuir à essas mulheres, sem querer parecer clichê, mas todo agradecimento em palavras que ouse direcionar a vocês ainda será pouco, muito obrigado.

Agradeço aos meus tios, primos e amigos que também mesmo distantes, me fortaleceram nessa caminhada com suas mensagens, orações e vibrações positivas.

Falando em amigos eu não posso deixar de destacar aqueles que são mais do que amigos, são irmãos que a vida me deu. O primeiro deles é Uasley, talvez eu não estivesse na UEFS se não fosse por ele, uma amizade de mais de 10 anos que tenho muito orgulho e sou muito grato por toda ligação, pelas resenhas e por tudo que já vivemos juntos. Além dele cito: Willian, Aílson e Petterson; pessoas que compartilharam comigo momentos que jamais serão esquecidos.

Quero agradecer também de todo coração a minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marilza Neves, por toda confiança depositada, todo suporte e por ser realmente uma orientadora.

Falando em orientadores jamais posso deixar de agradecer ao professor Anacleto Ranulfo (coorientador da tese) e à professora Girlene Santos, que desde muito cedo acreditaram no meu potencial e me forneceram totais condições para trilhar o meu caminho como pesquisador.

Também quero agradecer aos professores: Júlio Nóbrega, Luciano Souza, José Fernandes, Clovis Peixoto, Elvis Lima, Carlos Alan, Alone Brito e Claudinéia Pelacani que são peças fundamentais na minha formação e que sempre servirão de referência profissional.

Externo meus sinceros agradecimentos também a todos parceiros e membro dos grupos de pesquisa de Nutrição de Plantas da UFRB e do GEESPI do IF sertão de Pernambuco.

Por fim, porém não menos importante quero agradecer a CAPES pela bolsa concedida e pelo financiamento da pesquisa. Esse estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.E a todos os funcionários da UFRB e da UEFS que sempre se colocaram à disposição em tudo que precisei, sendo assim também responsáveis pela conclusão deste trabalho.

**Ninguém é feliz sozinho, por isso agradeço a ti.  
Forte abraço.**

**“Pense como quiser, faça o que quiser, mas não culpe ninguém por seus resultados.”**

Joel Jota

## RESUMO

LIMA, J. C. 2021. **Macronutrientes no cultivo e rendimento de óleo essencial de *Ocimum basilicum* L.** 76 p. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, BA, 2021.

O cultivo de manjeriço tem despertado interesse de muitas empresas do ramo farmacêutico e gastronômico. Isso porque é uma planta medicinal com excelente potencial de produção de óleos essenciais, além de compor diversos pratos da culinária local, entretanto, ainda é uma espécie subutilizada apesar do seu grande potencial genético, pois as informações quanto às suas exigências nutricionais é fator limitante ao seu cultivo. Esse trabalho objetivou caracterizar a influência de diferentes concentrações de macronutrientes no crescimento, diagnose nutricional e produção de óleos essenciais em plantas de *O. basilicum* cultivadas em Argissolo amarelo distrófico. O experimento foi realizado em casa de vegetação e os tratamentos consistiram de uma dose referência determinada a partir de diversos artigos científicos, com os demais determinados a partir deste nível referencial no esquema da matriz baconiana, onde apenas o nutriente indicado teve variação na dose. Foram utilizadas 100 plantas em vasos de polietileno com capacidade de 6 dm<sup>3</sup>. Aos 50 dias após o transplante das mudas de manjeriço, procedeu-se com as avaliações de crescimento. Foi observado efeito significativo na produção de fitomassa em função de todos os nutrientes testados, destacando que as plantas de manjeriço se mostram bastante exigentes em N, sendo esse o elemento mais requisitado e com mais variações nas doses estimadas. O acúmulo máximo ideal de N e P em folhas de manjeriço para o pleno desempenho vegetal é de 51 e 3,0 g kg<sup>-1</sup> respectivamente. Já o acúmulo máximo de P em plantas de manjeriço quando cultivadas em Argissolo amarelo distrófico foi de 7,9 g kg<sup>-1</sup>. E para extração dos óleos essenciais, foram utilizadas amostras da fitomassa seca das folhas (previamente desidratadas a 45°C), sendo realizada via hidrodestilação por arraste de vapor em aparelho Cleverger. A adubação nitrogenada a 75 mg dm<sup>-3</sup> promoveu o maior rendimento e produtividade de óleo essencial em plantas de manjeriço.

**Palavras-chaves:** adubação, manjeriço, calagem, plantas medicinais e metabólitos secundários.

## ABSTRACT

LIMA, J. C. 2021. **Macronutrients in the cultivation and essential oil yield of *Ocimum basilicum* L.** 76 p. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, BA, 2021.

The cultivation of basil has attracted the interest of many pharmaceutical and gastronomic companies. This is because it is a medicinal plant with excellent potential for the production of essential oils, in addition to composing several dishes of the local cuisine, however, it is still an underutilized species despite its great genetic potential, as information about its nutritional requirements is a limiting factor to your cultivation. This work aimed to characterize the influence of different concentrations of macronutrients on growth, nutritional diagnosis and production of essential oils in *O. basilicum* plants cultivated in a dystrophic Yellow Argisol. The experiment was carried out in a greenhouse and the treatments consisted of a reference dose determined from several scientific articles, with the others determined from this reference level in the Baconian matrix scheme, where only the indicated nutrient varied in dose. 100 plants were used in polyethylene pots with a capacity of 6 dm<sup>-3</sup>. At 50 days after transplanting the basil seedlings, the growth evaluations were carried out. A significant effect on phytomass production was observed as a function of all nutrients tested, highlighting that basil plants are very demanding in N, which is the most requested element and with more variations in the estimated doses. The ideal maximum accumulation of N and P in basil leaves for full plant performance is 51 and 3.0 g kg<sup>-1</sup> respectively. The maximum P accumulation in basil plants when cultivated in Dystrophic Yellow Argisol was 7.9 g kg<sup>-1</sup>. And for the extraction of essential oils, samples of dry phytomass from the leaves (previously dehydrated at 45°C) were used, being carried out via hydrodistillation by steam drag in a Cleverger apparatus. Nitrogen fertilization at 75 mg dm<sup>-3</sup> promoted the highest essential oil yield and productivity in basil plants.

**Keywords:** fertilization, basil, liming, medicinal plants and secondary metabolites.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química na camada de 0-0,2 m de profundidade em Argissolo amarelo utilizado na produção de *O. basilicum*.

Tabela 2. Tratamentos utilizados, obtidos pela matriz baconiana com as respectivas doses dos nutrientes aplicados ao substrato de cultivo.

Tabela 3. Médias dos parâmetros avaliados para *O. basilicum*, em função da aplicação de doses crescentes de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K) e Enxofre (S) em mg dm<sup>-3</sup> e Calcio (Ca) e Magnésio (Mg) em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> aos 50 dias após a aplicação dos tratamentos.

Tabela 4. Estimativas geradas em razão da aplicação de doses crescentes de N, P, K e S em mg dm<sup>-3</sup> e Ca e Mg em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, das seguintes variáveis: altura (ALT), número de folhas (NF), massa seca de folhas (MSF) e massa seca de caule (MSC), em plantas de *O. basilicum* L.

Tabela 5. Estimativas geradas em razão da aplicação de doses crescentes de N, P, K e S em mg dm<sup>-3</sup> e Ca e Mg em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, das seguintes variáveis: massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da planta (MSP) e área foliar (AF), em plantas de *O. basilicum* L.

Tabela 6. . Caracterização química na camada de 0-0,2 m de profundidade em Argissolo amarelo utilizado na produção de *O. basilicum*.

Tabela 7. Tratamentos utilizados, obtidos pela matriz baconiana com as respectivas doses dos nutrientes aplicados ao substrato de cultivo.

Tabela 8. Estimativas geradas em razão da aplicação de doses crescentes de N , P, K e S em mg dm<sup>-3</sup> e Ca e Mg em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> das seguintes variáveis: N folha, N caule, N raiz e N total, em plantas de *Ocimum basilicum*. L.

Tabela 9. Estimativas geradas em razão da aplicação de doses crescentes de N, P, K e S em mg dm<sup>-3</sup> e Ca e Mg em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> das seguintes variáveis: P folha, P caule, P raiz e P total, em plantas de *Ocimum basilicum* L.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Teor de óleo essencial (%) de plantas de *Ocimum basilicum* L. cultivadas com macronutrientes em Argissolo amarelo distrófico. As barras representam o erro padrão em cada valor observado.

Figura 2. Rendimento de óleo essencial (%) de *Ocimum basilicum* L. cultivadas com macronutrientes. As barras representam o erro padrão em cada valor observado.

Figura 3. Produtividade de óleo essencial ( $L\ ha^{-1}$ ) de plantas de *Ocimum basilicum* L. cultivadas com macronutrientes em Argissolo amarelo distrófico.

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>%</b> - Porcentagem	<b>CTC(T)</b> - Capacidade de troca de cátions potencial
<b>(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b> - Sulfato de Amônio	<b>Cu</b> - Cobre
<b>AF</b> - Área foliar	<b>cv</b> - Cultivar
<b>AL</b> - Alumínio	<b>DE</b> - Dose Estimada
<b>ALT</b> - Altura	<b>DNA</b> - Ácido Desoxirribonucleico
<b>ATP</b> - Adenosina trifosfato	<b>DR</b> - Dose Referência
<b>B</b> - Boro	<b>dS m<sup>-1</sup></b> - Decisimems por metro linear
<b>BA</b> - Bahia	<b>EUA</b> - Estados Unidos da América
<b>BLU</b> - Base livre de Umidade	<b>FADH</b> - Dinucleótido de Flavina e Adenina
<b>Bt</b> - Horizonte B textural	<b>Fe</b> - Ferro
<b>C</b> - Carbono	<b>g</b> - Gramas
<b>Ca</b> - Cálcio	<b>g kg<sup>-1</sup></b> - gramas por Quilogramas
<b>CaCO<sub>3</sub></b> - Carbonato de Cálcio	<b>H</b> - Hidrogênio
<b>CG-EM</b> - Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas	<b>H+Al</b> - Acidez potencial
<b>CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O</b> - Ureia	<b>H<sub>2</sub>O</b> - Água
<b>Cl</b> - Cloro	<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b> - Peróxido de hidrogênio
<b>cm</b> - centímetros	<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b> - Ácido sulfúrico
<b>cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup></b> - Centimol de carga por decímetro cúbico	<b>IR</b> - Índice de Retenção
<b>CTC(t)</b> - Capacidade de Troca de Cátions efetiva	<b>K</b> - Potássio
	<b>KCl</b> - Cloreto de potássio
	<b>KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></b> - Fosfato de potássio

**KPa** - Kilopascal

**L** - Litro

**L ha<sup>-1</sup>** - Litros por hectare

**m** - Metro

**mm** - Milímetro

**mesh** - Malha

**Mg** - Magnésio

**mg dm<sup>-3</sup>** - miligrama por decímetro cúbico

**MgCO<sub>3</sub>** - Carbonato de Magnésio

**mL** - Mililitro

**Mn** - Manganês

**MO** - Matéria orgânica

**Mo** - Molibdênio

**MS** - Fitomassa vegetal

**MSC** - Fitomassa seca do caule

**MSF** - Fitomassa seca de folhas

**MSP** - Fitomassa seca da planta

**MSPA** - fitomassa seca da parte aérea

**MSR** - Fitomassa seca de raiz

**N** - Nitrogênio

**n** - Número de plantas por hectare

**NADHP** - Fosfato Dinucleótido de Nicotinamida e Adenina

**NF** - Número de Folhas

**Ni** - Níquel

**O** - Oxigênio

**°C** - Graus Celsius

**P** - Fósforo

**PA** - Parte aérea

**pH** - Potencial Hidrogeniônico

**Po** - Produtividade

**Prof.** - Profundidade

**R<sup>2</sup>** - Coeficiente de correlação

**RO** - Rendimento de Óleo

**S** - Enxofre

**SB** - Soma de bases

**T1** - Solo sem adubação

**T10** - 225 mg dm<sup>-3</sup> de K

**T11** - 300 mg dm<sup>-3</sup> de K

**T12** - 0,5 Cmolc dm<sup>-3</sup> de Ca

**T13** - 1,5 Cmolc dm<sup>-3</sup> de Ca

**T14** - 2,0 Cmolc dm<sup>-3</sup> de Ca

**T15** - 0,2 Cmolc dm<sup>-3</sup> de Mg

**T16** - 0,6 Cmolc dm<sup>-3</sup> de Mg

**T17** - 0,8 Cmolc dm<sup>-3</sup> de Mg

**T18** - 20 mg dm<sup>-3</sup> de S

**T19** - 60 mg dm<sup>-3</sup> de S

**T2** - Dose referência

**T20** - 80 mg dm<sup>-3</sup> de S

**T3** - 75 mg dm<sup>-3</sup> de N

**T4** - 225 mg dm<sup>-3</sup> de N

**T5** - 300 mg dm<sup>-3</sup> de N

**T6** - 30 mg dm<sup>-3</sup> de P

**T7** - 90 mg dm<sup>-3</sup> de P

**T8** - 120 mg dm<sup>-3</sup> de P

**T9** - 75 mg dm<sup>-3</sup> de K

**TO** - Teor de óleo

**U** - Umidade

**UEFS** - Universidade Estadual de Feira de Santana

**UFRB** - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

**μL** - Microlitro

**US\$** - Dólar

**V** - Saturação por bases

**VO** - Volume de Óleo Extraído

**Zn** - Zinco

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>17</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>19</b>
2.1. <i>Ocimum basilicum</i> L. ....	19
2.2. Óleo essencial de manjeriço .....	20
2.3. Argissolo amarelo distrófico .....	22
2.4. Macronutrientes .....	23
2.5. Macronutrientes x Óleo essencial .....	25
Referências .....	26
<b>CAPITULO 1 - MACRONUTRIENTES NO CULTIVO DE <i>Ocimum basilicum</i> L.</b>	
Resumo .....	35
Abstract .....	36
Introdução .....	37
Material e Métodos .....	38
Resultados e Discussão .....	41
Conclusões .....	47
Referências .....	47
<b>CAPITULO 2 - TEORES DE NITROGÊNIO E FÓSFORO E PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Ocimum basilicum</i> L. CULTIVADO COM MACRONUTRIENTES</b>	
Resumo .....	51
Abstract .....	52
Introdução .....	52
Material e Métodos .....	55
Resultados e Discussão .....	59
Conclusões .....	68
Referências .....	68
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>73</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

As plantas medicinais e aromáticas têm despertado interesse econômico devido à crescente demanda por seus produtos. Dentre as espécies em destaque tem se o manjeriço (*Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae), consumido em diversos países podendo ser utilizado na culinária, indústria farmacêutica e perfumaria ( MALEKPOOR et al., 2016; TARCHOUNE et al., 2012).

Apesar de ser considerada uma planta de clima temperado a temperado quente, essa espécie adaptou-se bem ao clima tropical, sendo cultivada em todo o Brasil em jardins e hortas domésticas principalmente, tornando-se uma opção interessante na geração de renda para os pequenos agricultores (MARTINS et al., 2010; MAY et al., 2008). O manjeriço tem nas suas folhas como o principal interesse do mercado consumidor, podendo ser comercializadas secas ou “in-natura”, e por apresentar grande significância na composição do seu óleo essencial, essa planta apresenta-se como fitoterápica, sendo utilizada no combate a tosse, dor de cabeça, infecções intestinais etc. (AHMED et al., 2014; PADALIA et al., 2017).

O óleo essencial de *O. basilicum* L. é produto do metabolismo secundário e apresenta-se através dos seus compostos como estratégia adaptativa à sobrevivência e perpetuação da espécie (LEE et al., 2005). A quantidade e composição desse material está relacionada com respostas dos genótipos às situações de estresse em seus estádios fenológicos e por alterações no ambiente (SANGWAN et al., 2001). Comumente esses óleos ficam armazenados em diversas estruturas da planta como tricomas e canais oleíferos (SIMÕES; SPITZER, 2000), sendo ricos em compostos fenólicos e aromáticos e, muito utilizados como repelentes, nematicidas, agentes antibacterianos, antifúngicos e antioxidantes (TAIZ et al., 2017).

Diversos trabalhos científicos comprovam que a variação entre as substâncias encontradas no óleo também varia de acordo com os genótipos de manjeriço cultivados (REZAEI et al., 2021; MARTINO et al., 2021; GUARAV et al., 2020). Variedades estudadas na Austrália apresentam como constituintes principais o metil chavicol e linalol (LACHOWICZ et al., 1996), na Índia a maioria das espécies são ricas em metil chavicol, (SARAN et al., 2017) e no Brasil o componente de destaque é tem sido o linalol (BLANK et al., 2007; VELOSO et al., 2014).

No entanto, sabe-se que a produção dos óleos essenciais e o crescimento vegetal não são exclusivamente dependentes do potencial genético das espécies, mas também de diversos

fatores do ambiente de cultivo que podem comprometer o desempenho da planta, dentre eles podemos citar: umidade, relevo, luminosidade, irrigação, tipo e fertilidade do solo (TAIZ et al., 2017).

Dentre os solos predominantes no Nordeste brasileiro tem-se os Argissolos, que se caracterizam como bastante intemperizados, com nítida diferenciação entre seus horizontes, apresentando cor mais forte (amarela, brunada ou avermelhada), além de profundos e normalmente de baixa fertilidade (alta saturação por alumínio, baixa capacidade de troca de cátions e pH ácido) (LIMA NETO et al., 2009). Essa ordem de solo se apresenta como a segunda mais abundante em todo território nacional (EMBRAPA, 2018), dessa forma o seu manejo racional torna-se indispensável para potencializar a produção das espécies de interesse.

O estado nutricional das plantas é extremamente importante, pois tem relação direta com sua produção, entretanto, o manejo das adubações é negligenciado, muitas vezes, nos cultivos das espécies medicinais, favorecendo assim a escassez de resultados quanto às suas exigências nutricionais. Dessa forma, a necessidade de adubação é evidenciada visto que nem sempre o solo é capaz de fornecer os nutrientes essenciais ao crescimento e desenvolvimento vegetal (ELMER; DATNOFF, 2014). Segundo Gonçalves et al. (2000), as demandas nutricionais de cada espécie inferem nas características e quantidades dos adubos a serem recomendados.

Diante disso, esta pesquisa tem por objetivo avaliar o desempenho do manjeriço (cv. Folha Larga) no crescimento, diagnose nutricional e produção de óleo essencial, cultivado com macronutrientes em Argissolo amarelo distrófico. Este trabalho é inédito e fornecerá informações relevantes quanto ao manejo nutricional do *O. basilicum* L. Os estudos foram realizados e se encontram aqui estruturados em dois capítulos; o primeiro apresenta o crescimento e rendimento de fitomassa; o segundo trata dos teores de nitrogênio e fósforo, além da produtividade de óleo essencial na planta.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. *Ocimum basilicum* L.

O gênero *Ocimum* é considerado um dos maiores da família Lamiaceae e compreende mais de 3.200 espécies (BLANCK et al., 2010). Dentre elas temos: *O. tenuiflorum* L., *O. gratissimum* L., *O. americanum* L., *O. basilicum* L., entre outros; essas são popularmente conhecidas por apresentarem várias propriedades medicinais (GUPTA, 2005; LABRA et al., 2004; PADALIA; VERMA, 2011; PRAKASH; VINA; MURILLO, 2003). Entre as espécies e variedades do gênero, o manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) apresenta-se como a mais importante destacando-se pela sua importância cultural e comercial, sendo utilizadas como fitoterápico e fornecedora de óleo aromático.

Originário do Sudoeste Asiático e da África Central, o manjeriço é classificado como uma planta herbácea, com altura variando entre 0,30 e 1,00 m, caule lenhoso ou sublenhoso, dependendo da variedade pode existir uma variação na coloração das suas flores, podendo ser brancas, róseas ou lilás, com comprimento médio de 1,0 cm e apresentando de 6 a 100 flores na inflorescência, com pólen alaranjado (FLORA DO BRASIL, 2020; LORENZI; MATOS, 2008). Sua flor é hermafrodita, mas através da ação de insetos pode haver a polinização cruzada entre espécies e variedades diferentes, provocando assim a hibridação. Além disso possui folhas ovaladas ou elípticas simples, membranáceas, com nervuras salientes e margens onduladas, com coloração verde a verde clara (MINAMI et al., 2007). Seu fruto é classificado como sendo tetraquênio, com sementes oblongas, pretas azuladas e pequenas. Em média, há cerca de 800 sementes aproximadamente. Também é notório uma raiz primária, relativamente delgada, hialina, vilosa com pelos grandes, hialinos e finos (ALBUQUERQUE; ANDRADE, 1988). Sua propagação pode ser feita tanto via sexuada quanto assexuada, sendo uma cultura de ciclo anual. Com as maiores demandas nutricionais nos estádios vegetativos e reprodutivos. (ALMEIDA, 2006).

O manjeriço adaptou-se muito bem ao clima tropical, apesar de ser considerada uma espécie de clima temperado a temperado-quente, sendo cultivado em todo Brasil, podendo realizar-se vários cortes ao longo do ano (BLANK et al., 2007). Apesar de cultivado em todo país, existem ambientes mais favoráveis. Não tolera baixas temperaturas nem geadas e sua temperatura ótima de crescimento varia entre 15 a 25°C (ALMEIDA, 2006; LORENZI; MATOS, 2008; SOBTI; PUSHGANDAN, 1982).

Por ser uma planta aromática e condimentar o manjeriço tem despertado grande interesse econômico, tanto na venda direta em feiras livres, quanto associado a produtos fármacos e cosméticos. Pode ser utilizado na culinária, por apresentar um sabor diferenciado em função da sua folhagem, assim como na medicina, por apresentar-se como fitoterápico no tratamento de tosses, diarreias, dores de cabeça, etc. Com isso, é destacada a importância da sua produção, principalmente, para indústria de óleos essenciais (HOLM, 1999; LORENZI; MATOS, 2008; VIEIRA; SIMON, 2000).

## 2.2. Óleo essencial de manjeriço

Os óleos essenciais proporcionam aroma às plantas e são definidos como compostos aromáticos e voláteis, de origem vegetal, obtidos por procedimentos específicos de extração (ALVES et al., 2015). Sendo, na maioria das vezes, constituídos por moléculas de natureza terpênica, os óleos essenciais geralmente são produzidos, armazenados e liberados em estruturas especializadas como tricomas glandulares, idioblastos, canais oleíferos ou em bolsas de lisígenas (BRASIL, 2006; MIRANDA et al., 2016). Os óleos essenciais são compostos provenientes do metabolismo secundário, oriundos por rotas específicas, sendo elas a do ácido cinâmico, mevalonato, acetato e dos aminoácidos, além daqueles de origem mista, ou seja, originados por mais de uma rota (CASTRO et al., 2004; MCCANCE et al., 2016).

A produção mundial de óleos essenciais está em torno de 45.000 t, avaliadas em U\$ 700 milhões. Estima-se que a produção brasileira destes óleos corresponda a 13,5% da produção mundial, em toneladas (ROCHA, 2002).

Óleos voláteis desempenham diversas funções biológicas na planta, tais como a defesa contra o ataque de predadores e patógenos, atração de polinizadores, inibição da germinação, proteção contra a perda de água e controle da temperatura foliar (GUARAV et al., 2021). São caracterizados por ser a expressão da adaptação do organismo às condições de estresse (TAIZ et al., 2017). O óleo essencial de *Ocimum basilicum* apresenta como constituintes majoritários o linalol (40,5 a 48,2%) e o metil chavicol (28,9 a 31,9%) (BARBALHO et al., 2012), entretanto, a depender das condições de cultivo, outros compostos também podem ser encontrados em concentrações significativas, sendo eles o estragol, cinamato de metilo, eugenol, 1,8-cineol, canfora e metil cinamato (LEE et al., 2005; SAJJADI, 2006). Estudando o teor de óleo essencial em dois genótipos de manjeriço cultivados com cama de frango, Luz et

al., (2009) observaram que o linalol e o geraniol foram os compostos majoritários, tanto na massa fresca quanto na seca.

Quanto a sua constituição é notória a identificados 39 constituintes do óleo essencial no manjeriço. Altos teores de eugenol (37-39%) e 1,8-cineol (18-21%) foram obtidos no óleo de *Ocimum selloie* Benth, altos teores de metil chavicol (46-63%) e linalol (24-33%) foram encontrados no óleo essencial de *O. canum* Sims naturais da Bahia (NASCIMENTO et al., 2011).

Como a composição desses óleos possui relação direta com fatores bióticos e abióticos aos quais a planta está condicionada, é perceptível que naturalmente as concentrações de cada composto encontrado pode variar significativamente com o ambiente de cultivo. Em estudos com 55 genótipos de *Ocimum* sp. ricos em linalol no estado de Sergipe, Blank et al., (2004) observaram valores de 81,4% de linalol para a cultivar NSL 6421 e 77,04% para a “Fino verde”.

O linalol é considerado uma das substâncias mais importantes na indústria farmacêutica e de cosméticos, sendo utilizado como fixador de fragrâncias. Aproximadamente 70% dos compostos produzidos por essas indústrias contém esse componente em sua formulação (ROSA et al., 2003). Também é utilizado na medicina popular como anti-inflamatório, analgésico, hipotensores, vaso relaxante, antinociceptivo e na atividade antimicrobiana. Esse monoterpeneo naturalmente é encontrado na forma de estereoisômeros 3R-(-) -Linalol e 3S-(+) -Linalol, que tem odores distintos, com diferentes propriedades químicas e efeitos biológicos (HELDWEIN et al., 2003). Dessa forma, esse composto, quando aplicado em órgãos e tecidos especializados, apresenta função terapêutica em diversas enfermidades, apresentando destaque por ser forte aliado no sistema cardiovascular, no controle da pressão arterial e da dor, seja ela crônica, antiinflamatória ou neuropática, assim como na terapia anticâncer em que diversos estudos já têm demonstrado seu potencial (ALVES et al. 2015; GURAV, 2021; CAMARGO; VASCONCELOS, 2014).

Devido a importância desse óleo essencial e o valor agregado ao produto que contenha seus constituintes, é bastante relevante investigar sobre as condições que potencializam a produção desses compostos, sendo esta atrelada ao ambiente de cultivo e sua exposição aos mais variados estresses, como deficiência hídrica, salinidade, tipo de solo, desbalanço nutricional, entre outros. Destaca-se que esses fatores podem atuar em conjunto e o produto gerado pode variar de acordo com o genótipo, estágio de desenvolvimento vegetal e, intensidade e duração do estresse (JESUS et al., 2016; ALVES et al., 2015).

Estudando o teor de óleo essencial, de manjeriço em diferentes horários de colheita, Alcântara et al., (2018) observaram que as maiores concentrações foram encontradas às 14 e 21 horas para as cultivares Alfavaca Basilicão e Toscano Folha de Alface, respectivamente. Yokota et al., (2015) ao estudarem a aplicação da adubação foliar de um organo-mineral na produção de óleo essencial de manjeriço, observaram que a nutrição dessa cultura favoreceu, significativamente, tanto a produção de massa de matéria seca, mais de uma tonelada por hectare, quanto o rendimento de óleo essencial, chegando à aproximadamente 6 L ha<sup>-1</sup>.

### **2.3. Argissolo**

Os Argissolos representam a segunda ordem de solo de maior ocorrência no território brasileiro, ocupando uma área aproximada de 2.281.135 km<sup>2</sup>, e sendo predominantes no Nordeste assim como os Latossolos (EMBRAPA, 2006). São caracterizados por serem constituídos de material mineral, com a presença do horizonte B textural (Bt) de argila de alta ou baixa atividade, conjugada a baixa saturação por bases e alto caráter álico (OLIVEIRA, 2011). Esse horizonte encontra-se logo abaixo de qualquer outro horizonte superficial, exceto o hístico. Apresenta mudança clara, abrupta ou gradual entre esses horizontes, os minerais predominantes são argilas de baixa atividade (caulinita) e/ou óxidos (EMBRAPA, 2018). Também apresentam profundidades variáveis, desde forte a mal drenados e coloração avermelhadas ou amareladas, ocasionalmente brunadas ou acinzentadas (KER et al., 2012).

As características apresentadas para distinção dos níveis categóricos resultam diretamente dos processos de gênese do solo ou que afetam diretamente sua gênese. Então, o primeiro nível determina as ordens de solo, sendo destacados pela presença ou ausência de determinados atributos, horizontes diagnósticos ou propriedades. Já o segundo nível categórico é classificado as subordens, sua determinação evidencia a atuação dos processos de formação do solo que agiram conjuntamente ou interferiram nos processos dominantes. Os Argissolos Amarelos são solos com matiz 7,5YR ou mais amarelo na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) que não se enquadram nas demais classes (EMBRAPA, 2018).

Essas características influenciam diretamente no manejo desses solos, pois o aumento de argila no horizonte Bt aliado ao relevo podem intensificar os processos erosivos por reduzir a infiltração de água ao longo do perfil (OLIVEIRA, 2011). Segundo Vale Júnior & Schaefer (2010) a menor percolação de água nesse horizonte favorece a maior enxurrada, em virtude da lâmina d'água presente na superfície.

Os Argissolos no Nordeste brasileiro são normalmente caracterizados por serem profundos (com alto grau de intemperismo), distróficos (baixo percentual de saturação por bases), ácidos (alta atividade de Hidrogênio e Alumínio) e coesos (adensados e com grande densidade)(IBGE, 2007). Diversos autores têm estudado essa ordem de solo no Estado da Bahia, tendo como foco potencializar a produtividade das plantas cultivadas a exemplo do *O. basilicum*, superando a camada coesa e a baixa fertilidade natural (MOREAU et al., 2006; SANTANA et al., 2006; SILVA JÚNIOR et al., 2012; SILVEIRA et al., 2010;).

#### **2.4. Macronutrientes**

A nutrição mineral de plantas é o campo de estudo que se caracteriza em evidenciar como as plantas obtêm e utilizam os nutrientes minerais, sendo a cada dia muito importante aprimorar as modernas práticas agrícolas visando potencializar a produtividade e reduzir a susceptibilidade das plantas ao ataque de patógenos (FERNANDES et al., 2018).

Sabe-se que existe uma crescente demanda por alimentos, dessa forma, aumentou significativamente o consumo mundial dos principais minerais utilizados em fertilizantes, tanto que em 1990 foi registrado 143 milhões de toneladas métricas(ELMER & DATNOFF, 2014). Atualmente têm-se objetivado a utilização mais criteriosa desses nutrientes justificando-se pela otimização dos custos, entretanto o consumo anual aumentou nos últimos anos, sendo registrado valores de 180 milhões de toneladas (ELMER & DATNOFF, 2014; TAIZ et al., 2017).

Dezessete elementos são considerados essenciais às plantas, sendo eles: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn) (NOVAIS et al., 2007). Os nove primeiros elementos são classificados como macronutrientes, enquanto os demais são os micronutrientes, e essa distinção foi estabelecida de acordo com as quantidades de cada nutriente exigida pelas plantas (FERNANDES et al., 2018). Aqueles requeridos em maiores quantidades (Macronutrientes) apresentam-se com valores da ordem de  $\text{g kg}^{-1}$  de matéria seca da planta, enquanto aqueles absorvidos em menores quantidades (Micronutrientes) são observados em  $\text{mg kg}^{-1}$  de matéria seca (TAIZ et al., 2017).

A essencialidade dos elementos químicos foi estabelecida por Arnon & Stout (1939) através de cultivos hidropônicos, a partir dos estudos estabeleceram três critérios para que um

elemento seja classificado como essencial: 1º A sua deficiência impede que a planta complete seu ciclo vital; 2º Ele não pode ser substituído por outro elemento, mesmo com propriedades similares e; 3º Ele deve participar diretamente do metabolismo vegetal (NOVAIS et al., 2007; TAIZ et al., 2017).

Dessa forma, cada elemento desempenha funções específicas na atividade metabólica das plantas. O N é constituinte de aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, nucleotídeos, coenzimas, hexosaminas, das clorofilas, etc., e juntamente com o S, (que é componente da cisteína, cistina e coenzima A), são nutrientes que fazem parte de compostos de carbono (FERREIRA et al., 2016).

Também há outro grupo com elementos importantes no armazenamento de energia ou na integridade estrutural, dentre eles destaca-se o P, que é componente de açúcares-fosfato, ácidos nucleicos, coenzimas e fosfolipídios, além de ter papel fundamental nas reações que envolvem ATP (adenosina trifosfato) (PEIXOTO, 2018). Os demais macronutrientes compõem o grupo daqueles que permanecem na forma iônica, sendo importantíssimos na regulação de potenciais osmóticos, no controle da permeabilidade de membranas e por serem cofatores enzimáticos (KERBAUY, 2008). Dentre eles tem-se o K, que é requerido como cofator de mais de 40 enzimas, além disso, é o principal cátion na manutenção do turgor celular e da sua eletroneutralidade. Já o Ca apresenta-se como constituinte da lamela média das paredes celulares, atuando também na hidrólise de ATP e fosfolipídios, enquanto o Mg é requerido por muitas enzimas envolvidas na transferência de fosfatos, está presente na molécula de clorofila (ELMER; DATNOFF, 2014; TAIZ et al. 2017).

Segundo Mapeli et al., (2005) os conhecimentos da nutrição mineral favorecem a manutenção do equilíbrio nutricional, evitando deficiência ou excesso de nutrientes e, conseqüentemente, aumentando a produção de fitomassa, a quantidade e composição de princípios ativos nos extratos vegetais.

E além disso, monitorar o estado nutricional das plantas permite aos produtores e profissionais, atenuar problemas por deficiência ou toxidez, além de reduzir custos com adubações. Dessa forma a diagnose nutricional caracteriza-se como uma ferramenta indispensável, pois permite possível fazer correções no programa de adubação (FERNANDES et al. 2018).

## 2.5 Macronutrientes X Óleo essencial

É importante destacar que apesar da relevância de todos os nutrientes no metabolismo da planta, alguns apresentam destaque em relação a síntese do linalol, como o N, P e S. Por ser um terpeno, esse composto é sintetizado a partir de metabólitos primários. Sendo por duas rotas, a primeira, do ácido mevalônico e a outra sendo a do metileritritol fosfato (TAIZ et al. 2017).

A produção de óleo essencial tem grande variação entre espécies de plantas medicinais, podendo compor de 0,05% a 10% do peso total da planta (TRENTINI; TESKE, 2001). Além da espécie, demais fatores como, estágio fenológico, condições ambientais, parte da planta coletada, fertilidade do solo onde se desenvolve o vegetal, podem influenciar a produção e composição do óleo essencial, podendo ocorrer modificações na quantidade e/ou qualidade dos mesmos, extraídos de uma mesma espécie de planta (TEIXEIRA; TEUSCHER, 1990).

Muitos estudos tem sido realizado na tentativa de avaliar a relação das adubações orgânicas e minerais com a produção de óleos essenciais de manjeriço. Avaliando o efeito da adubação orgânica e mineral de chambá, Bezerra et al., 2006, utilizaram seis diferentes tratamentos (0; 10; 20; 30; 40 e 50 t ha<sup>-1</sup>) de esterco bovino combinados com NPK na dosagem (0-0-0; 40-200-120; 80-400-240), verificando que adubações orgânicas e minerais não influenciaram o crescimento e a produção de biomassa da planta, e o rendimento do óleo diminuiu quando foram aumentada as doses de adubos.

Alguns estudos com *O. basilicum* foram observados que à aplicação de adubo nitrogenado aumenta consideravelmente o rendimento de massa fresca, embora este efeito não se correlacione positivamente no aumento no teor de óleo essencial (DEY, CHOUDHURI, 1984; SILVA et al., 2001; MATOS et al., 2016).

Além disso, existe alguns estudos sobre qual é o melhor estágio fenológico para colheita das folhas de manjeriço, visando a máxima extração do seu óleo essencial. Vieira e Simon (2000), coletaram e caracterizaram quimicamente 14 acessos de *O. americanum*, *O. basilicum*, *O. campechianum*, *O. gratissimum* e *O. selloi* Benth. Os acessos de manjeriço foram cultivados, e colhidos em pleno florescimento, e a extração dos óleos essenciais destes materiais, foi realizada por hidrodestilação em Aparelho tipo Clevenger. Os rendimentos (em base seca) obtidos variaram de 0,3 a 3,6%, sendo que o *O. gratissimum* mostrou alto percentual de eugenol (40%–66%) e timol (31%), o *O. campechianum* revelou alto teor de 1,8-cineol

(62%) e  $\beta$ -cariofileno (78,7%). Para o *O. basilicum* foram encontrados os seguintes constituintes: 1,8-cineol (22%), linalol (49,7%), metil chavicol (47%) ou cinamato de metila (65,5%) e o *O. americanum* apresentou alto teor de metila (>90%), enquanto que para o *O. selloi* revelou-se como principal constituinte metil chavicol ( $\pm$ 40%).

## REFERÊNCIAS

- AHMED, E. A. et al. Evaluation of rhizobacteria of some medicinal plants for plant growth promotion and biological control. **Ann. Agricultural Science**, v. 59, n. 2, p. 273–280, 2014.
- ALBUQUERQUE U. P.; ANDRADE, L. H. C. El gênero *Ocimum L.* (Lamiaceae) en el nordeste del Brasil. **Anales Jardín Botánico de Madrid**, v.56, n.1, p.43-64, 1998.
- ALCANTARA, F. D. O. et al. Teor e fitoquímica de óleo essencial de manjeriço em diferentes horários de colheita. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 4, p. 1-6, 2018.
- ALMEIDA, D. **Manual de culturas hortícolas**. Lisboa: Presença, 2006. 360p.
- ALVES, L. S. et al. Teor, rendimento e composição química do óleo essencial de plantas de manjeriço submetidas ao estresse salino com NaCl. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 807-813, 2015.
- BARBALHO, S. M. et al. Sweet basil (*Ocimum basilicum*): Much more than a condiment. **Tang [humanitas Medicine]**, v 2, n.1, p.3.1-3.5, 2012.
- BEZERRA, A. M. E. et al. Rendimento de biomassa, óleo essencial, teores de fósforo e potássio de chambá em resposta à adubação orgânica e mineral. **Ciência Agronômica**, v.37, n.2, p.124-129, 2006.
- BLANK, A. F. et al. Caracterização morfológica e agronômica de acessos de manjeriço e alfavaca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n.1, p. 113-116, 2004.
- BLANK, A. F. et al. Novas cultivares Maria Bonita: cultivar de manjeriço tipo linalol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1811-1813, 2007.
- BLANK, A. F. et al. Comportamento fenotípico e genotípico de populações de manjeriço. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.305-310, 2010.

- BRASIL. Plantas medicinais e orientações gerais para cultivo: Boas práticas de plantas medicinais, aromáticas e condimentares. Brasília: **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. 2006, 48p.
- CAMARGO, S. B.; VASCONCELOS, D. F. S. A. Atividades biológicas do Linalol: conceitos atuais e possibilidades futuras deste monoterpene. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, Salvador, v.13, n.3, especial, p. 381-387, 2014.
- CASTRO, H. G. et al. **Contribuição ao estudo das plantas medicinais: metabólitos secundários**. 2. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2004, 113 p.
- DEY, B.B. et al. Effect of application of NPK on the growth and yield o essential oil and eugenolín *Ocimum sanctum* L. **Pafai-Journal**, v.6, n.1, p.20-24, 1984.
- ELMER, W. H.; DATNOFF, L. E. Mineral Nutrition and Suppression of Plant Disease. **Encyclopedia of Agriculture and Food Systems**, p. 231–244, 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2018. 356p.
- FERNANDES, M. S. et al., **Nutrição mineral de plantas**, 2018, 670p.
- FERREIRA, S. D. et al. Efeito da adubação nitrogenada e da sazonalidade na produtividade de *Ocimum basilicum* L. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.18 n.1, p. 67–73, 2016.
- Flora do Brasil 2020 em construção. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>.
- GURAV, T. P. et al. A glance at the chemodiversity of *Ocimum* species: Trends, implications, and strategies for the quality and yield improvement of essential oil. **Phytochem Rev**, 2021.
- GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.309-350

- HELDWEIN, C. G. et al. S-(+)-Linalool from *Lippia alba*: sedative and anesthetic for silver catfish (*Rhamdia quelen*). **Vet Anaesth Analg**, Oxford, v. 41, n. 6, p. 621-629, 2014.
- HOLM, Y. Bioactivity of basil. In Hiltunen, R.; Holm, Y. (ed.). Basil: The genus *Ocimum*. Amsterdam: **Harwood Academic Publishers**, v. 10, p. 113-135, 1999.
- IBGE, **Manual técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro, 2007. 316p.
- JESUS, D. S. et al. Growth and volatile compounds of *Martianthus leucocephalus* exposed to heavy metal stress. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 12, p. 2110-2117, 2016.
- KER, J. C. et al. **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa, 2012. 343p.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2008. 431p.
- LABRA, M. et al. Morphological characterization, essential oil composition and DNA genotyping of *Ocimum basilicum* L. cultivars. **Plant Science**, Limerick, v. 167, n. 4, p. 725-731, 2004.
- LACHOWICZ, K. J. et al. Characteristics of essential oil from basil (*Ocimum basilicum* L.) grown in Australia. **Journal Agriculture Food Chem.** v. 44, p. 877–881, 1996.
- LEE, S. J. et al. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. **Food Chemistry**, London, v.9, n.1, p. 131-137, 2005.
- LIMA NETO, J. A. et al. Caracterização e Gênese do caráter coeso em latossolos amarelos e argissolos dos tabuleiros costeiros do estado de alagoas. **Revista Brasileira de ciência do solo**, v. 33, p. 1001- 1011, 2009.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas. **Nova Odessa: Instituto Plantarum**, 2008, 544p.
- LUZ, J. M. Q. et al. Teor, rendimento e composição química do óleo essencial de manjerição sob doses de cama de frango. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v.27, n.3, p. 349-353, 2009.
- MALEKPOOR, F. et al. Effect of foliar application of chitosan on morphological and physiological characteristics of basil under reduced irrigation. **Indian Journals**, v.17, p. 354–359, 2016.

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

MARTINO, L. et al., Variations in composition and bioactivity of *Ocimum basilicum* cv ‘Aroma 2’ essential oils. **Industrial Crops and Products**, v.172, 2021.

MARTINS, A. G. L. A. et al. Atividade antibacteriana do óleo essencial do manjeriço frente a sorogrupos de *Escherichia coli* enteropatogênica isolados de alfaces. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1791–1796, 2010.

MAY, A. et al. Basil plants growth and essential oil yield in a production system with successive cuts. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.385-389, 2008.

MCCANCE, K. R. et al. Influence of plant maturity on anthocyanin concentrations, phenolic composition, and antioxidant properties of 3 purple basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 53, p. 30-39, 2016.

MINAMI, K. et al. A cultura do manjeriço. **Série produtor rural nº 36**. Piracicaba: ESALQ- Divisão de biblioteca e documentação, 2007, 25 p.

MIRANDA, C. A. S. F. et al. Óleos essenciais de folhas de diversas espécies: propriedades antioxidantes e antibacterianas no crescimento espécies patogênicas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 213-220, 2016.

MOREAU, A. M. S. S. et al. Caracterização de solos de duas topossequências em tabuleiros costeiros do Sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, 30, 2006, pag. 1007-1019.

NASCIMENTO, J. C. et al. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Ocimum canum* Sims. And *Ocimum selloi* Benth. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.83, n.3, p.787-799, 2011.

NOVAES, R. F. et al. **Fertilidade do solo**, 2007, 1017p.

OLIVEIRA, J. B., **Pedologia aplicada**. 4 ed. 592p. Piracicaba, 2011.

PADALIA, R. C. et al. Productivity and essential oil quality assessment of promising accessions of *Ocimum basilicum* L. from north India. **Industrial Crops and Products**, v. 97, p. 79–86, 2017.

- PADALIA, R. C.; VERMA, R.S. Comparative volatile oil composition of four *Ocimum species* from northern India. **Natural Product Research**, London, v.25, n.6, p.569-575, 2011.
- PEIXOTO, C. P. **Princípios de Fisiologia Vegetal: teoria e prática**. 1ed. Rio de Janeiro, 2018.
- PRAKASH, P.; GUPTA, N. Review article therapeutic uses of *Ocimum sanctum linn* (tulsi) with a note on eugenol and its pharmacological actions: a short review. **Indian Journal of Physiology and Pharmacology**, New Delhi, v.49, n.2, p.125-131, 2005.
- REZAEI, C. et al., Vermicompost Application in Different Intercropping Patterns Improves the Mineral Nutrient Uptake and Essential Oil Compositions of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.21, p. 450–466, 2021
- ROCHA, R. P. **Avaliação do processo de secagem e produção de óleo essencial de guaco**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 57 p. 2002.
- ROSA, M. do S. S. et al. Antileishmanial Activity of a Linalool-Rich Essential Oil from Croton cajucara. **Antimicrobial Agents Chemotherapy**, Washington, v. 47, n. 6, p. 1895-1901, 2003.
- SAJJADI, S. E. Analysis of the essential oil of two cultivated basil (*Ocimum basilicum* L.) from Iran. **Daru**, Iran v. 14, n.3, p. 128-130, 2006.
- SANGWAN, N. S. et al. Regulation of essential oil production in plants. **Plant Growth Regulation**, v. 34, p. 3–21, 2001.
- SANTANA, M. B. et al. Atributos físicos do solo e distribuição do sistema radicular de citros como indicadores de horizontes coesos em dois solos de tabuleiros costeiros do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 30, p.1-12, 2006.
- SARAN, P. L. et al. Chemotypic characterization and development of morphological markers in *Ocimum basilicum* L. germplasm. **Scientia Horticulturae**, v. 215, p. 164–171, 2017.
- SILVA JÚNIOR, F. A. et al. Atributos químicos de argissolo submetido a diferentes usos no sul da Bahia. **Enciclopédia Biosfera**. v. 8, n. 15, p. 224-236, 2012.
- SILVA, P.A. et al. Efeito da adubação mineral e orgânica e do horário de colheita em manjerição doce. **Horticultura Brasileira**. V.19, suplemento, 2001.

SILVEIRA, D. C. et al. Relação umidade versus resistência à penetração para um argissolo amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, vol. 34, p. 659-667, 2010.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre: Ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 394–412, 2000.

SOBTI, S.; PUSHANGADAN, P. Studies in the genus *Ocimum*: cytogenetics, breeding and production of new strains of economic importance. In: ATAL, C. K.; KAPUR, B. M. (Ed.). **Cultivation and utilization of aromatic plants**. New Delhi: Kalayani Publ., p. 457- 472, 1982.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Artmed, Porto Alegre, 2017.

TARCHOUNE, I. et al. Essential oil and volatile emissions of basil (*Ocimum basilicum*) leaves exposed to NaCl or Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> salinity. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.176, n.5, p.748-755, 2013.

TEIXEIRA, M. C. L.; TEUSCHER, E. **Pharmazeutische biologie**. Braunschweig: Vieweg, 1990.

TRENTINI, A. M.M.; TESKE, M. **Herbarium compêndio de fitoterapia**, 4 ed. Curitiba: Herbarium: Laboratório de Botânica, 2001.

VALE JÚNIOR, J. F. **Solos sob savanas de Roraima: gêneses, classificação e relações ambientais**. Boa Vista: Grafica Ioris, 219p. 2010.

VIEIRA, R. F. et al. Chemical characterization of basil (*Ocimum spp.*) found in the markets and used in traditional medicine in Brazil. **Economic botany**, Kentucky v. 54, n. 2, p. 207-216, 2000.

VELOSO, R. A. et al. Teor e composição do óleo essencial de quatro acessos e duas cultivares de manjeriço (*Ocimum basilicum L.*). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais** v. 16, n. 2, p. 364–371, 2014.

VINA, A.; MURILLO, E. Essential oil composition from twelve varieties of basil (*Ocimum spp.*) grown in Colombia. **Journal of the Brazilian Chemical society**, São Paulo, V. 14, n.5, p.744-749, 2003.

YOKOTA, A, L. H. T. et al. Adubação foliar no desenvolvimento e produção de óleo essencial de manjeriço. **Revista Brasileira de plantas medicinais**. Campinas, v.17, n.4, supl.II, p.975-979, 2015.

## **CAPÍTULO 1**

### **MACRONUTRIENTES NO CULTIVO DE *Ocimum basilicum* L.**



## Macronutrient fertilizers on basil growth and yield

Janderson do Carmo Lima<sup>1\*</sup>, Marilza Neves do Nascimento<sup>2</sup>,  
Uasley Caldas de Oliveira<sup>2</sup>, Anacleto Ranulfo dos Santos<sup>2</sup>, Alinsmário Leite da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>State University of Feira de Santana, Feira de Santana, Brazil  
<sup>2</sup>Federal University of Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Brazil  
\*Corresponding author, e-mail: [janderson\\_ufsb@yahoo.com.br](mailto:janderson_ufsb@yahoo.com.br)

### Abstract

The objective of this work was to determine the macronutrient doses that allow the highest phytomass yield and growth of basil plants. The experiment was carried out in the experimental area of the Federal University of Recôncavo da Bahia, in Cruz das Almas, BA, in a greenhouse. The treatments were obtained according to the Baconian matrix statistical arrangement, in which one of the nutrients is supplied in variable amounts, while the others are kept at a referential level. Six nutrients (nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) and sulfur (S)) were evaluated in three different doses, and two additional treatments, one with reference doses and another without nutrient addition, totaling 20 treatments that were arranged in a completely randomized design with five replications, totaling 100 experimental units. At 50 days after treatment distribution, the growth parameters were evaluated: Plant height, number of leaves, leaf dry mass, stem, root and leaf area. It was observed that the highest leaf dry mass accumulation was estimated with the dose of 250 mg dm<sup>2</sup> of N giving an average of 8.01g per plant, being significantly higher when compared to all other tested elements, this parameter is extremely relevant because the leaves are characterized as the main product of this species. Phosphorus doses allowed significant results in height and leaf area, whereas K favored higher leaf emission. Positive responses were verified for nutrients Ca, Mg and S in all parameters tested at levels above those tested as reference.

**Keywords:** *Ocimum basilicum* L., medicinal plants, soil fertility

<sup>1</sup>“Macronutrient fertilizers on Basil growth and yield”. Parte deste capítulo foi publicado na revista *Comunicata Scientiae*; vol. 11, 2020

<https://comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/3200>

DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v11i0.3200>

## **Adubações com macronutrientes no crescimento e rendimento de *Ocimum basilicum* L.**

Janderson do Carmo Lima<sup>1</sup>, Marilza Neves do Nascimento<sup>2</sup>, Uasley Caldas de Oliveira<sup>1</sup>,  
Anacleto Ranulfo dos Santos<sup>3</sup>, Alismário Leite da Silva<sup>4</sup>

- 1- Doutorando em Recursos Genéticos Vegetais pela Universidade Estadual de Feira de Santana.
- 2- Professora Titular da Universidade Estadual de Feira de Santana.
- 3- Professor Titular da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.
- 4- Mestrando em Recursos Genéticos Vegetais pela Universidade Estadual de Feira de Santana.

### **Resumo:**

O objetivo deste trabalho foi determinar as doses de macronutrientes que possibilitem o maior rendimento de fitomassa e crescimento de plantas de *O. basilicum*. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no município de Cruz das Almas, BA, em casa de vegetação. Os tratamentos foram obtidos segundo o arranjo estatístico matriz baconiana, na qual um dos nutrientes é fornecido em quantidades variáveis, enquanto os outros são mantidos em um nível referencial. Avaliou-se seis nutrientes (nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S)), em três diferentes doses, e ainda dois tratamentos adicionais, sendo um com doses de referência e outro sem adição de nutrientes, totalizando 20 tratamentos que foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, totalizando 100 unidades experimentais. Aos 50 dias após a distribuição dos tratamentos foram avaliados os parâmetros de crescimento: Altura da planta, Número de folhas, Massa de matéria seca de folhas, caule, raiz e área foliar. Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística utilizando o programa SISVAR. Foi verificada respostas significativas nas plantas cultivadas com o fornecimento de todos macronutrientes. Observou-se que o maior acúmulo de massa de matéria seca de folhas foi estimado com a dose de 250,0 mg de N dm<sup>-3</sup> proporcionando, em média, 8,01 g por planta, sendo significativamente superior quando comparado a todos os outros elementos testados. Esse parâmetro é extremamente relevante, pois as folhas caracterizam-se como o principal produto dessa espécie. As doses de P permitiram significativos resultados na altura e área foliar, já o K favoreceu a maior emissão foliar. Foram verificadas respostas positivas para os nutrientes Ca, Mg e S em todos os parâmetros testados em níveis acima daqueles testados como referenciais.

**Palavras chave:** manjeriço, plantas medicinais e fertilidade do solo.

## **Abstract:**

The objective of this work was to determine the doses of macronutrients that allow the highest phytomass yield and growth of *O. basilicum* plants. The experiment was carried out in the experimental area of the Federal University of Recôncavo da Bahia, in the city of Cruz das Almas, BA, in a greenhouse. The treatments were obtained according to the Baconian matrix statistical arrangement, in which one of the nutrients is supplied in variable amounts, while the others are kept at a referential level. Six nutrients (nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) and sulfur (S)) were evaluated in three different doses, plus two additional treatments, one with reference doses and another without nutrient addition, totaling 20 treatments that were arranged in a completely randomized design, with five replications, totaling 100 experimental units. At 50 days after the distribution of treatments, the following growth parameters were evaluated: plant height, number of leaves, dry mass of leaves, stem, root and leaf area. The results obtained were submitted to statistical analysis using the SISVAR program. Significant responses were verified in plants cultivated with the supply of all macronutrients. It was observed that the greatest accumulation of dry mass of leaves was estimated with the dose of 250 mg dm<sup>-3</sup> of N, providing, on average, 8.01g per plant, being significantly higher when compared to all the other elements tested. This parameter is extremely relevant because the leaves are characterized as the main product of this species. The doses of P allowed significant results in height and leaf area, whereas K favored greater leaf emission. Positive responses were verified for the nutrients Ca, Mg and S in all parameters tested at levels above those tested as references.

**Key Words:** basil, medicinal plants and soil fertility.

## **Introdução**

O manjericão (*Ocimum basilicum* L.), é uma planta medicinal e aromática, que tem sua origem no Sudoeste Asiático. Pertence à família Lamiaceae, sendo comumente utilizada nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética (OLIVEIRA et al., 2013; HANIF et al., 2011).

No Brasil é bastante destacado a utilização de plantas medicinais, em especial no Nordeste, onde a obtenção é feita, principalmente, pelo extrativismo (BLANK et al., 2004). Com isso, o manejo dessas plantas é conduzido de forma não padronizada, podendo afetar a produção de fitomassa e óleos essenciais (FURLAN, 2000). O Brasil apresenta também

significativas projeções de mercado, pois possui uma grande extensão territorial e variadas condições edafoclimáticas, permitindo assim uma grande diversidade de espécies vegetais que podem ser incorporadas na alimentação, confecção de cosméticos e fitoterápicos (BIONE et al., 2014 PEREIRA; CARDOSO, 2012; BRASIL, 2012). Considerando essa grande diversidade edafoclimática, é imprescindível conhecer os atributos químicos dos solos, pois estes são caracterizados como as principais reservas de nutrientes para as plantas. Segundo Souza et al. (2006), a fertilidade dos solos brasileiros apresenta-se como fator limitante no crescimento e na produção de plantas medicinais em muitas condições de cultivo comercial.

Os nutrientes essenciais as plantas são classificados em dois grupos, sendo eles macronutrientes (nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S)) e micronutrientes (boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), Molibdênio (Mo), níquel (Ni), zinco (Zn) e cloro (Cl)), essa distinção se deu a partir de estudos, que comprovaram a distinta necessidade na requisição desses elementos. Sendo assim, esses nutrientes precisam atender aos critérios de essencialidade, que são: na sua ausência a planta não consegue completar seu ciclo vital, eles não podem ser substituídos por outros elementos e também devem participar diretamente no metabolismo vegetal. Nas plantas os nutrientes desempenham papéis importantes na formação de diversos compostos e estruturas celulares (clorofilas, enzimas, parede celular, DNA, membrana plasmática etc.) e também em diversas rotas metabólicas, podendo atuar como molécula sinalizadora ou fonte energética (ATP, NADPH, FADH) (MALAVOLTA, 1980). Sabendo da importância desses nutrientes às plantas, é extremamente relevante conhecer as condições edafoclimáticas do ambiente de cultivo, pois a demanda nutricional pode apresentar significativas variações.

A necessidade de adubação em solos tropicais é de grande importância, pois, em geral estes solos não são capazes de fornecer naturalmente todos os nutrientes que as plantas precisam sem comprometer o desempenho vegetal. Segundo Gonçalves et al. (2000), é imprescindível entender sobre as quantidades e origem dos adubos, levando em consideração as reações que ocorrem no solo, a eficiência e os fatores de ordem econômica. Portanto, é necessário promover condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento vegetal, sejam essas: umidade, relevo, luminosidade, irrigação, fatores climáticos e fertilidade do solo entre outros; para que com isso, seja possível fornecer as plantas condições ideais para expressarem o máximo do seu potencial genético (SILVA et al., 2015; MEIRA et al., 2012; CALIXTO 2000).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar as doses de macronutrientes que possibilitem o maior rendimento de fitomassa e crescimento de plantas de *O. basilicum*.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), no município de Cruz das Almas, BA, em casa de vegetação, localizado nas coordenadas geográficas 09°04'28" de latitude Sul, 44°21'31" de longitude Oeste com altitude média de 277 m.

Foram coletadas amostras de um Argissolo amarelo distrófico na camada de 0-0,2 m de profundidade, proveniente do município de Cruz das Almas-BA, no campus da UFRB. Em seguida foram encaminhadas ao laboratório especializado para caracterização química (Tabela 1), cuja caracterização química segundo (TEIXEIRA et al. 2017).

**Tabela 1.** Caracterização química na camada de 0-0,2 m de profundidade em Argissolo amarelo utilizado na produção de manjeriço.

pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	Mo	V
H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>		cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>					%			
5,6	0	7,82	0,8	0,5	0	1,5	1,32	1,32	2,82	0,96	46,81

pH em água, Relação 1:2,5; P e K – Extrator Mehlich 1; Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> - Extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> – pH 7,0; SB – Soma de bases trocáveis; CTC (T) – Capacidade de troca catiônica (pH 7,0); MO – C. Org x 1,724 – Método Walkley-Black; V – Índice de Saturação por bases.

Os tratamentos foram obtidos segundo o arranjo estatístico matriz baconiana (TURRENT, 1979), na qual um dos nutrientes é fornecido em quantidades variáveis, enquanto os outros são mantidos em um nível referencial. Foram avaliados seis nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre), em três doses, e dois tratamentos adicionais, sendo um com dose de referência para o *O. basilicum* (FERREIRA et al., 2016; MATOS et al., 2016; ABREU et al., 2013; LIMA et al., 2013) e outro sem adição de nutrientes, totalizando 20 tratamentos que foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições (com uma planta por recipiente), totalizando 100 unidades experimentais. Para configuração dos tratamentos foi estabelecido que a medida em que as doses de um nutriente variassem, as outras estabelecidas aos demais permaneciam fixas (Tabela 2). Antes da semeadura, aplicou-se uma solução de micronutrientes composta por: 0,81 mg dm<sup>-3</sup> de boro (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), 1,33 mg dm<sup>-3</sup> de cobre (CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O), 0,15 mg dm<sup>-3</sup> de molibdênio

((NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O), 3,66 mg dm<sup>-3</sup> de manganês (MnCl<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O) e 4,0 mg dm<sup>-3</sup> de zinco (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O), como indicado por Alvarez V. (1974).

**Tabela 2.** Tratamentos utilizados, obtidos pela matriz baconiana com as respectivas doses dos nutrientes aplicados ao substrato de cultivo.

Tratamentos	Unidades	Tratamentos	Unidades
Dose referência*	mg dm <sup>-3</sup> e cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	K= 300,0**	mg dm <sup>-3</sup>
Solo sem adubação	-	Ca= 0,5**	
N= 75,0 **		Ca= 1,5**	
N= 225,0**		Ca= 2,0**	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
N= 300,0**		Mg= 0,2**	
P= 30,0**		Mg= 0,6**	
P= 90,0**	mg dm <sup>-3</sup>	Mg= 0,8**	
P= 120,0**		S= 20,0**	
K= 75,0**		S= 60,0**	mg dm <sup>-3</sup>
K= 225,0**		S= 80,0**	

\* Valores da dose de referência: N = 150,0 mg dm<sup>-3</sup>; P = 60,0 mg dm<sup>-3</sup>; K = 150,0 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; S = 40,0 mg dm<sup>-3</sup>.

\*\* Em cada tratamento, apenas o nutriente indicado teve variação na dose, permanecendo a dos demais nutrientes iguais à dose de referência.

\* Aplicou-se uma solução de micronutrientes composta por: 0,81 mg dm<sup>-3</sup> de boro (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), 1,33 mg dm<sup>-3</sup> de cobre (CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O), 0,15 mg dm<sup>-3</sup> de molibdênio ((NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O), 3,66 mg dm<sup>-3</sup> de manganês (MnCl<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O) e 4,0 mg dm<sup>-3</sup> de zinco (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Utilizou-se como substrato 6,0 kg de solo em cada vaso plástico, o qual apresentava capacidade de 6 dm<sup>3</sup>, posteriormente foi adicionado ao solo as doses de cálcio e magnésio, sendo empregada uma mistura de CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub>, nas quantidades definidas pelos tratamentos e homogêneos. Depois desta aplicação, os solos passaram por um período de incubação de 45 dias, com objetivo de garantir a efetividade da solubilização dos fertilizantes utilizados e o teor de água foi mantido próximo à 60% da capacidade de campo, de acordo Marques et al., (2015).

Após o período de incubação por 45 dias, foram adicionados os demais nutrientes de acordo as quantidades definidas na Tabela 2. Todos os fertilizantes foram aplicados no momento do plantio, com exceção do nitrogênio, que teve sua dose parcelada, metade realizada durante o plantio e a outra metade aplicada 30 dias após a primeira aplicação. Os sais utilizados foram: (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para N e S; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> para K e P; KCl para K e CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O para N.

A semeadura foi realizada em recipientes plásticos de polietileno com capacidade de 0,3 dm<sup>3</sup> sendo utilizadas três sementes de *O. basilicum* por recipiente (com argissolo amarelo distrófico), as quais, foram obtidas comercialmente (marca Feltrin®). Decorridos 21 dias, as

mudas mais uniformes foram cuidadosamente selecionadas e, posteriormente transplantadas para os vasos definitivos com capacidade de  $6,0 \text{ dm}^{-3}$  contendo o solo já corrigido de acordo os tratamentos definidos.

Foi realizado ensaios prévios para determinação da capacidade de campo do solo trabalhado, e com isso, baseado em trabalhos científicos como de Martins et al., 2017, foi definido a manutenção da capacidade de campo à 70%, sendo realizada a irrigação diariamente de acordo a evapotranspiração de cada vaso. Também foi utilizado um termo-higrômetro para aferição da temperatura e umidade relativa do ar durante o período do experimento, registrando valores médios de  $30\text{-}38^\circ\text{C}$  e 85% respectivamente. Durante o estudo não existiu a necessidade do controle de plantas invasoras, pragas ou doenças.

Aos 50 dias após a aplicação dos tratamentos, período que antecede o florescimento, foram avaliados os parâmetros de crescimento. A altura das plantas (ALT) foi determinada utilizando uma fita métrica, medindo da base da planta até a inserção do último par de folhas. O número de folhas (NF) obtido através da contagem direta e a área foliar (AF) foi determinada com a utilização de um perfurador de metal de área conhecida, através de punções, obteve-se amostras de discos foliares, relacionando a massa da matéria seca da área conhecida do disco com a massa da matéria seca da folha, sendo expressos em  $\text{cm}^2$  (PEIXOTO et al. 2011).

As raízes foram coletadas utilizando uma peneira de 2mm, sendo lavadas cuidadosamente em água corrente. Os componentes folhas, caules e raízes das plantas de *O. basilicum* foram coletados e acondicionados, individualmente, em sacos de papel, colocados em estufa com circulação forçada de ar e mantidas a  $45^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ , até atingir peso constante. Após 72 h, determinadas: a fitomassa seca da folha (MSF), do caule (MSC) e da raiz (MSR). Para isso, utilizou-se uma balança analítica, com precisão de três casas. Posteriormente, foram determinados os valores de fitomassa seca da parte aérea (MSPA) e da planta (MSP). Todas essas variáveis foram expressas em g de fitomassa.

A partir de fórmulas matemáticas descritas por Peixoto et al., (2011) foi determinado a razão de área foliar (RAF) que é calculada a partir da  $AF/MSP$ , parâmetro esse que tende a declinação enquanto a planta cresce, devido ao autosombreamento.

A área foliar específica (AFE) parâmetro calculado a partir da  $AF/MSF$ , variável de grande relevância, pois a superfície é o componente morfológico e a fitomassa é o componente anatômico, está relação entre a composição interna formada e pelo número e/ou tamanho de

células do mesófilo foliar representa a área foliar. A razão de massa foliar (RMF) foi calculada levando em consideração a MSF/MSP, representando a massa seca retida nas folhas, essa que é a fração que não foi exportada. Sendo todos parâmetros expressos em  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ . Também foi avaliado o volume de raízes utilizando uma proveta graduada e observando o deslocamento da coluna d'água.

Os dados obtidos para cada variável analisada foram interpretados estatisticamente através das análises de variância e regressão, utilizando-se o programa estatístico SISVAR. As curvas de resposta à adição das doses de cada nutriente resultaram em modelos de regressão nos quais os coeficientes foram testados com base nos valores do quadrado médio do resíduo da ANOVA, sendo analisada a 1 e 5 % de probabilidade (FERREIRA, 2011).

## **Resultados e Discussão**

Verificou-se, pelas médias obtidas para cada parâmetro avaliado em função dos tratamentos, que houve resposta significativa quanto à aplicação de doses crescentes dos macronutrientes, em relação ao tratamento sem fertilização, demonstrando que os fertilizantes contendo N, P, K, Ca, Mg e S promoveram crescimento significativo nas plantas de *O. basilicum*. Através das respostas obtidas pela análise de variância, observou-se que a aplicação dos fertilizantes contendo os macronutrientes promoveram aumentos significativos (Tabela 3) no crescimento de plantas de *O. basilicum* em relação ao tratamento sem fertilização. Para a MSF, observou-se observou-se acréscimo médio de 82%, em relação os valores encontrados para as plantas cultivadas sem adição de fertilizantes. É notório também que existiu um comportamento quadrático em função das doses estudadas para os seis nutrientes testados (Tabela 4).

**Tabela 3.** Médias dos parâmetros avaliados para *O. basilicum*, em função da aplicação de doses crescentes de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K) e Enxofre (S) em mg dm<sup>-3</sup> e Calcio (Ca) e Magnésio (Mg) em cmolc dm<sup>-3</sup> aos 50 dias após a aplicação dos tratamentos.

Nutriente	Dose	ALT (cm)	Nº Folhas	----- (g)-----						AF (cm <sup>2</sup> )
				MSF	MSC	MSR	MSPA	MSP		
N	0	35,9	32,4	0,96	0,54	1,20	1,49	2,70	71,39	
N	75	73,5	262,6	6,70	5,00	7,20	11,7	18,93	404,06	
N	150	65,0	254,4	5,04	4,46	4,61	9,50	14,11	334,10	
N	225	58,2	244,2	4,84	3,71	3,89	8,55	12,44	287,05	
N	300	53,2	202,8	3,87	2,57	2,89	6,44	9,33	250,72	
P	0	35,9	32,40	0,96	0,54	1,20	1,49	2,70	71,39	
P	30	63,0	213,4	4,93	3,22	6,22	8,15	14,37	285,09	
P	60	65,0	254,4	5,04	4,46	4,61	9,50	14,11	334,10	
P	90	60,6	210,6	5,32	3,92	3,33	9,24	12,57	366,57	
P	120	60,5	297,6	5,33	3,98	4,79	9,31	14,1	343,12	
K	0	35,9	32,4	0,96	0,54	1,20	1,49	2,70	71,39	
K	75	59,3	200,4	4,60	3,12	2,84	7,72	10,56	270,98	
K	150	65,0	254,4	5,04	4,46	4,61	9,50	14,11	334,10	
K	225	58,2	228,2	3,97	2,72	4,39	6,69	11,08	263,51	
K	300	53,6	240,0	3,75	2,96	2,88	6,72	9,60	247,80	
Ca	0	35,9	32,4	0,96	0,54	1,20	1,49	2,70	71,39	
Ca	0,5	55,1	249,4	4,50	3,28	4,40	7,78	12,18	290,99	
Ca	1,0	65,0	254,4	5,04	4,46	4,61	9,50	14,11	334,10	
Ca	1,5	56,6	204,2	4,48	2,69	3,81	7,17	10,98	248,46	
Ca	2,0	49,2	207,2	3,38	2,35	4,43	5,74	10,17	222,62	
Mg	0	35,9	32,4	0,96	0,54	1,20	1,49	2,70	71,39	
Mg	0,2	55,0	231,8	4,39	2,78	3,93	7,18	11,11	307,53	
Mg	0,4	65,0	254,4	5,04	4,46	4,61	9,50	14,11	334,10	
Mg	0,6	55,0	243,2	4,31	2,84	3,44	7,15	10,59	284,89	
Mg	0,8	51,2	210,0	4,03	2,92	4,31	6,95	11,26	253,85	
S	0	35,9	32,4	0,96	0,54	1,20	1,49	2,70	71,39	
S	20	55,5	208,4	4,27	2,67	3,65	6,94	10,59	279,98	
S	40	65,0	254,4	5,04	4,46	4,61	9,50	14,11	334,10	
S	60	49,0	201,6	4,04	2,56	2,32	6,60	8,92	248,25	
S	80	53,6	205,4	3,99	2,50	3,14	6,48	9,62	263,54	

Parâmetros avaliados: Altura (ALT), Número de folhas (NF), fitomassa seca de folhas (MSF), caule (MSC), raiz (MSR), parte aérea (MSPA), planta (MSP) e área foliar (AF).

Foi verificado efeito significativo a nível de 1% de probabilidade para todos os macronutrientes nas variáveis ALT, NF, MSF e MSC (Tabela 4). Para ALT de *O. basilicum* foi observado que o N e P foram os elementos que proporcionaram os maiores valores estimados (70,3 e 72,2 cm respectivamente), sendo requisitados em quantidades acima daquelas testadas como referência. Através da análise de regressão foi possível estimar a melhor dose para cada nutriente permanecendo os demais fixos no nível referencial. Sendo assim as doses estimadas (DE) para a ALT foram: N: 170,00; P: 91,25; K: 187,50 (valores expressos em mg dm<sup>-3</sup>); Ca:

1,14; Mg: 0,46 (ambos em  $\text{cmolc dm}^{-3}$ ) e S: 51,66 ( $\text{mg dm}^{-3}$ ). Possivelmente o requerimento maior destes elementos, devem estar atrelados ao alto grau de intemperização do solo estudado, caracterizando-se por apresentar baixa saturação por bases e CTC.

**Tabela 4.** Estimativas geradas em razão da aplicação de doses crescentes de N, P, K e S em  $\text{mg dm}^{-3}$  e Ca e Mg em  $\text{cmolc dm}^{-3}$ , das seguintes variáveis: altura (ALT), número de folhas (NF), massa seca de folhas (MSF) e massa seca de caule (MSC), em plantas de *O. basilicum* L.

Variáveis	Nutrientes	Equação	R <sup>2</sup> (%)	Dose estimada
Altura (cm)	N	Y** : $41,37+0,34x-0,001x^2$	67,1	170,00
	P	Y** : $38,9+0,73x-0,004x^2$	84,7	91,25
	K	Y** : $37,7+0,30x-0,0008x^2$	91,7	187,50
	Ca	Y* : $36,52+46,47x-20,42x^2$	95,3	1,14
	Mg	Y** : $36,9+109,3x-117,5x^2$	90,3	0,46
	S	Y** : $38,09+0,93x-0,009x^2$	67,2	51,66
Nº folhas	N	Y** : $56,9+2,5x-0,007x^2$	85,6	178,57
	P	Y** : $57,1+4,35x-0,02x^2$	81,1	108,75
	K	Y** : $46,39+2,08x-0,004x^2$	92,7	260,00
	Ca	Y** : $59,61+336,99x-138,05x^2$	78,6	1,22
	Mg	Y** : $49,75+896,15x-891,07x^2$	92,2	0,50
	S	Y** : $49,28+8,02x-0,07x^2$	87,3	57,28
MSF (g)	N	Y** : $1,76+0,05x-0,0001x^2$	66,2	250,00
	P	Y** : $1,37+0,104x-0,0006x^2$	88,9	86,66
	K	Y** : $1,35+0,004x-0,0001x^2$	83,7	20,00
	Ca	Y** : $1,22+6,90x-2,97x^2$	94,1	1,16
	Mg	Y** : $1,27+15,62x-15,73x^2$	89,8	0,50
	S	Y** : $1,27+0,15x-0,001x^2$	87,0	75,00
MSC (g)	N	Y** : $1,08+0,04x-0,0001x^2$	79,7	200,00
	P	Y** : $0,7+0,09x-0,0005x^2$	94,7	90,00
	K	Y** : $0,76+0,03x-0,00009x^2$	78,6	166,67
	Ca	Y** : $0,75+5,81x-2,60x^2$	83,3	1,12
	Mg	Y** : $0,65+13,31x-13,62x^2$	82,6	0,49
	S	Y** : $0,62+0,13x-0,001x^2$	79,3	65,00

\*\*Significativo a 1% de probabilidade, \*significativo a 5% de probabilidade.

Ao estudar o efeito da adubação nitrogenada (0,0; 45,0; 90,0; 135,0; 180,0 e 225,0  $\text{kg ha}^{-1}$  de N) e da sazonalidade em plantas de *O. basilicum*, Ferreira et al. (2015) encontraram valores de ALT inferiores aos encontrados neste trabalho, destacando assim a habilidade desta espécie em se manter em condições adversas, como luminosidade, temperatura e fertilidade do solo.

Para o K verificou-se que o nutriente apresentou o maior valor médio estimado para o NF, sendo 317 folhas, utilizando a dose de 260,00  $\text{mg dm}^{-3}$  de K. Sendo assim a DE para cada

elemento testado foi: N: 178,57; P: 108,75; K: 260,00 (valores expressos em  $\text{mg dm}^{-3}$ ); Ca: 1,22; Mg: 0,5 (ambos em  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e S: 57,28 ( $\text{mg dm}^{-3}$ ).

Avaliando o efeito da luminosidade e das concentrações de K em plantas de *O. basilicum* cv. Maria bonita, Matos et al. (2016) verificaram que aos 30 dias de cultivo a dose estimada para o maior NF foi de 99,5 kg de K  $\text{ha}^{-1}$ , com um valor médio de 177 folhas. Sendo assim, comparando com este trabalho é possível destacar que nos 20 dias de diferença no cultivo houve um acréscimo médio estimado de 78% no NF e também o aumento na requisição por esse nutriente. Já Ferreira et al., (2015) estudando doses de N e a sazonalidade na produção de *O. basilicum*, verificaram que a dose de 80,44 kg  $\text{ha}^{-1}$  de N, favoreceu ao aumento no número de folhas na primavera, registrando em média 80 folhas por planta.

O K desempenha importante função no metabolismo vegetal, apesar de não ser constituinte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica, esse é responsável pela ativação de mais de 60 sistemas enzimáticos, tem atuação direta na fotossíntese, regula a translocação de nutrientes na planta, incrementa a absorção de N além de participar da síntese de amido nas folhas (TAIZ et al., 2017).

Para as variáveis MSF e MSC foi constatado que o N foi o nutriente responsável pelos maiores incrementos, sendo de 8,01g e 5,08g respectivamente (Tabela 4) destaca que a importância desse elemento no crescimento e acúmulo de fitomassa, por ser constituinte de macromoléculas e participante direto do metabolismo vegetal. Os resultados de MSF apresentam grande relevância, pois se caracteriza como o principal fator de comercialização na maioria das plantas medicinais, seja para utilização in natura ou pela extração de óleos essenciais.

A dose estimada para cada elemento considerando as análises de regressão para a MSF são: N: 250,00; P: 86,66; K: 20,00 (valores expressos em  $\text{mg dm}^{-3}$ ); Ca: 1,16; Mg: 0,50 (ambos em  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e S: 75 ( $\text{mg dm}^{-3}$ ). É importante destacar que para o K a melhor DE foi bem inferior à concentração testada como referência, provavelmente, devido a mineralização da matéria orgânica presente no solo (Tabela 1) que disponibilizou o K em quantidades superiores à estimada. Para MSC observou-se que as DE foram: N: 200,00; P: 90,00; K: 166,67 (valores expressos em  $\text{mg dm}^{-3}$ ); Ca: 1,12; Mg: 0,49 (ambos em  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e S: 65 ( $\text{mg dm}^{-3}$ ). Utilizando a DE de N para MSF e considerando um plantio de *O. basilicum* com um stand de 60 mil plantas por hectare, estima-se a produção de 480,6 kg  $\text{ha}^{-1}$ , sendo 14,3% (60 kg  $\text{ha}^{-1}$ ) superior a produção estimada em relação a dose referência.

Também foi observado efeito significativo a 5 e 1% de probabilidade para todos os macronutrientes nas variáveis MSR, MSPA, MSP e AF (Tabela 5) com exceção da MSR que não apresentou diferença significativa quando submetida às doses crescentes de P e K, sendo recomendada a menor dose estudada desses nutrientes.

**Tabela 5.** Estimativas geradas em razão da aplicação de doses crescentes de N, P, K e S em mg dm<sup>-3</sup> e Ca e Mg em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, das seguintes variáveis: massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da planta (MSP) e área foliar (AF), em plantas de *O. basilicum* L.

Variáveis	Nutrientes	Equação	R <sup>2</sup> (%)	Dose estimada
MSR (g)	N	Y*: 2,22+0,04x-0,0001x <sup>2</sup>	53,1	200,00
	P	Y: 3,17+0,01x		30,00
	K	Y:2,20+0,06x		75,00
	Ca	Y*: 1,64+4,69x-1,75x <sup>2</sup>	75,9	1,34
	Mg	Y**: 1,55+10,82x-9,94x <sup>2</sup>	74,7	0,50
	S	Y*: 1,54+0,10x-0,001x <sup>2</sup>	55,0	50,00
MSPA (g)	N	Y**: 2,84+0,09x-0,0002x <sup>2</sup>	72,7	225,00
	P	Y**: 2,08+0,19x-0,001x <sup>2</sup>	93,1	95,00
	K	Y**: 2,11+0,007x-0,0002x <sup>2</sup>	82,7	17,50
	Ca	Y**: 1,97+12,71x-5,56x <sup>2</sup>	91,1	1,14
	Mg	Y**: 1,92+28,93x-29,36x <sup>2</sup>	88,7	0,49
	S	Y**: 1,90+0,28x-0,002x <sup>2</sup>	85,4	70,00
MSP (g)	N	Y**: 5,06+0,14x-0,0004x <sup>2</sup>	65,3	175,00
	P	Y**: 4,28+0,27x-0,001x <sup>2</sup>	77,1	79,40
	K	Y**: 3,13+0,11x-0,00032x <sup>2</sup>	93,0	171,80
	Ca	Y**: 3,61+17,41x-7,32x <sup>2</sup>	86,7	1,19
	Mg	Y**: 3,48+39,75x-39,31x <sup>2</sup>	84,7	0,50
	S	Y**: 3,45+0,39x-0,004x <sup>2</sup>	77,1	48,75
AF (cm <sup>2</sup> )	N	Y**: 118,9+3,04x-0,009x <sup>2</sup>	68,1	168,90
	P	Y**: 84,9+6,75x-0,038x <sup>2</sup>	97,0	88,81
	K	Y**: 87,8+2,61x-0,007x <sup>2</sup>	89,3	186,40
	Ca	Y**: 93,0+406,06x-177,03x <sup>2</sup>	85,3	1,15
	Mg	Y**: 94,7+1042,8x-1089,5x <sup>2</sup>	88,0	0,48
	S	Y**: 93,71+9,28x-0,09x <sup>2</sup>	81,6	51,50

\*\*Significativo a 1% de probabilidade, \*significativo a 5% de probabilidade.

Para os resultados de MSR, MSPA e MSP, foi verificado que o nutriente responsável pelos maiores valores médios estimados foi o N, apresentando 6,22, 12,96 e 17,31 g, respectivamente. Destaca-se que esse também proporcionou incrementos semelhantes para a MSF e MSC (Tabela 4), caracterizando assim como o elemento de maior influência no rendimento de fitomassa de *O. basilicum*. Sendo assim as DE para a MSR foram: N: 200,00; P: 30,00; K: 75,00 (valores expressos em mg dm<sup>-3</sup>); Ca: 1,34; Mg: 0,50 (ambos em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e

S: 50,00 ( $\text{mg dm}^{-3}$ ). Sendo importante observar que os valores de cálcio, magnésio e enxofre se mantiveram próximo os testados na dose referência. De maneira geral, observou-se que esses nutrientes favoreceram o significativo desempenho no crescimento vegetal, possivelmente, as alterações no balanço entre Ca e Mg influenciaram positivamente as plantas de *O. basilicum*. Ainda são restritos os trabalhos utilizando todos os macronutrientes para definição de esquemas de adubação, principalmente para Ca, Mg e S, por serem prioritariamente classificados como os macronutrientes secundários, e serem exigidos em quantidades inferiores aos demais.

Na MSPA e MSP as doses estimadas foram: N: 225,00 e 175,00; P: 95,00 e 79,40; K: 17,50 e 171,87 (valores expressos em  $\text{mg dm}^{-3}$ ); Ca: 1,14 e 1,19; Mg: 0,49 e 0,50 (ambos em  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ); S: 70,00 e 48,75 respectivamente ( $\text{mg dm}^{-3}$ ). Carmo et al. (2019) estudando o crescimento do *O. basilicum* utilizando compostos orgânicos (contendo 30% de esterco ovino + 70% de gliricídia (*Gliricidia sepium*) inoculados com Actinobactéria, obtiveram resultados semelhantes para a MSPA no tratamento controle (11,50 g), sendo destacado significativos acréscimos nesses valores com a utilização do inóculo.

A AF das plantas de *O. basilicum* foi influenciada significativamente por todos os nutrientes estudados, sendo o P aquele que proporcionou os maiores valores médios estimados ( $384,65 \text{ cm}^2$ ), esses resultados sugerem que o *O. basilicum* se mostrou exigente quanto à adubação fosfatada. A AF de uma planta apresenta relação direta com a fotossíntese, pois está relacionada a captação de luz e produção de carboidratos, lipídeos e proteínas. Entretanto é necessário salientar a relação fonte/dreno dessas plantas, onde nem sempre elevados valores de AF garantem maiores taxas fotossintéticas, por conta do autossombreamento que contribui na redução da AF útil da planta. Com isso, a DE para cada nutriente foi, N: 168,90; P: 88,81; K: 186,40 (valores expressos em  $\text{mg dm}^{-3}$ ); Ca: 1,15; Mg: 0,48 (ambos em  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e S: 51,50 ( $\text{mg dm}^{-3}$ ). Avaliando o efeito do esterco ovino e a inoculação com actinobactéria em plantas de *O. basilicum*, Carmo et al., concluíram que a produção de MSPA, MSP e rendimento de óleo essencial são incrementados com a adição do adubo orgânico, mas não pela inoculação, destacando os prováveis efeitos proporcionados pela quantidade de N presente neste composto.

Não foi observado efeito significativo dos macronutrientes para os parâmetros RAF, AFE, RMF e volume de raízes.

## Conclusões

Sendo a massa seca de folhas a característica mais requisitada comercialmente, e tendo como base os dados observados no presente trabalho, as doses recomendadas para o rendimento de fitomassa de plantas de *O. basilicum* são: 250,00 mg de N dm<sup>-3</sup>, 86,66 mg de P dm<sup>-3</sup>, 20,00 mg de K dm<sup>-3</sup>, 1,16 cmol<sub>c</sub> de Ca dm<sup>-3</sup>, 0,50 cmol<sub>c</sub> de Mg dm<sup>-3</sup> e 75,00 mg de S dm<sup>-3</sup> de S, utilizando Argissolo amarelo distrófico.

Plantas de *O. basilicum* se mostram bastante exigentes em N, sendo esse o elemento mais requisitado e com mais variações nas doses estimadas, em condições de casa de vegetação e utilizando Argissolo amarelo distrófico.

## Referências

- ABREU, C. B. et al. Qualidade de luz no crescimento inicial de plantas de manjeriço (*Ocimum Basilicum L.*) em ambiente controlado. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, p. 1855-1862, 2013.
- BIONE, M. A. A. et al. Crescimento e produção de manjeriço em sistema hidropônico NFT sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 1228–1234, 2014.
- BLANK, A. F. et al. A diallel study of yield components and essential oil constituents in basil. **Industrial Crops and Products**, v. 38, p. 93-98, 2012.
- BLANK, A. F. et al. Caracterização morfológica e agrônômica de acessos de manjeriço e alfavaca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 113-116, 2004.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Práticas integrativas e complementares: plantas medicinais e fitoterapia na Atenção Básica. Brasília: Ministério da Saúde, 2012. 156 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos). (Série Cadernos de Atenção Básica 2012, n. 31) ISBN 978-85-334-1912-4.
- CALIXTO, J. B. Efficacy, safety, quality control, market and regulatory guidelines for herbal medicines (phytotherapeutic agents). **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 33, p. 179-189, 2000.
- CARMO, C. O. et al. Utilização de compostos orgânicos inoculados com Actinobactérias na adubação do manjeriço (*Ocimum basilicum L.*). **Magistra**, v.30, p.18-27, 2019.

- EMBRAPA. 2011. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 230 p.
- HANIF, M. A. et al. Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of unexplored Omani basil. **Journal of Medicinal Plants Research**, 5: 751-757, 2001.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, S. D. et al. Efeito da adubação nitrogenada e da sazonalidade na produtividade de *Ocimum basilicum L.* **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 18, p. 67-73, 2016.
- FURLAN, M. C. Efeito da adubação com N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- K<sub>2</sub>O sobre a biomassa, o rendimento e composição do óleo essencial de *Ocimum basilicum L. cv. genovese*. **Tese** (Doutorado de irrigação e drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 172p. 2000.
- GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. **Nutrição e fertilização Florestal**. Piracicaba, v.1, p. 309-350, 2000.
- LIMA, J. C. et al. Adubação fosfatada e qualidade de luz na produção de biomassa do capim-limão. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, p. 45-55. 2013.
- OLIVEIRA, R. A. et al. Linalool and methyl chavicol present basil (*Ocimum sp.*) cultivated in Brazil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, p. 309-311, 2013.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, **Agrônômica Ceres**, p.254, 1980.
- MARQUES, P. A. A. et al. Consumo hídrico do manjeriço por meio de lisímetro de drenagem. **Irriga**, v.20, p. 745-761, 2015.
- MATOS, L. S. et al. Crescimento inicial e índices de clorofila de manjeriço cv. Maria bonita cultivado sob diferentes condições de luminosidade e concentrações de potássio. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, p. 388-397, 2016.

MEIRA, M.R. et al. Crescimento e produção de fitomassa e teor de óleo essencial de melissa (*Melissa officinalis* L.) sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, p. 352-357, 2012.

PEIXOTO, C. P. et al. Análise quantitativa do crescimento de plantas: Conceitos e Prática. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, p. 51-76, 2011.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, p. 146-152, 2012.

SILVA, R. A. L. et al. Cultivo de tamarindo sob malhas coloridas: plasticidade anatômica foliar. **Ciência Rural**, v. 45, p. 238-244, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140012>

SOUZA, A.G. et al. Calagem e adubação fosfatada promovem crescimento inicial e produção de hipericina em erva-de-São-João. **Horticultura Brasileira**, v, 24, n. 4, p. 421-5, 2006.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. p.858, 2017.

Texeira, P. C. et al. **Manual de métodos de análise de solos**. 3.ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Solos, 573 p. 2017

TURRENT, F. A. Uso de una matriz mixta para la optimización de cinco a ocho factores controlables de la producción. Chapingo-México: Rama de Suelos, Colégio de Postgraduados, 1979. 65p. (**Boletim Técnico**, 6).

## **CAPÍTULO 2**

### **TEORES DE NITROGÊNIO E FÓSFORO E PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Ocimum basilicum* L. CULTIVADO COM MACRONUTRIENTES**

Parte deste capítulo foi submetido a Revista Comunicata Scientiae

**Resumo:**

Conhecendo a grande relevância que o *O. basilicum* apresenta dentre as plantas medicinais, torna-se necessário potencializar a sua produção. O objetivo deste trabalho foi avaliar a diagnose nutricional para nitrogênio e fósforo e produtividade do óleo essencial de plantas de *O. basilicum* cultivadas com macronutrientes em Argissolo Amarelo distrófico. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no município de Cruz das Almas-BA, em casa de vegetação. Os tratamentos foram obtidos segundo o arranjo estatístico matriz baconiana, na qual um dos nutrientes é fornecido em quantidades variáveis, enquanto os outros são mantidos em um nível referencial. Avaliou-se seis nutrientes (nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S)), em três diferentes doses, e ainda dois tratamentos adicionais, sendo um com doses de referência e outro sem adição de nutrientes, totalizando 20 tratamentos que foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições (uma planta por vaso), totalizando 100 unidades experimentais. Aos 50 dias após a distribuição dos tratamentos o material vegetal foi coletado e levado a estufa para secagem por 72h. Aproximadamente 0,1 g de massa da matéria seca das folhas, caule e raízes foram submetidas a digestão ácida em uma mistura de ácido sulfúrico concentrado e peróxido de hidrogênio. Para obtenção do extrato para realização das análises da diagnose. A extração do óleo essencial foi realizada via hidrodestilação por arraste de vapor, por um período de 2h. Posteriormente foi determinado o teor e rendimento deste óleo. O acúmulo máximo de N e P em folhas de *O. basilicum* para o pleno desempenho vegetal foi de 51,0 e 3,0 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. As recomendações que proporcionam os maiores teores de N em plantas de *O. basilicum* são: N: 235,61; P: 91,27; K: 175,00 (valores expressos em mg dm<sup>-3</sup>); Ca: 0,97; Mg: 0,36 (ambos em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e S: 41,98 mg dm<sup>-3</sup>. Os valores observados para o óleo essencial revelaram que o maior teor (0,93%) foi encontrado nas plantas que tinham o Ca a 1,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Os melhores resultados para rendimento (0,21 g kg<sup>-1</sup>) e produtividade (2,55 L ha<sup>-1</sup>, considerando um stand de 60 mil plantas) desse óleo foram evidenciados para as plantas que foram submetidas à 75 mg dm<sup>-3</sup> de N.

**Palavras Chave:** Manjeriçã, nutrição mineral de plantas e fertilização do solo.

## **Abstract:**

Knowing the great relevance that *O. basilicum* has among medicinal plants, it is necessary to enhance its production. The objective of this work was to evaluate the nutritional diagnosis for nitrogen and phosphorus and productivity of essential oil from *O. basilicum* plants cultivated with macronutrients in dystrophic Yellow Argisol. The experiment was carried out in the experimental area of the Federal University of Recôncavo da Bahia, in the city of Cruz das Almas-BA, in a greenhouse. The treatments were obtained according to the Baconian matrix statistical arrangement, in which one of the nutrients is supplied in variable amounts, while the others are kept at a referential level. Six nutrients (nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) and sulfur (S)) were evaluated in three different doses, plus two additional treatments, one with reference doses and another without nutrient addition, totaling 20 treatments that were arranged in a completely randomized design, with five replications (one plant per pot), totaling 100 experimental units. At 50 days after the distribution of treatments, the plant material was collected and taken to an oven for drying for 72 hours. Approximately 0.1 g of dry mass of leaves, stems and roots were subjected to acid digestion in a mixture of concentrated sulfuric acid and hydrogen peroxide. To obtain the extract to carry out the analysis of the diagnosis. The extraction of essential oil was carried out via hydrodistillation by steam drag, for a period of 2h. Subsequently, the content and yield of this oil was determined. The maximum accumulation of N and P in *O. basilicum* leaves for full plant performance was 51.0 and 3.0 g kg<sup>-1</sup>, respectively. The recommendations that provide the highest levels of N in *O. basilicum* plants are: N: 235.61; P: 91.27; K: 175.00 (values expressed in mg dm<sup>-3</sup>); Ca: 0.97; Mg: 0.36 (both in cmolc dm<sup>-3</sup>) and S: 41.98 mg dm<sup>-3</sup>. The values observed for the essential oil revealed that the highest content (0.93%) was found in plants that had Ca at 1.5 cmolc dm<sup>-3</sup>. The best results for yield (0.21 g kg<sup>-1</sup>) and productivity (2.55 L ha<sup>-1</sup>, considering a stand of 60 thousand plants) of this oil were evidenced for plants that were subjected to 75 mg dm<sup>-3</sup> of N.

**Key Words:** Basil, plant mineral nutrition and soil fertilization.

## **Introdução**

Dentre as plantas classificadas como medicinais, está o *O. basilicum*, originário da Ásia tropical que, se adaptou muito bem às diversas regiões de climas quentes e amenos (LORENZI; MATOS, 2008). Pertencente à família Lamiaceae *O. basilicum* tem grande destaque por

apresentar características condimentares, aromáticas e medicinais (MARQUES et al., 2015). Essa espécie tem despertado grande interesse econômico devido à utilização das suas folhas na culinária, na indústria de fármacos e cosméticos pela utilização do seu óleo essencial e na medicina, no tratamento de dores de cabeça, febre, diarreias, tosses etc. (MIRANDA et al., 2016). Cada vez mais tem sido intensificado a extração do seu óleo essencial, dentre eles o linalol, que se caracteriza como o constituinte majoritário e bastante requerido na indústria farmacêutica (VLASE et al., 2014).

Conhecendo a grande relevância que o *O. basilicum* apresenta dentre as plantas medicinais, torna-se necessário potencializar a sua produção a partir das técnicas de cultivo e manejo, para isso o entendimento sobre os fatores abióticos como: umidade, relevo, luminosidade, irrigação, fatores climáticos e fertilidade do solo entre outros, são indispensáveis para propiciar a melhor expressão do potencial genético da espécie (MEIRA et al., 2012; CALIXTO, 2000).

Segundo Pal et al., (2016), o manejo da fertilidade do solo e dos nutrientes essenciais se apresenta como a prática agrônômica mais importante para o desempenho vegetal, pois o fornecimento desses elementos em quantidades suficientes pode maximizar a produção agrícola e, conseqüentemente, agregar um retorno econômico satisfatório (MCGRATH et al., 2014). Diversos mecanismos fisiológicos são dependentes dos macros e micronutrientes, assim como dos elementos benéficos, entre eles temos em destaque a produção de fotoassimilados, a ativação de enzimas, respiração celular, síntese de metabólitos secundários, lignina, fenóis, fitoalexinas entre outras substâncias de defesa (TAIZ et al., 2017).

Aliado a isso a nutrição mineral é de grande relevância ao desenvolvimento vegetal, dentre os macronutrientes essenciais ao crescimento vegetal temos o nitrogênio (N), caracterizando-se como um dos nutrientes onde na sua ausência o metabolismo vegetal é severamente prejudicado, pois esse se faz presente em diversas moléculas importantes no metabolismo vegetal. Os íons de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) são as principais formas N mineral disponível às plantas. Normalmente nos solos a concentração de amônio é baixa, devido sua rápida oxidação para  $\text{NO}_3^-$  (SCHLOERRING et al., 2002). Já o fósforo (P), é um nutriente que desempenha funções estruturais e energéticas no metabolismo das plantas, apesar de ser o requerido em menor quantidade dentre os macronutrientes, para a grande maioria das espécies cultivadas, sua deficiência compromete severamente o desempenho vegetal. Esse nutriente é absorvido na forma de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  prioritariamente (TAIZ et al., 2017).

A diagnose nutricional em plantas se apresenta como uma variável bastante importante para esse manejo, pois fornece informações necessárias quanto à deficiência dos nutrientes essenciais e, conseqüentemente, sobre a susceptibilidade das plantas às doenças e estresse ambiental (ELMER et al., 2014).

O mercado de óleos essenciais vem apresentando uma ascensão significativa, principalmente no exterior, chegando a ser responsável pela negociação de US\$ 1,8 bilhão, entretanto a participação brasileira ainda é bastante discreta nesse cenário, direcionando parte da sua produção à empresas nos EUA, Europa e Japão (SANTOS et al., 2011). O investimento na cultura do manjeriço pode se tornar uma atividade bastante rentável e promissora aos diversos agricultores no Brasil, dependendo das variações ambientais, fertilidade do solo e demais fatores bióticos e abióticos.

As plantas quando submetidas às diversas variações ambientais utilizam como estratégia adaptativa a produção de metabólitos secundários. Esses compostos auxiliam na proteção contra bacterioses, viroses, infecções fúngicas e herbívoras, agindo também como atraentes ou repelentes de outros organismos, visando garantir a sobrevivência e perpetuação da espécie (TAIZ et al., 2017). Os óleos essenciais normalmente são produzidos e armazenados em estruturas especializadas como tricomas, idioblastos e canais oleíferos (MIRANDA et al., 2016). Os principais compostos produzidos são terpênicos, como os mono e sesquiterpenos e os fenilpropanoides. Em *O. basilicum* destaca-se o linalol (40,5 a 48,2 %) como componente majoritário, sendo este muito requisitado na medicina, devido à sua utilização sedativa e anticonculsiva, nos cosméticos, fármacos e flavorizantes (BARBALHO et al., 2012; FAVORITO et al., 2011).

A composição química, qualidade e teor dos óleos essenciais das plantas podem ser alteradas de acordo os fatores de cultivo, sejam eles abióticos, como a nutrição mineral, pluviosidade, temperatura, altitude, época e horário de colheita, condições edáficas, dentre outros e bióticos como idade da planta, anatomia foliar etc. (PAULUS et al., 2016).

Dentre os diversos fatores abióticos que influenciam na produção de óleos essenciais, merece destaque a nutrição mineral. Sabe-se que os fertilizantes minerais e orgânicos são indispensáveis para o crescimento e desenvolvimento de qualquer espécie, pois esses participam ativamente do metabolismo vegetal, sendo constituintes de células e organelas importantes (TAIZ et al., 2017). Atrelado à isso, percebe-se que as pesquisas voltadas aos aspectos agrônômicos na utilização de fertilizantes minerais e orgânicos na produção de óleos

essenciais do *O. basilicum* ainda são escassas. Assim, considerando a importância desta espécie as informações quanto à necessidade nutricional torna-se essencial para potencializar a sua produção (NASCIMENTO et al., 2013).

Ao avaliar o teor e fitoquímica do óleo essencial de *O. basilicum* em diferentes horários de colheita, Alcantara et al., (2018) verificaram que para as cultivares Alfavaca Basilicão e Toscano Folha de Alface apresentaram flavonoides, taninos e para à primeira, há também alcaloides. Já Alves et al., (2015), verificaram ao estudar o teor, rendimento e composição química do óleo essencial de *O. basilicum* submetidas ao estresse salino com cloreto de sódio, que estresse não alterou o teor e a composição química do óleo essencial, cujo rendimento reduziu 12,93% a cada acréscimo unitário dos níveis de salinidade.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi analisar a diagnose nutricional, produtividade, rendimento e teor do óleo essencial de *O. basilicum*, cultivado com macronutrientes.

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), no município de Cruz das Almas, BA, em casa de vegetação, localizado nas coordenadas geográficas 09°04'28" de latitude Sul, 44°21'31" de longitude Oeste com altitude média de 277 m.

Foram coletadas amostras de um Argissolo amarelo distrófico na camada de 0-0,2 m de profundidade, proveniente do município de Cruz das Almas-BA, no campus da UFRB. Em seguida foram encaminhadas ao laboratório especializado para caracterização química (Tabela 1), cuja caracterização química segundo (TEIXEIRA et al. 2017).

**Tabela 1.** Caracterização química na camada de 0-0,2 m de profundidade em Argissolo amarelo utilizado na produção de manjeriço.

pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	Mo	V
H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>					cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			%		
5,6	0	7,82	0,8	0,5	0	1,5	1,32	1,32	2,82	0,96	46,81

pH em água, Relação 1:2,5; P e K – Extrator Mehlich 1; Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> - Extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> – pH 7,0; SB – Soma de bases trocáveis; CTC (T) – Capacidade de troca catiônica (pH 7,0); MO – C. Org x 1,724 – Método Walkley-Black; V – Índice de Saturação por bases.

Os tratamentos foram obtidos segundo o arranjo estatístico matriz baconiana (TURRENT, 1979), na qual um dos nutrientes é fornecido em quantidades variáveis, enquanto os outros são mantidos em um nível referencial. Foram avaliados seis nutrientes (nitrogênio,

fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre), em três doses, e dois tratamentos adicionais, sendo um com dose de referência para o *O. basilicum* (FERREIRA et al., 2016; MATOS et al., 2016; ABREU et al., 2013; LIMA et al., 2013) e outro sem adição de nutrientes, totalizando 20 tratamentos que foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições (com uma planta por recipiente), totalizando 100 unidades experimentais. Para configuração dos tratamentos foi estabelecido que a medida em que as doses de um nutriente variassem, as outras estabelecidas aos demais permaneciam fixas (Tabela 2). Antes da sementeira, aplicou-se uma solução de micronutrientes composta por: 0,81 mg dm<sup>-3</sup> de boro (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), 1,33 mg dm<sup>-3</sup> de cobre (CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O), 0,15 mg dm<sup>-3</sup> de molibdênio ((NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O), 3,66 mg dm<sup>-3</sup> de manganês (MnCl<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O) e 4,0 mg dm<sup>-3</sup> de zinco (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O), como indicado por Alvarez (1974).

**Tabela 2.** Tratamentos utilizados, obtidos pela matriz baconiana com as respectivas doses dos nutrientes aplicados ao substrato de cultivo.

Codificação	Tratamentos	Doses	Unidades	
T1	Solo sem adubação	-	-	
T2	Dose referência*	-	mg dm <sup>-3</sup> /cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	
T3	Nitrogênio (N)**	75,0	mg dm <sup>-3</sup>	
T4		225,0		
T5		300,0		
T6	Fósforo (P)**	30,0		
T7		90,0		
T8		120,0		
T9	Potássio (K)**	75,0		
T10		225,0		
T11		300,0		
T12	Cálcio (Ca)**	0,5		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
T13		1,5		
T14		2,0		
T15	Magnésio (Mg)**	0,2		
T16		0,6		
T17		0,8		
T18	Enxofre (S)**	20,0	mg dm <sup>-3</sup>	
T19		60,0		
T20		80,0		

\* Valores da dose de referência: N = 150,0 mg dm<sup>-3</sup>; P = 60,0 mg dm<sup>-3</sup>; K = 150,0 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; S = 40,0 mg dm<sup>-3</sup>.

\*\* Em cada tratamento, apenas o nutriente indicado teve variação na dose, permanecendo a dos demais nutrientes iguais à dose de referência.

\* Aplicou-se uma solução de micronutrientes composta por: 0,81 mg dm<sup>-3</sup> de boro (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), 1,33 mg dm<sup>-3</sup> de cobre (CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O), 0,15 mg dm<sup>-3</sup> de molibdênio ((NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O), 3,66 mg dm<sup>-3</sup> de manganês (MnCl<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O) e 4,0 mg dm<sup>-3</sup> de zinco (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Utilizou-se como substrato 6,0 kg de solo em cada vaso plástico, o qual apresentava capacidade de 6 dm<sup>3</sup>, posteriormente foi adicionado ao solo as doses de cálcio e magnésio, sendo empregada uma mistura de CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub>, nas quantidades definidas pelos tratamentos e homogeneizados. Depois desta aplicação, os solos passaram por um período de incubação de 45 dias, com objetivo de garantir a efetividade da solubilização dos fertilizantes utilizados e o teor de água foi mantido próximo à 60% da capacidade de campo, de acordo Marques et al., (2015).

Após o período de incubação por 45 dias, foram adicionados os demais nutrientes de acordo as quantidades definidas na Tabela 2. Todos os fertilizantes foram aplicados no momento do plantio, com exceção do nitrogênio, que teve sua dose parcelada, metade realizada durante o plantio e a outra metade aplicada 30 dias após a primeira aplicação. Os sais utilizados foram: (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para N e S; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> para K e P; KCl para K e CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O para N.

A semeadura foi realizada em recipientes plásticos de polietileno com capacidade de 0,3 dm<sup>3</sup> sendo utilizadas três sementes de *O. basilicum* por recipiente (com argissolo amarelo distrófico), as quais, foram obtidas comercialmente (marca Feltrin®). Decorridos 21 dias, as mudas mais uniformes foram cuidadosamente selecionadas e, posteriormente transplantadas para os vasos definitivos com capacidade de 6,0 dm<sup>3</sup> contendo o solo já corrigido de acordo os tratamentos definidos.

Foi realizado ensaios prévios para determinação da capacidade de campo do solo trabalhado, e com isso, baseado em trabalhos científicos como de Martins et al., 2017, foi definido a manutenção da capacidade de campo à 70%, sendo realizada a irrigação diariamente de acordo a evapotranspiração de cada vaso. Também foi utilizado um termo-higrômetro para aferição da temperatura e umidade relativa do ar durante o período do experimento, registrando valores médios de 30-38°C e 85% respectivamente. Durante o estudo não existiu a necessidade do controle de plantas invasoras, pragas ou doenças.

Aos 50 dias após o transplantio às 08 horas da manhã foram colhidas as folhas para obtenção do óleo essencial, além dos caules e raízes das plantas. Foram colhidas folhas do terceiro par, sendo elas, maduras fisiologicamente para determinação da diagnose nutricional. As raízes foram coletadas utilizando uma peneira de 2mm, sendo lavadas cuidadosamente em água corrente. E posteriormente, foram acondicionados individualmente em sacos de papel e colocadas em estufa, com circulação forçada de ar, 45°C ± 2°C, até atingir peso constante. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley, padronizado com peneira de 20

mesh e acondicionadas em sacos plásticos. Aproximadamente 0,1 g da massa seca das folhas, caule e raízes foram submetidas à digestão ácida em uma mistura de 3,5 mL de ácido sulfúrico concentrado (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e 3 mL de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) a 30%, em capela de exaustão, conforme descrito em Jones (2001). O material digerido foi diluído para 100 mL com água destilada, obtendo-se assim, o extrato para realização das análises de nitrogênio (N) e fósforo (P). Os teores de N foram determinados pelo método espectrofotométrico do fenol-hipoclorito (Weatherburn, 1967) e os de P pelo método espectrofotométrico do molibdo-vanadato (FAITHFULL, 2002). O acúmulo de cada nutriente foi calculado multiplicando o teor encontrado e a fitomassa das diferentes partes da planta.

O material destinado a extração do óleo essencial, foram pesados para obtenção da massa seca (gramas de massa seca), e destinados para extração de óleo através do método de hidrodestilação por arraste de vapor d'água, dotado de um aparato do tipo Clevenger graduado, acoplados nos balões de vidro, aquecidos por mantas térmicas elétricas com termostato. (OLIVEIRA et al., 2012, SANTOS et al., 2004). A extração do óleo essencial das plantas de *O. basilicum* foi realizada no Laboratório de fitoquímica da UFRB.

Utilizou-se 1,0 g de massa da matéria seca de folhas para determinação do teor de umidade, sendo as amostras desidratadas a temperatura de 70°C, até peso constante. Fez-se necessário a junção das repetições de cada tratamento para obtenção da quantidade de fitomassa suficiente para extração do óleo.

Foram utilizadas 19,6 g de cada amostra, colocadas em balão de vidro de 1,0L contendo água destilada em volume suficiente para cobertura total do material vegetal. O processo de extração foi conduzido durante 2,0 horas, contadas a partir da condensação da primeira gota de óleo essencial, sendo verificado o volume extraído na coluna graduada do Clevenger. Posteriormente, com o uso da pipeta do tipo Pasteur, o óleo foi acondicionado em frasco de vidro com capacidade para 2,0 mL, etiquetado e armazenado em congelador comercial a -5°C até a realização da análise química.

### **Obtenção do teor e rendimento de óleo essencial**

O cálculo do teor de óleo essencial foi realizado conforme Alves et al. (2015), a partir da base livre de umidade (BLU), que corresponde ao volume (mL) de óleo essencial em relação à massa seca.

(1)

$$T_o = \frac{V_o}{M_s - U} \times 100$$

Onde:  $T_o$  = Teor de óleo (%);  $V_o$  = Volume de óleo extraído;  $M_s$  = Fitomassa vegetal;  $U$  = Umidade presente na fitomassa.

**O rendimento do óleo foi obtido:**

$$R_o = \frac{T_o \times M_s}{100} \quad (2)$$

Onde:  $R_o$  = Rendimento de óleo ( $g\ kg^{-1}$ ),  $T_o$  = Teor de óleo (%) e  $M_s$  = Fitomassa vegetal.

**A produtividade ( $L\ ha^{-1}$ ) foi calculada empregando-se a seguinte equação:**

$$P_o = R_o \times n \quad (3)$$

Onde:  $P_o$  = Produtividade em litros por hectare,  $R_o$  = Rendimento de óleo ( $g\ kg^{-1}$ ) e  $n$  = número de plantas por hectare.

Os dados foram interpretados estatisticamente através das análises de variância e regressão, utilizando-se o programa estatístico SISVAR. As curvas de resposta à adição das doses de cada nutriente resultaram em modelos de regressão nos quais os coeficientes foram testados com base nos valores do quadrado médio do resíduo da ANOVA, sendo analisada a 1 e 5 % de probabilidade (FERREIRA, 2011). Os valores observados para o óleo essencial foram avaliados em função do desvio padrão das médias observadas em cada tratamento, em virtude do agrupamento de amostras para obtenção de maior quantidade de fitomassa das folhas.

## **Resultados e Discussão**

A partir da análise das médias obtidas foi verificado, efeito significativo (Tabela 3) no teor de N nas diferentes partes vegetais do *O. basilicum* em função das doses crescentes de macronutrientes. Considerando a análise de regressão, foi possível estimar a melhor dose para cada nutriente, permanecendo os demais fixos no nível referencial. As doses estimadas (DE) para o acúmulo de N nas folhas foram: N: 165,27; P: 83,75; K: 172,56 (valores expressos em  $mg\ dm^{-3}$ ); Ca: 0,91; Mg: 0,37 (ambos em  $cmol_c\ dm^{-3}$ ) e S: 46,50  $mg\ dm^{-3}$ . Também foi observado, valores de N acima de 45  $g\ kg^{-1}$  (Tabela 3) em função dos macronutrientes estudados, destacando-se as doses de K e S, as quais promoveram os maiores acúmulos (51,45 e 51,58  $g\ kg^{-1}$  respectivamente) de N nas folhas de manjeriço.

**Tabela 3.** Estimativas geradas em razão da aplicação de doses crescentes de N, P, K e S em  $\text{mg dm}^{-3}$  e Ca e Mg em  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  das seguintes variáveis: N folha, N caule, N raiz e N total, em plantas de *Ocimum basilicum*. L.

Variáveis	Nutrientes	Equação	R <sup>2</sup> (%)	Dose estimada
N Folha ( $\text{g kg}^{-1}$ )	N	Y <sup>**</sup> : $26,34+0,238x-0,00072x^2$	69,71	165,27
	P	Y <sup>**</sup> : $26,93+0,536x-0,0032x^2$	82,22	83,75
	K	Y <sup>**</sup> : $27,04+0,283x-0,00082x^2$	96,12	172,56
	Ca	Y <sup>**</sup> : $30,0+38,05x-20,09x^2$	73,71	0,91
	Mg	Y <sup>**</sup> : $29,65+85,50x-116,75x^2$	61,21	0,37
	S	Y <sup>**</sup> : $27,8+1,023x-0,011x^2$	96,16	46,50
N Caule ( $\text{g kg}^{-1}$ )	N	Y <sup>**</sup> : $3,64+0,027x$	70,49	300,00
	P	Y <sup>**</sup> : $5,08+0,04x-0,00043x^2$	90,93	46,51
	K	Y <sup>*</sup> : $5,02+0,014x-0,000038x^2$	98,26	184,21
	Ca	Y <sup>**</sup> : $4,72+2,744x$	80,44	2,00
	Mg	Y <sup>**</sup> : $7,37+12,97x-20,56x^2$	21,69	0,31
	S	Y <sup>**</sup> : $7,0+0,129x-0,0021x^2$	29,79	30,71
N Raiz ( $\text{g kg}^{-1}$ )	N	Y <sup>**</sup> : $7,56+0,0295x$	89,8	300,00
	P	Y <sup>**</sup> : $7,79+0,061x$	91,0	120,00
	K	Y <sup>**</sup> : $8,07+0,045x-0,00012x^2$	38,49	187,50
	Ca	Y <sup>**</sup> : $8,44+5,586x-3,844x^2$	95,69	0,73
	Mg	Y <sup>**</sup> : $8,31+13,36x-16,5x^2$	56,19	0,40
	S	Y <sup>**</sup> : $8,88+0,055x-0,001x^2$	74,89	27,50
N Total ( $\text{g kg}^{-1}$ )	N	Y <sup>**</sup> : $40,6+0,213x-0,000452x^2$	80,48	235,61
	P	Y <sup>**</sup> : $40,76+0,575x-0,00315x^2$	87,17	91,27
	K	Y <sup>**</sup> : $40,14+0,343x-0,00098x^2$	94,65	175,00
	Ca	Y <sup>**</sup> : $43,22+46,22x-23,86x^2$	87,26	0,97
	Mg	Y <sup>**</sup> : $45,34+111,84x-153,82x^2$	73,91	0,36
	S	Y <sup>**</sup> : $43,69+1,209x-0,0144x^2$	92,95	41,98

\*\*Significativo a 1% de probabilidade, \*significativo a 5% de probabilidade.

Observa-se que ocorreu efeito sinérgico entre o acúmulo de N nas folhas e as dosagens de K e S. Por se tratar de um macronutriente primário e por participar de diversas atividades metabólicas, o N caracteriza-se por ser o elemento requerido em maiores quantidades por grande parte das espécies vegetais (FERNANDES et al., 2018). Os valores observados nesta variável são semelhantes àqueles encontrados por Marques et al., (2015) ao avaliarem os teores de nutrientes em folhas de *O. basilicum* com diferentes doses de K em colheitas sucessivas.

Para as variáveis N no caule e na raiz, foi constatado maiores valores em função das doses crescentes de N, sendo 11,74 e 16,41  $\text{g kg}^{-1}$  respectivamente (Tabela 3). A DE para cada elemento considerando as análises de regressão para N caule são: N: 300,00; P: 46,51; K: 184,21 (valores expressos em  $\text{mg dm}^{-3}$ ); Ca: 2,00; Mg: 0,40 (ambos em  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) e S: 30,71  $\text{mg dm}^{-3}$ . É importante destacar que, tanto a dose de N quanto a de Ca foram 100% superiores àquelas consideradas como referência para a cultura.

Para N nas raízes observou-se que as DE foram: N: 300,00; P: 120,00 K: 187,50 (valores expressos em  $\text{mg dm}^{-3}$ ); Ca: 0,73; Mg: 0,40 ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) e S: 27,50  $\text{mg dm}^{-3}$ . Os valores estimados para essa variável revelaram que as plantas de *O. basilicum* apresentaram maiores teores de N nas raízes do que no caule. Isso provavelmente está associado a possibilidade de grande parte do N absorvido ter sido metabolizado e alocado nos órgãos de reserva das folhas e raízes.

Também foi verificado efeito significativo a 1% de probabilidade para todos os macronutrientes para variável N total (Tabela 3), com desempenho semelhante ao observado para N nas folhas, destacando os maiores valores estimados em função das doses de K e S (70,15 e 69,06  $\text{g kg}^{-1}$  respectivamente) e tendo as seguintes DE: N: 235,61; P: 91,27; K: 175,00 (valores expressos em  $\text{mg dm}^{-3}$ ); Ca: 0,97; Mg: 0,36 (ambos em  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) e S: 41,98  $\text{mg dm}^{-3}$ .

Para os valores de P nas folhas, foi verificado teor médio de 2,60  $\text{g kg}^{-1}$  (Tabela 4) entre as DE, sendo: N: 300,00; P: 120,00; K: 150,00 (valores expressos em  $\text{mg dm}^{-3}$ ); Ca: 1,02; Mg: 0,43 (ambos em  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) e S: 80,00  $\text{mg dm}^{-3}$ . É importante destacar que houve efeito linear para as doses crescentes de N, P e S, ou seja, a quantidade de P retida no tecido vegetal era significativamente acrescida com o aumento das doses desses nutrientes. O maior valor encontrado foi em função da DE de P, sendo 3,82  $\text{g kg}^{-1}$ .

**Tabela 4.** Estimativas geradas em razão da aplicação de doses crescentes de N, P, K e S em mg dm<sup>-3</sup> e Ca e Mg em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> das seguintes variáveis: P folha, P caule, P raiz e P total, em plantas de *Ocimum basilicum* L.

Variáveis (g kg <sup>-1</sup> )	Nutrientes	Equação	R <sup>2</sup> (%)	Dose estimada
P Folha	N	Y <sup>**</sup> : 1,54+0,004x	94,97	300,00
	P	Y <sup>**</sup> : 1,34+0,0207x	92,19	120,00
	K	Y <sup>**</sup> : 1,50+0,006x-0,00002x <sup>2</sup>	81,14	150,00
	Ca	Y <sup>**</sup> : 1,48+1,29x-0,632x <sup>2</sup>	95,65	1,02
	Mg	Y <sup>**</sup> : 1,53+2,66x-3,07x <sup>2</sup>	70,73	0,43
	S	Y <sup>**</sup> : 1,68+0,0089x	68,06	80,00
P Caule	N	Y <sup>**</sup> : 2,83+0,004x-0,000017x <sup>2</sup>	45,57	117,65
	P	Y <sup>**</sup> : 2,75+0,008x-0,000079x <sup>2</sup>	69,37	50,63
	K	Y <sup>*</sup> : 2,64+0,005x-0,000016x <sup>2</sup>	69,36	156,25
	Ca	Y <sup>**</sup> : 2,74+0,45x-0,499x <sup>2</sup>	76,15	0,45
	Mg	Y <sup>**</sup> : 2,68+1,07x	96,74	0,80
	S	Y: 2,79-0,00008x		20,00
P Raiz	N	Y <sup>*</sup> : 0,95+0,008x-0,000023x <sup>2</sup>	97,16	173,91
	P	Y <sup>**</sup> : 0,95+0,01x-0,000123x <sup>2</sup>	73,39	40,65
	K	Y <sup>*</sup> : 1,01+0,008x-0,000025x <sup>2</sup>	91,10	160,00
	Ca	Y <sup>**</sup> : 1,11+1,24x-0,671x <sup>2</sup>	67,42	0,92
	Mg	Y <sup>**</sup> : 0,97+2,79x-3,02x <sup>2</sup>	89,54	0,48
	S	Y <sup>**</sup> : 0,91+0,022x-0,00028x <sup>2</sup>	42,45	39,28
P Total	N	Y <sup>**</sup> : 5,77+0,005x	62,69	300,00
	P	Y <sup>**</sup> : 5,41+0,021x	94,03	120,00
	K	Y <sup>**</sup> : 5,16+0,0204x-0,000062x <sup>2</sup>	98,81	164,52
	Ca	Y <sup>**</sup> : 5,33+2,98x-1,80x <sup>2</sup>	79,21	0,83
	Mg	Y <sup>**</sup> : 5,67+1,65x	65,96	0,80
	S	Y <sup>**</sup> : 5,11+0,059x-0,00063x <sup>2</sup>	77,71	48,82

\*\*Significativo a 1% de probabilidade, \*significativo a 5% de probabilidade.

Entretanto, é necessário observar que nem sempre os maiores acúmulos desses nutrientes no tecido foliar irão refletir em produtividade para a espécie, e foi justamente o observado neste estudo. Isso corrobora com o trabalho desenvolvido por Lima et al., (2020) ao avaliarem o crescimento e rendimento do *O. basilicum* em função de adubações com macronutrientes, sendo verificado que as DE para os maiores acúmulos de fitomassa das folhas para N e P foram 250,00 e 80,66 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Sendo assim os níveis críticos de N nas folhas para máxima fitomassa fica entre 40,84 e 49,40 g kg<sup>-1</sup> e para o P entre 2,54 e 3,01g kg<sup>-1</sup>. Esse fenômeno é explicado pela exigência nutricional de cada planta, existindo uma concentração ideal para cada nutriente, com isso, dosagens abaixo dessa faixa é notória a redução no crescimento e produtividade (TAIZ et al., 2017).

Efeito significativo a 1% de probabilidade também foi observado para o acúmulo de P no caule em função de todos os nutrientes estudados, com exceção do S. Para esta variável as DE foram: N: 117,65; P: 50,63; K: 156,25 (valores expressos em mg dm<sup>-3</sup>); Ca: 0,45; Mg: 0,80

(ambos em  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) e S:  $20,00 \text{ mg dm}^{-3}$ . A partir dessas doses estimadas observa-se que as plantas de *O. basilicum* apresentaram maior retenção média do P no caule do que nas folhas, destaque para o Mg que promoveu o incremento de P em torno de  $3,54 \text{ g kg}^{-1}$ , demonstrando assim foi provável existiu sinergismo entre esses nutrientes.

Os valores observados para o P na raiz demonstraram que essa é a região de menor acúmulo deste nutriente quando comparada às demais, com uma média de  $1,51 \text{ g kg}^{-1}$  de P. Para efeito comparativo, as folhas de manjeriço acumularam em média 72% mais P do que as suas raízes. Mais uma vez foi verificado que as DE eram diferentes daquelas consideradas como referência, sendo: N: 173,91; P: 40,65; K: 160,00 e S:  $39,28 \text{ mg dm}^{-3}$  (valores expressos em  $\text{mg dm}^{-3}$ ); Ca: 0,92; Mg: 0,48 (ambos em  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ).

Para o P total, também foi verificado efeito significativo em função de todos os nutrientes estudados, destacando que os maiores acúmulos foram observados com as DE de N e P, sendo: 7,27 e  $7,93 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente. É importante destacar que houve uma relação linear crescente (Tabela 4) para as doses testadas de N, P e Mg, com isso as DE foram: N: 300,00; P: 120,00; K: 164,52 (valores expressos em  $\text{mg dm}^{-3}$ ); Ca: 0,83; Mg: 0,80 (ambos em  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) e S:  $48,82 \text{ mg dm}^{-3}$ .

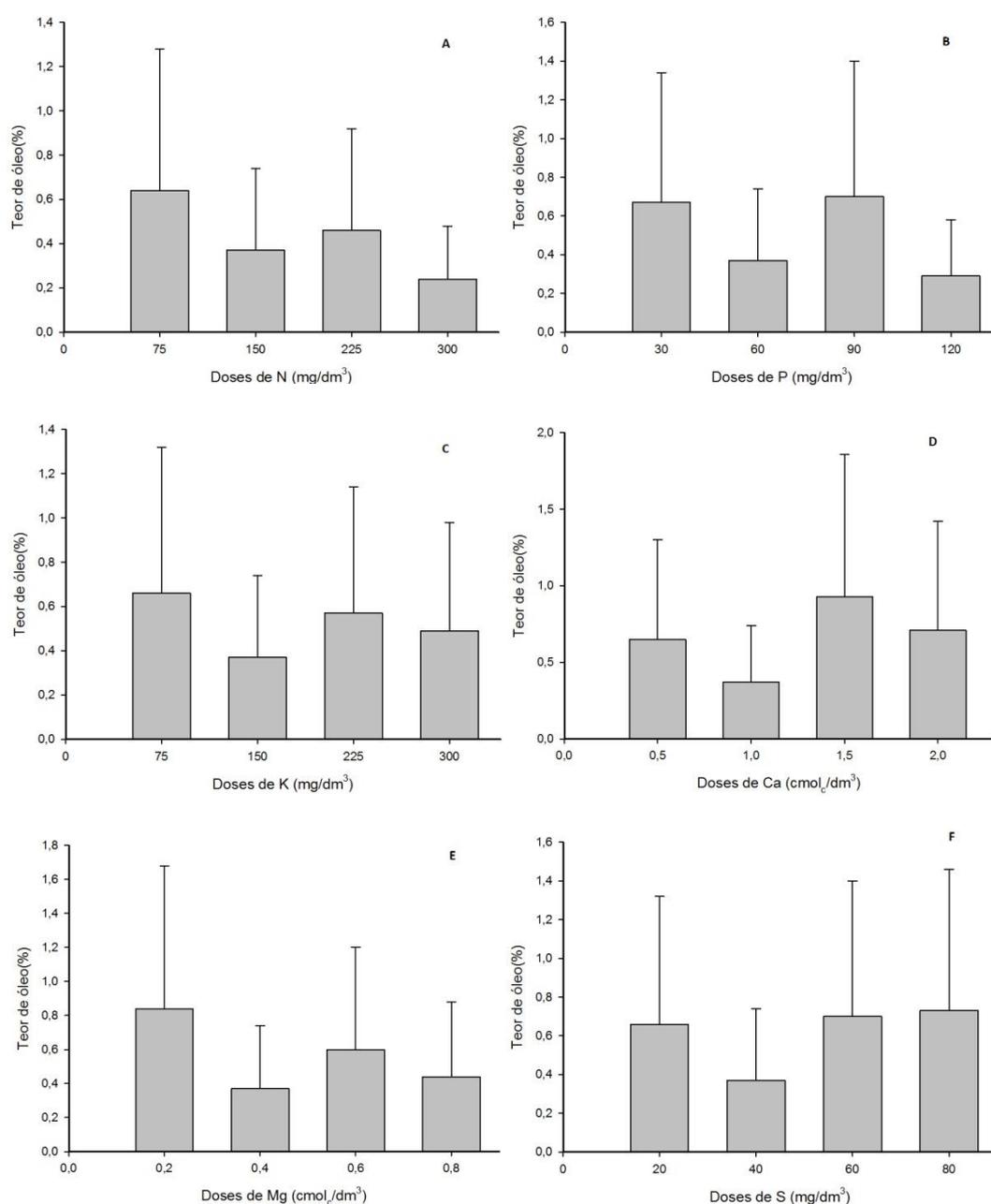
Esses resultados são importantes para o controle e acompanhamento do estado nutricional das plantas de *O. basilicum*, permitindo assim serem utilizados como padrões de referência nos cultivos agrícolas desta espécie.

O tratamento sem adubação não permitiu a extração do óleo essencial, isso porque a produção de fitomassa seca vegetal nesse tratamento não foi suficiente (4,94g) mesmo agrupando as repetições do mesmo tratamento. Evidenciando assim que a limitação no fornecimento dos macronutrientes para as plantas de *O. basilicum* pode comprometer a produtividade do óleo.

A dose referência (DR) não apresentou influência positiva no teor de óleo essencial (Figura 1) com todos os nutrientes testados, isso provavelmente ocorreu porque sua produção está intimamente atrelada ao metabolismo secundário das plantas, que, quando submetidas às condições de estresse, desenvolvem estratégias adaptativas para manutenção do seu crescimento e expressão do seu potencial genético pleno. Os óleos essenciais são produtos do metabolismo secundário, esses atuam na resistência à estresses ambientais, proteção contra

patógenos (vírus, bacterioses, infecções fúngicas e herbívoras), além de servirem como repelentes e atraentes de outros organismos (TAIZ et al., 2017; MIRANDA et al., 2016).

O tratamento com  $1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  Ca foi o que proporcionou o maior valor (0,93%) no teor de óleo essencial das plantas de *O. basilicum* (Figura 1D), seguido daquele que continha  $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  Mg (Figura 1E) com 0,84%. Possivelmente essa suplementação com Ca favoreceu a alterações no pH, saturação por bases e CTC do solo, potencializando a produção desses metabólitos (Tabela 1). Já para o Mg o fator que pode ter influenciado foi a baixa concentração deste nutriente, ficando evidente o equilíbrio entre a relação Ca/Mg no solo.

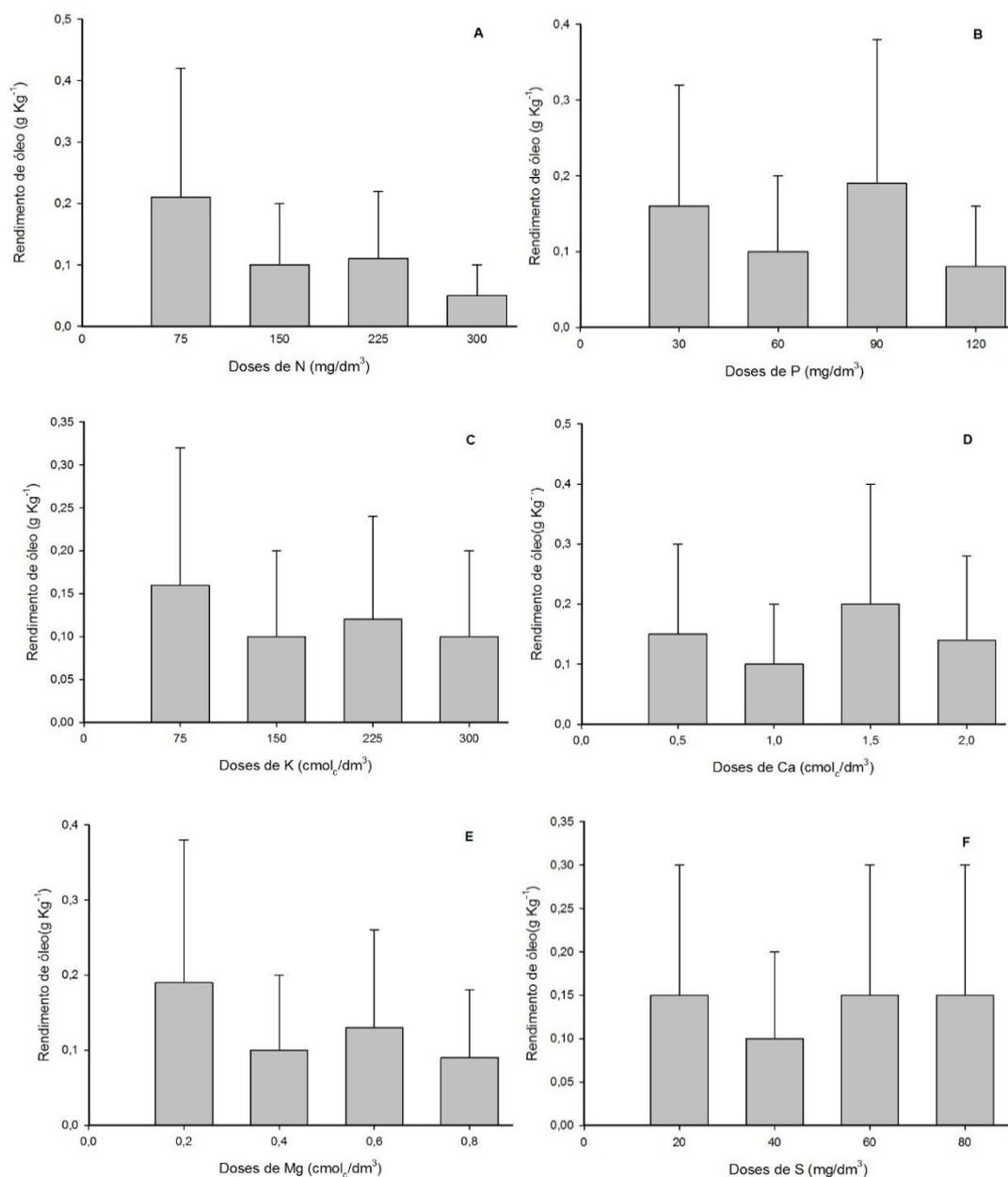


**Figura 1.** Teor de óleo essencial (%) de plantas de *Ocimum basilicum* L. cultivadas com macronutrientes em Argissolo amarelo distrófico. As barras representam o erro padrão em cada valor observado.

Estudando diferentes cultivares de *O. basilicum* em diferentes horários de colheita, Alcântara et al., (2018) encontraram os maiores teores de óleo essencial para Alfavaca Basilicão (0,17%) às 14h e 0,27% às 21h para o Toscano Folha de Alface, sendo esses inferiores aos valores observados neste trabalho, destacando assim que o manejo da nutrição mineral pode apresentar-se como fator promissor na produção desses metabólitos.

Os resultados observados em relação ao rendimento de óleo essencial mostraram que as plantas cultivadas com a DR apresentaram, na maioria dos casos, valores inferiores aos demais tratamentos. Essa variável está relacionada à fitomassa das folhas, existindo uma relação proporcional direta, como pode ser observado na Figura 2. O maior valor de rendimento ( $0,21 \text{ g kg}^{-1}$ ) foi encontrado na dose  $75,00 \text{ mg de N dm}^{-3}$  (Figura 2A), seguido do tratamento com  $1,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ Ca}$  que apresentou  $0,20 \text{ g kg}^{-1}$  (Figura 2D), destacando que o último também promoveu o maior teor observado (Figura 1D). É importante ressaltar que os tratamentos com  $90,00 \text{ mg de P dm}^{-3}$  e  $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ Mg}$  não diferiram entre si, apresentando valores de  $0,19 \text{ g kg}^{-1}$  (Figuras 2B e 2D, respectivamente).

Em outro estudo, estudando o teor e composição do óleo essencial de quatro acessos e duas cultivares de *O. basilicum*, Veloso et al., (2014) verificaram que o maior teor de óleo essencial foi obtido na cultivar Maria Bonita (3,77%). Esses resultados, foram superiores aqueles observados neste trabalho, destacando que existe características específicas que tendem a favorecer o desempenho de cada cultivar.

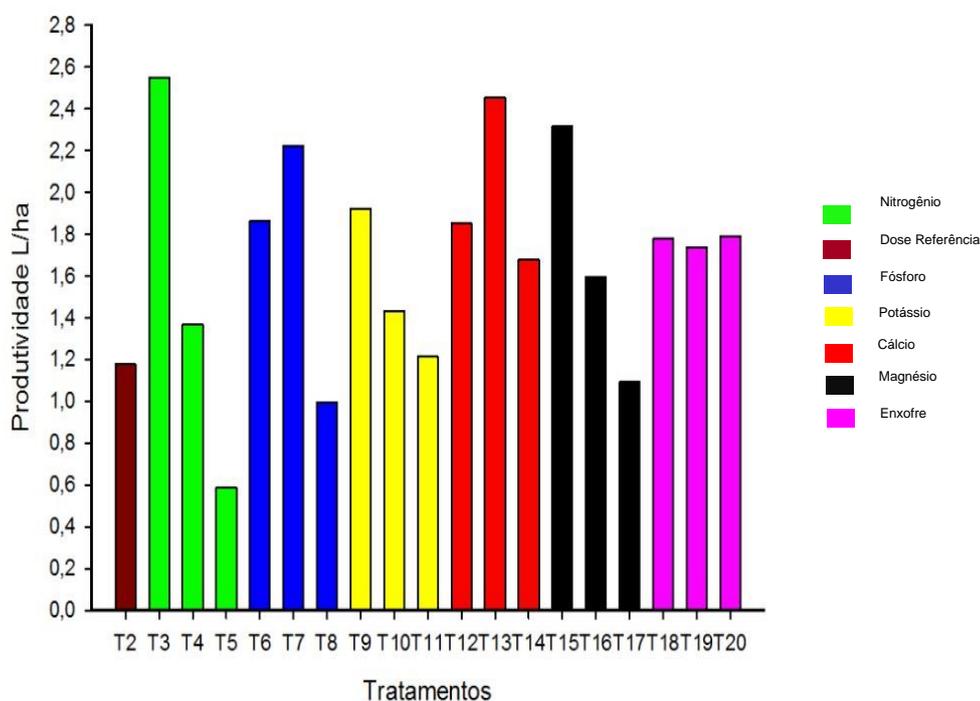


**Figura 2.** Rendimento de óleo essencial (%) de plantas de *Ocimum basilicum L.* cultivadas com macronutrientes em Argissolo amarelo distrófico. As barras representam o erro padrão em cada valor observado.

Trabalhando com compostos orgânicos inoculados com Actinobactérias na adubação do *O. basilicum*, Carmo et al., (2019) não observaram diferenças significativas no rendimento de óleo essencial utilizando a parte aérea (PA) das plantas, destacando valores acima de 60 kg ha<sup>-1</sup>. É notório que a utilização da PA (folhas + caules) do vegetal pode subestimar esses resultados, visto que é realizada a correlação do volume extraído com a fitomassa utilizada. Sendo assim,

esses valores são extremamente importantes para a projeção da produtividade desses metabólitos.

Também foi possível observar que os resultados de produtividade se assemelharam aqueles encontrados no rendimento de óleo, fazendo a estimativa para a produção em litros por hectare considerando um stand de 60 mil plantas. Neste sentido, o maior volume de óleo (2,55 L ha<sup>-1</sup>), provavelmente, seria encontrado no tratamento com o fornecimento de 75 mg de N dm<sup>-3</sup> (Figura 3). Destacando que esses óleos custam, em média, R\$ 27,00 por 10 mL, a produtividade de um hectare considerando esse stand pode render uma receita superior a R\$6.800,00 (seis mil e oitocentos reais) (BELA VIDA NATURAL, 2019).



**Figura 3.** Produtividade de óleo essencial (L ha<sup>-1</sup>) de plantas de *Ocimum basilicum* L. cultivadas com macronutrientes em Argissolo amarelo distrófico.

Os resultados estimados para os tratamentos T7, T13 e T15 foram de 2,22; 2,45 e 2,32 L ha<sup>-1</sup> de óleo essencial de *O. basilicum*, respectivamente. Estudando a produtividade do óleo essencial em genótipos de *O. basilicum* em condições hidropônicas com estresse salino, Gondin Mesquita Filho et al., (2018) observaram que o “Alfavaca Basilicão” foi o mais indicado, apresentando valores médios de 0,47 mL m<sup>-1</sup> considerando a condutividade elétrica da solução nutritiva até 8,15 dS m<sup>-1</sup>. Resultados inferiores aos observados neste estudo, destacando assim, como os fatores abióticos podem influenciar a produtividade desses óleos essenciais.

Ao avaliar a importância dos adubos e fertilizantes minerais no crescimento e rendimento de óleo essencial de *O. basilicum*, Carmo et al., (2021) verificaram o rendimento de 5,0 kg ha<sup>-1</sup> utilizando o substrato pós-cultivo de cogumelo + e húmus de minhoca na proporção 75:25% considerando o equivalente a 20 t ha<sup>-1</sup>. Resultados que diferem daqueles observados neste estudo.

## Conclusões

O acúmulo máximo de N e P em folhas de *O. basilicum* para o pleno desempenho vegetal é de 51,0 e 3,0 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

As maiores concentrações de N em plantas de *O. basilicum* são encontradas a partir das doses estimadas com N: 235,61; P: 91,27; K: 175,00 (valores expressos em mg dm<sup>-3</sup>); Ca: 0,97; Mg: 0,36 (ambos em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e S: 41,98 mg dm<sup>-3</sup>.

O acúmulo máximo de P em plantas de manjeriço quando cultivadas em Argissolo Amarelo distrófico em casa de vegetação é de 7,9 g kg<sup>-1</sup>.

## Referências

ABREU, C. B. et al. Qualidade de luz no crescimento inicial de plantas de manjeriço (*Ocimum Basilicum* L.) em ambiente controlado. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, p. 1855-1862, 2013.

ALCANTARA, F. D. O. et al. Teor e fitoquímica de óleo essencial de manjeriço em diferentes horários de colheita. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 4, p. 1-6, 2018.

ALVES, L. S. et al. Teor, rendimento e composição química do óleo essencial de plantas de manjeriço submetidas ao estresse salino com NaCl. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n.4, p.807–813, 2015.

BARBALHO, S. M. et al. Sweet basil (*Ocimum basilicum*): Much more than a condiment. **Tang [humanitas Medicine]**, v 2, n.1, p.3.1-3.5, 2012.

BELA VIDA NATURAL. Disponível em: [https://www.belavidanatural.com.br/p/oleo-essencial-de-manjericao-11ml-phytoterapica/campanha\\_id/1?gclid=EAiaIQobChMIxP7WzeLB4gIVhxCRCh2ANQIVEAQYAYABEgJtlvD\\_BwE](https://www.belavidanatural.com.br/p/oleo-essencial-de-manjericao-11ml-phytoterapica/campanha_id/1?gclid=EAiaIQobChMIxP7WzeLB4gIVhxCRCh2ANQIVEAQYAYABEgJtlvD_BwE) Acesso em: 29/05/2019.

- CARMO, C. O. et al. Spent mushroom substrate of *Pleurotus ostreatus* kummer increases basil biomass and essential oil yield. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 34, n. 3, p. 548 –558, 2021.
- CARMO, C. O. et al. Utilização de compostos orgânicos inoculados com Actinobactérias na adubação de manjeriço (*Ocimum basilicum L.*). **Revista Magistra**, v. 30, p. 18-27, 2019.
- CALIXTO, J.B. Efficacy, safety, quality control, market and regulatory guidelines for herbal medicines (phytotherapeutic agents). **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 33, n.2, p. 179-189, 2000.
- ELMER, W. H.; DATNOFF, L. E. Mineral Nutrition and Suppression of Plant Disease. **Encyclopedia of Agriculture and Food Systems**, p. 231–244, 2014.
- FAITHFULL, N.T. Methods in agricultural chemical analysis: a practical handbook. **Wallingford: CABI Publishing**, p. 262, 2002.
- FAVORITO, P. A. et al. Características produtivas do manjeriço (*Ocimum basilicum L.*) em função do espaçamento entre plantas e entre linhas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, p. 582-586, 2011.
- FERNANDES, M. S. et al. **Nutrição Mineral de Plantas**. 2ª ed. Viçosa-Mg, 2018.
- FERREIRA, S. D. et al. Efeito da adubação nitrogenada e da sazonalidade na produtividade de *Ocimum basilicum L.* **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 18, p. 67-73, 2016.
- FERREIRA, D. F.; Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35 n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- JONES, J.B. **Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis**. CRC. Press, p.205-206, 2001.
- LIMA, J. C. Macronutrient fertilizers on basil growth and yield. **Comunicata Scientiae**. v.11, p. 3200, 2020.
- LIMA, J.C. et al. Adubação fosfatada e qualidade de luz na produção de biomassa do capim-limão. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, p. 45-55, 2013.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas. **Nova Odessa: Instituto Plantarum**, 544 p. 2008.

- MARQUES, P. A. A. et al. Consumo hídrico do manjeriço por meio de lisímetro de drenagem. **Irriga**, v. 20, n. 4, p. 745-761. 2015.
- MARQUES, P. A. A. et al. Teores de nutrientes em folhas de manjeriço sob doses de potássio em colheitas sucessivas. **Brazilian Journal of Agriculture**. v.90, n.3, p. 199 - 216, 2015.
- MATOS, L.S. et al. Crescimento inicial e índices de clorofila de manjeriço cv. Maria bonita cultivado sob diferentes condições de luminosidade e concentrações de potássio. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, p. 388-397, 2016.
- MCGRATH, J. M. et al. Soil Fertility and Plant Nutrition. **Encyclopedia of Agriculture and Food Systems**, 166–184, 2014.
- MEIRA, M. R. et al. Crescimento e produção de fitomassa e teor de óleo essencial de melissa (*Melissa officinalis L.*) sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de plantas medicinais**, vol. 14, n.2, p.352-357. 2012
- MIRANDA, C. A. S. F. et al. Óleos essenciais de folhas de diversas espécies: propriedades antioxidantes e antibacterianas no crescimento espécies patogênicas. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, p. 213-220. 2016.
- NASCIMENTO, W. D. M. C. et al. Plantas medicinais e sua utilização pelas comunidades do município de Sobral, Ceará. **SANARE-Revista de Políticas Públicas**, v. 12, n. 1, p. 46-53. 2013.
- NOVAES, R. F. et al. **Fertilidade do solo**, 1017p. 2007.
- OLIVEIRA, V.C. et al. Metabólitos secundários e características anatômicas de folhas de orégano (*Origanum vulgare ssp. hirtum*) cultivado sob malhas coloridas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n.1 p. 170-177. 2016.
- OLIVEIRA, J. B., **Pedologia aplicada**. Piracicaba. 4 ed. 592p. 2011.
- PAULUS, D. et al. Biomassa e composição do óleo essencial de manjeriço cultivado sob malhas fotoconversoras e colhido em diferentes épocas. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 46-53, 2016.
- SILVA, L.F. **Gênese e classificação de solos do Jardim Botânico de Porto Alegre, RS**. 2014.

- SANTOS, A.S. **Óleos essenciais: uma abordagem econômica e industrial**. São Paulo: Ed. Interferência, 347p. 2011.
- SANTOS, A. S. Descrição de Sistema e de Métodos de Extração de Óleos Essenciais e Determinação de Umidade de Biomassa em Laboratório. EMBRAPA, (**Comunicado Técnico 99 a**), 2004.
- PAL, P. K. et al. Foliar application of plant nutrients and kinetin modifies growth and essential oil profile in *Rosa damascena* under acidic conditions. **Acta Physiology Plant**, v. 38, p. 176, 2016.
- SCHLOERRING, J. K. et al. The Regulation of ammonium translocation in plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, V.53, n 370, p.883-890, 2002.
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. p.858, 2017.
- TARCHOUNE, I. et al. Effects of NaCl or Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> salinity on plant growth, ion content and photosynthetic activity in *Ocimum basilicum* L. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.34, n.2, p.607–615, 2012.
- TURRENT, F. A. Uso de una matriz mixta para la optimización de cinco a ocho factores controlables de la producción. Chapingo-México: Rama de Suelos, Colégio de Postgraduados, 1979. 65p. (**Boletim Técnico, 6**).
- VELOSO, R. A. et al. Teor e composição do óleo essencial de quatro acessos e duas cultivares de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 16 (2 supl. 1), 364–371, 2014.
- VLASE, L. et al. Evaluation of antioxidant and antimicrobial activities and phenolic profile for *Hyssopus officinalis*, *Ocimum basilicum* and *Teucrium chamaedrys*. **Molecules**. v. 19, p. 5490–5507, 2014.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a finalidade de mitigar erros e ampliar o conhecimento relacionado às exigências nutricionais do *Ocimum basilicum* L., essa pesquisa serve de base para o prosseguimento dos estudos na área. Como a adubação mineral é uma prática necessária para a produção vegetal, validar as dosagens ideais pensando em potencializar a produtividade do *O. basilicum* é de grande valia, principalmente, por ser uma etapa essencial e com relação direta na otimização dos custos com fertilizantes. Além disso, o estabelecimento dos níveis referenciais no tecido foliar (principalmente) e da planta, são pontos chaves para facilitar as interpretações quanto às deficiências nutricionais. Destacando que é necessário a continuação dos estudos com os demais nutrientes.

Os resultados desta pesquisa trazem informações inéditas acerca da produção de óleos essenciais em plantas de *Ocimum basilicum* L., e demonstram assim a sensibilidade desta espécie em relação a adubação nitrogenada e à elevação na disponibilidade de cálcio. Esses dados abrem portas para investigações futuras quanto as exigências nutricionais de mais espécies hortícolas de grande consumo pela população no país, visando ajustar e aumentar a eficiência das adubações.

## APÊNDICE



**Figura 1-** Plantas de *Ocimum basilicum* crescidas com adubação referência e variando as concentrações de Nitrogênio.



**Figura 2-** Plantas de *Ocimum basilicum* crescidas com adubação referência e variando as concentrações de Fósforo.



**Figura 3-** Plantas de *Ocimum basilicum* crescidas com adubação referência e variando as concentrações de Potássio.



**Figura 4-** Plantas de *Ocimum basilicum* crescidas com adubação referência e variando as concentrações de Cálcio.



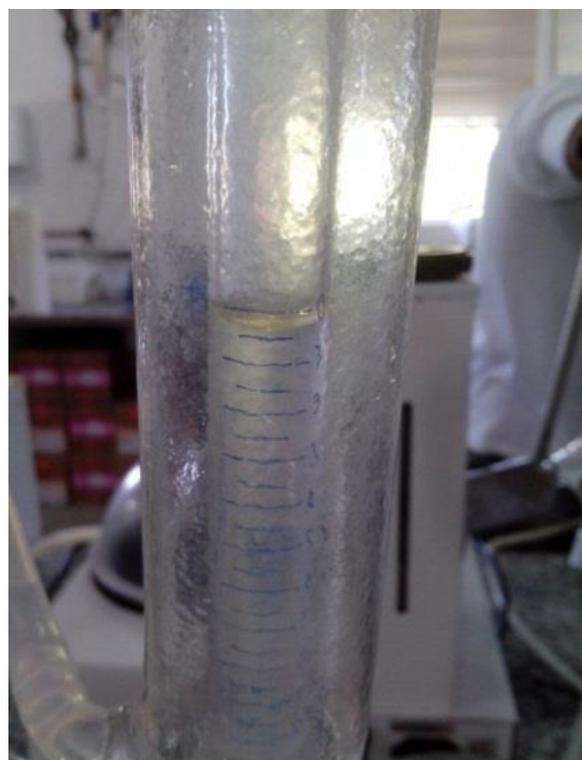
**Figura 5-** Plantas de *Ocimum basilicum* crescidas com adubação referência e variando as concentrações de Magnésio.



**Figura 6-** Plantas de *Ocimum basilicum* crescidas com adubação referência e variando as concentrações de Enxofre.



**Figura 7-** Determinações de altura de plantas e área foliar em plantas de *Ocimum basilicum* cultivadas com Macronutrientes.



**Figura 8-** Extração de óleo essencial utilizando o aparelho Clevergen, em plantas de *Ocimum basilicum* cultivadas com Macronutrientes.