



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS**

***Escola de Ciências Agrárias de Lavras (ESAL)***

**1. Orientador: José Eduardo Brasil Pereira Pinto**

**2. Co-orientador: Rafael Marlon Alves de Assis**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**Adubação verde na produção de biomassa, óleo essencial e na capacidade  
antioxidante de *Origanum vulgare* L. (Lamiaceae)**

Nome: Pedro Grassi Amarante

Relatório Final apresentado à Universidade  
Federal de Lavras, como parte das exigências do  
PIBIC/FAPEMIG, referente ao período de  
Setembro/2021 a Maio/2022.

LAVRAS/MG – JUNHO/2022

## RESUMO

O orégano (*Origanum vulgare* L.) é uma das ervas mais importantes comercialmente da família Lamiaceae. Essa espécie representa uma fonte promissora de produtos naturais bioativos (óleo essencial, extratos ou compostos puros). O manejo da adubação verde é umas das práticas mais usadas para aumentar a biomassa e a produção de óleo essencial nas plantas medicinais. Dentre as espécies usadas na adubação verde a *Crotalaria juncea* L. é uma das mais utilizadas, pois é adaptada às diferentes condições climáticas e do solo no Brasil e destaca-se por sua grande capacidade de produção de biomassa, acúmulo de nutrientes e altas qualidades de seus resíduos. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da adubação verde (*Crotalaria juncea* L.) na produção de biomassa, análise química do óleo essencial, no acúmulo de compostos fenólicos e na atividade antioxidante. Os tratamentos consistiram em doses de adubo verde: 0, 150, 300, 450 e 600 g parte aérea (folha+caule) acrescentado de 200g de raízes de crotalária, 600 g somente com a parte aérea (PA), 200 g somente de raízes do adubo verde e solo + 300 g de esterco de curral curtido por vaso. Aos 90 dias foram avaliados: Matéria seca de folhas (MSF- g planta<sup>-1</sup>); do caule (MSC- g planta<sup>-1</sup>); do sistema radicular (MSR- g planta<sup>-1</sup>); da parte aérea (MSPA- g planta<sup>-1</sup>), que é dada pela soma da MSF e MSC, total (MST= MSF+MSC+MSR) bem como a razão raiz parte aérea (R/PA), teor e rendimento de óleo essencial, fenóis totais, flavonoides totais e capacidade antioxidante total (CAT). As maiores médias de MSF, MSC, MSR, MSPA e MST foram observadas tanto na presença das doses de adubo verde (300, 450, 600 g AV (PA+R) e 600 g AV (PA)) quanto no esterco bovino (300 g). Para o MSF as maiores médias foram de 8.8, 8.71, 8.56 e 8.38 g nas respectivas doses: 300 g AV (PA+R), 600 g GM (pA), 450 g AV (PA+R) e esterco bovino (300 g vaso<sup>-1</sup>). Para o teor e rendimento de óleo essencial foi observado que o adubo verde proporcionou as maiores médias, assim como, o maior acúmulo de flavonoides. No caso da produção de óleo essencial o tratamento sem adubo verde (controle solo) registrou queda de 75% em relação a dose 450 g AV (PA+R) e aproximadamente 71% quando comparado com as doses 300, 600 g AV (PA+R) e 600 g AV (PA). De acordo com esses achados, o manejo orgânico por meio do uso do adubo verde *Crotalaria juncea* L. pode ser benéfico para o cultivo do *O. vulgare* L., pois pode potencializar a produção de biomassa e o princípio ativo presente nessa espécie.

**Palavras chaves:** Orégano, Cultivo orgânico, Metabólito secundário, Sabinene hydrate-trans, Thymol, Terpinen-4-ol.

## 1. INTRODUÇÃO

O orégano (*Origanum vulgare* L.) é uma das ervas mais importantes comercialmente da família Lamiaceae (MORSHELOO et al., 2018), pois tem sido largamente utilizada nas indústrias agrícolas, farmacêuticas e de cosméticos. Essa espécie é bastante conhecida na culinária, sendo usada em molho de tomate, pizzas, salada e até em carnes. Os seus constituintes são utilizados como substância aromatizante em produtos alimentares, bebidas alcoólicas e em perfumaria, por possuir fragrância picante (COQUEIRO et al., 2012; PEREIRA; DOS SANTOS, 2013).

Além disso, conforme Pezzani, Vitalini e Iriti (2017) o orégano representa uma fonte promissora de produtos naturais bioativos (óleo essencial, extratos ou compostos puros), pois apresenta potencial como agente protetor em doenças crônico-degenerativas e infecciosas, devido às atividades anticâncer, anti-inflamatória, antioxidante e antimicrobiana relacionada aos seus fitoquímicos bioativos.

Apesar de o Brasil possuir uma extensa área e uma das floras mais ricas do mundo, é um país com grandes gastos em importações de plantas utilizadas como medicinais e ou condimentares (MOSELE; CECCHIN; DEL FRARI, 2010). Em adição, Moghaddam e Mehdizadeh (2017) afirmam que vários fatores podem influenciar a composição dos óleos essenciais (OE). Esses fatores podem ser intrínsecos e extrínsecos ao vegetal, incluindo condições de crescimento, clima, altitude, tipo de solo, métodos e práticas agrícolas, estágio de desenvolvimento, parte da planta extraída, tempo de colheita, dentre outros fatores.

Outro ponto importante está relacionado com as práticas de cultivos dentro dessa espécie, pois segundo Skoufogianni, Solomou e Danalatos (2019), apesar da extensa literatura disponível sobre o uso do óleo essencial e da biomassa do orégano, existem poucos relatos referente ao cultivo desta planta.

A partir disso, a inovação na área de cultivo para essa espécie é de grande importância para melhorar as práticas de manejo e conseqüentemente a produção de constituintes ativos. E dentre as práticas usadas para aumentar a biomassa e a produção de óleo essencial nas plantas medicinais encontram-se a adubação verde (MARQUES et al., 2018).

Apesar de serem escassas, algumas pesquisas demonstram que o uso da adubação verde pode melhorar os rendimentos de biomassa e a produção de óleo essencial. Os autores Youn et al. (2017) constataram que o uso da adubação verde (*Hordeum vulgare*

L.) influenciou no rendimento radicular, no conteúdo total de polifenóis e na atividade antioxidante de *Cynanchum wilfordii* Hemsley, pois aumentaram na presença desse manejo. Singh et al. (2010) também observaram que a adubação verde (*Vigna unguiculata* L. Walp.) promoveu o aumento da biomassa fresca e o rendimento de óleo essencial da espécie *Cymbopogon martinii* (Roxb.) Wats. var motia Burk., além de melhorar a eficiência do uso do nitrogênio, promovendo uma economia de 30 kg/ha.

Conforme Eiras e Coelho (2011), as plantas da família das Leguminosas (ou Fabaceae) são as mais utilizadas como adubo verde. Uma das principais razões está relacionada com o fato das espécies desta família possuir a capacidade de realizar o processo de simbiose com as bactérias fixadoras do N<sub>2</sub> atmosférico e também devido a rusticidade, à elevada produção de matéria seca e ao sistema radicular profundo (SILVA; MENEZES, 2007).

Dentre as espécies usadas na adubação verde a *Crotalaria juncea* L. é uma das mais utilizadas, pois é adaptada às diferentes condições climáticas e do solo no Brasil e destaca-se por sua grande capacidade de produção de biomassa, acúmulo de nutrientes e altas qualidades de seus resíduos (XAVIER; OLIVEIRA; SILVA, 2017). O autor Duarte Junior (2006) avaliando plantas de cobertura para sistema de plantio direto verificou que a *C. juncea* apresentou maior acúmulo de K, Mg, S, Zn e Fe quando comparada com outras espécies de adubo verde. Conforme Filho et al. (2014) a crotalaria pode apresentar médias de 40,5 t/ha de massa fresca, 17,5 t/ha de massa seca, relação C/N de 18 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

Além disso, essa espécie pode ser usada para recuperar áreas degradadas (RIBEIRO, 2018), para o controle de nematoide (PINHEIRO; MELO; RAGASSI, 2019) e plantas daninhas (FERRACO et al., 2019).

No caso das plantas medicinais, empregar um manejo adequado durante o cultivo é essencial para garantir a qualidade e quantidades dos metabólitos secundários. Portanto, o objetivo por meio deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação verde na produção de biomassa e óleo essencial, bem como, na atividade antioxidante de *Origanum vulgare* L.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo e produção de mudas

O experimento foi conduzido no horto de plantas medicinais do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras, MG. As mudas de *Origanum vulgare* L. foram obtidas por meio de propagação vegetativa a partir da retirada de estacas apicais de aproximadamente 7 cm provenientes de plantas matrizes presentes no horto medicinal da UFLA. As estacas foram enraizadas em bandejas de isopor de 128 células. Um material testemunho da espécie já está depositado no Herbário ESAL, do Departamento de Biologia da UFLA e correspondem ao nº 22.156.

### 2.2 Condição experimental

Inicialmente a crotalária (*Crotalaria juncea* L.) foi semeada em vasos de 10 L contendo Latossolo vermelho distrófico, onde cada vaso foi semeado com 6 sementes para representar a densidade recomenda no campo (30 sementes por metro linear). No início do florescimento a parte aérea (PA) adubo verde (AV) foi retirada e triturada em uma picadeira de silagem e o solo presente nos vasos, onde a crotalária foi cultivada, foi destorroado para a incorporação das raízes (R) junto com a parte aérea conforme cada tratamento.

O experimento seguiu o delineamento blocos casualizado (DBC) com oito tratamentos: controle (solo); 200 g vaso<sup>-1</sup> (raiz de crotalária); 150, 300, 450 e 600 g vaso<sup>-1</sup> (parte aérea de crotalária) + 200 g vaso<sup>-1</sup> (raiz de crotalária); 600 g vaso<sup>-1</sup> (parte aérea de crotalária) e controle positivo (esterco bovino curtido 300 g pot<sup>-1</sup>). Cada tratamento foi constituído por 4 repetições com cinco plantas por repetição, totalizando 160 unidades experimentais.

A irrigação do experimento foi realizada de duas/três vezes na semana de acordo com a necessidade das plantas. Foi retirada uma amostra de substrato para análise do solo de cada tratamento.

### **2.3 Determinação do crescimento vegetal**

Aos 90 dias após o transplante, foram avaliadas as seguintes características: Matéria seca de folhas (MSF- g planta<sup>-1</sup>); do caule (MSC- g planta<sup>-1</sup>); do sistema radicular (MSR- g planta<sup>-1</sup>); da parte aérea (MSPA- g planta<sup>-1</sup>), que é dada pela soma da MSF e MSC, total (MST= MSF+MSC+MSR) bem como a razão raiz parte aérea (R/PA). O material coletado foi armazenado em sacos de papel Kraft identificado individualmente e colocado para secar em estufas de circulação de ar forçado, reguladas para a temperatura de 40 °C, correspondente, até o peso constante. Após a secagem, o material foi pesado em balança analítica, determinando sua matéria seca (g).

### **2.4 Extração do óleo essencial**

O óleo essencial foi extraído de 20 g de folhas secas colocadas em balão volumétrico de 2.000 mL preenchido com 500 mL de água destilada por hidrodestilação em aparelho de Clevenger modificado. O tempo de extração foi fixado em 90 min a partir do ponto de ebulição. A extração foi realizada em quadruplicata para cada tratamento. O óleo essencial foi pesado, armazenado em frasco âmbar hermético e mantido em geladeira a 4°C. O teor de óleo essencial foi expresso em g 100 g<sup>-1</sup> de massa seca da folha e o rendimento foi expresso em g planta<sup>-1</sup>.

### **2.5 Preparo dos extratos**

A preparação dos extratos foi definida a partir da metodologia de Baranauskaitė et al. (2015) com adaptações, a saber: 3 g de folhas pulverizadas e pesadas em balança analítica foram adicionadas em balão volumétrico de 500 mL para extração em 300 mL de etanol (92.8°) por refluxo térmico. A extração ocorreu por 360 min e em seguida os extratos foram colocados em evaporador rotativo sob pressão reduzida para evaporação do solvente e conseqüentemente para obtenção dos extratos brutos.

Posteriormente 10 mg dos extratos brutos pesados em microtubos (1,5 mL) e adicionados 1mL de etanol (92.8°) foram colocados para sonicar por 10 min. Em seguida as amostras foram homogêneas em vortex e centrifugadas por 10 min a 10.000 rpm e o sobrenadante foi coletado para obtenção do extrato etanólico com concentração de 10 mg.mL<sup>-1</sup>.

## **2.6 Teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante**

### **2.6.1 Fenóis totais**

O teor de fenóis totais foi determinado no reagente Folin-Ciocalteu, com base no método de Slinkard e Singleton (1977). No total, 150  $\mu\text{L}$  de extrato etanólico de folhas foram colocados em microtubos na concentração de 10  $\text{mg mL}^{-1}$  e adicionados a 300  $\mu\text{L}$  de reagente Folin - Ciocalteu (10% v / v) e 375  $\mu\text{L}$  de carbonato de sódio (7% w / v). As amostras foram homogeneizadas no vortex e em seguida incubadas em temperatura ambiente no escuro por 120 min. Após o período de incubação a reação foi centrifugada por 10 min a 10.000 rpm. Posteriormente o sobrenadante (275  $\mu\text{L}$ ) foi adicionado na microplaca e a absorvância foi medida a 760 nm. A curva de calibração foi gerada a partir do padrão de ácido gálico na concentração de água destilada ( $y = 0.0997 + 13.184x$   $r^2 = 0.9989$ ) variando de 0.0078 a 0.25  $\text{mg mL}^{-1}$ . Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente (EAG) g de folha seca<sup>-1</sup>.

### **2.6.2 Flavonoides totais**

Os conteúdos de flavonóides foram quantificados conforme descrito por Woisky e Salatino (1998). A alíquota de 100  $\mu\text{L}$  do extrato etanólico da folha foi colocada em microplacas, na concentração de 10  $\text{mg mL}^{-1}$ , a seguir, foram adicionados 100  $\mu\text{L}$  de solução de cloreto de alumínio (10% p / v). A leitura foi realizada em absorvância de 420 nm, no escuro, após aclimação por 40 min em temperatura ambiente. A curva de calibração foi gerada a partir do padrão de quercetina, com álcool 70% ( $y = 0.0962 + 19.302 x$   $r^2 = 0.9951$ ) na concentração variando de 0.0078 a 0.125  $\text{mg mL}^{-1}$ . Os testes foram realizados em quintuplicatas e os resultados foram expressos em mg Equivalente de Quercetina (EQ) g folha seca<sup>-1</sup>.

### **2.6.3 Capacidade antioxidante total (CAT)**

A capacidade antioxidante total (CAT) foi mensurada baseada no método de redução do molibdato de amônio descrito por Prieto, Pineda e Aguilar (1999). 200  $\mu\text{L}$  dos extratos (10  $\text{mg mL}^{-1}$ ) foram misturados com 1500  $\mu\text{L}$  da solução reagente (ácido sulfúrico 0.6 M, fosfato de sódio monobásico 28 mM, molibdato de amônio 4 mM). Após

90 minutos de incubação a 95°C, as amostras foram resfriadas a temperatura ambiente e suas absorbâncias mensuradas a 695 nm. A curva de calibração de solução aquosa de ácido ascórbico foi construída a partir das absorbâncias encontradas ( $y = 0,053 + 14,261x$   $r^2 = 0.9997$ ) na concentração variando de 0.0078 a 0.25 mg mL<sup>-1</sup>. Os testes foram realizados em quintuplicata e os resultados expressos em mg equivalentes em ácido ascórbico (AA) g folha seca<sup>-1</sup>.

## **2.7 Análise estatística**

Os dados obtidos foram submetidos a uma análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ), com auxílio do programa estatístico SISVAR<sup>®</sup> (FERREIRA, 2019).

## **3. RESULTADO E DISCUSSÃO**

A influência das doses de adubo verde na matéria seca da folha (MSF), caule (MSC), raiz (MSR), parte aérea (MSPA), total (MST), razão raiz/parte aérea (R:PA), teor (%) e rendimento de óleo essencial (g OE planta<sup>-1</sup>) estão apresentados na Tabela 1. Houve diferença significativas das doses de adubo verde (AV) para todas as variáveis do peso seco e de óleo essencial do orégano. As maiores diferenças foram observadas nas doses de 300 g AV (PA+R), 450 g AV (PA+R), 600 g AV (PA+R), 600 g AV (PA) e esterco bovino, pois apresentaram as maiores médias para o MSF, MSC, MSR, MSPA e MST em comparação com o controle (solo), 150 g AV (PA+R) e 200 g AV (R). Desta forma é possível observar que a presença da adubação verde e do esterco bovino foram importantes para o ganho de peso seco no orégano, principalmente em relação ao tratamento controle (solo) e a dose contendo apenas raízes de crotalária (200 g AV (R)), pois obtiveram menores médias de peso seco.

**Tabela 1.** Doses de adubo verde (*Crotalaria juncea*L.) na produção de matéria seca e de óleo essencial de *Origanum vulgare* L. Matéria seca folha (MSF), caule (MSC), raiz (MSR), parte aérea (MSPA), total (MST), razão (R/PA) e Óleo essencial (OE).

Tratamentos		MSF	MSC	MSR	MSPA	MST	Razão	Teor OE	Rendimento
Parte aérea (Folhas+Caule) g vaso <sup>-1</sup>	Raízes g vaso <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>				R/PA	%	g OE planta <sup>-1</sup>	
150	200	5,58c	3,1c	6,03c	8,69d	14,72c	0,70c	0,74b	0,04d
300	200	8,8 <sup>a</sup>	5,91a	11,0b	14,72a	24,93a	0,75c	0,79b	0,07b
450	200	8,56 <sup>a</sup>	6,24a	10,58b	14,8a	25,36a	0,72c	0,91a	0,08 <sup>a</sup>
600	200	7,84b	5,31b	9,82b	13,15c	21,65b	0,72c	0,91a	0,07b
600	-	8,71 <sup>a</sup>	5,92a	12,15a	14,62a	26,77a	0,83b	0,82a	0,07b
-	200	3,24d	1,51d	4,22d	4,75e	8,97d	1,0a	0,67b	0,02e
Controle solo (-)		2,82d	1,30d	4,16d	4,12e	8,1d	0,94a	0,91a	0,02e
Solo+Esterco (+)		8,38 <sup>a</sup>	5,98a	10,58b	13,95b	24,23a	0,76c	0,71b	0,06c
CV%		4,98	4,50	8,76	4,76	6,53	6,12	4,98	5,41

No caso do MSF as maiores médias foram de 8,8, 8,71, 8,56 e 8,38 g nas respectivas doses: 300 g AV (PA+R), 600 g AV (PA), 450 g AV (PA+R) e esterco bovino (300 g vaso<sup>-1</sup>). Em comparação com o controle (solo), que obteve a menor médias (2,82 g) de MSF, essas mesmas doses de adubo verde e esterco bovino, mencionadas anteriormente, incrementaram cerca de 68, 67,6, 67 e 66% no MSF, respectivamente. Tal resultado demonstra que o manejo da adubação verde pode proporcionar ganhos significativos na produção folhas do orégano, e portanto, pode ser adotado como uma estratégia agrícola visando atender demandas industriais, uma vez que as folhas concentram maior quantidades de óleo essencial, que possui alto valor de mercado.

Para o MSPA as doses 300 g AV (PA+R), 600 g AV (PA) e 450 g AV (PA+R) aumentaram cerca de 72% e de esterco bovino aproximadamente 71% em relação ao controle (solo). Observou-se também que ocorreu incremento no MST, pois as mesmas doses anteriormente citadas, proporcionaram cerca de 67, 70, 68 e 66%, respectivamente, quando comparado com o tratamento sem adubo verde (controle solo).

Apesar da falta de estudos relacionando adubação verde com plantas medicinais, algumas pesquisas demonstram o potencial desse manejo. Os autores Diniz et al. (2017) encontraram resultados similares testando doses de *Crotalaria juncea* L. (0, 3, 6, 9 t/ha), pois observaram que o aumento das doses de adubo verde proporcionou maiores médias de peso seco na espécie *Brassica oleracea* var. itálica. Marques et al. (2018) testando

fontes de adubo verde em sucessão, também observaram que a crotalária proporcionou ganhos de peso seco (11.4%) na espécie *Lippia alba* L. em relação ao controle.

Pesquisa realizada por Linhares et al. (2012) demonstraram que as doses de adubo verde (*Merremia aegyptia* L.) também proporcionaram maiores rendimentos agronômicos (altura, número de hastes por planta, rendimento e massa seca da parte aérea) na espécie *Coriandrum sativum* L. Esses resultados, confirmam a importância desse manejo no cultivo das plantas medicinais aromáticas e condimentares, pois é notório o crescimento significativo das plantas e conseqüentemente o maior peso seco com o uso do adubo verde.

Também é possível observar na Figura 1 que os tratamentos com adubação verde e esterco bovino, obtiveram maior crescimento da parte aérea em relação aos tratamentos controle (solo) e 200 g AV (R), que conseqüentemente influenciou no peso seco. As maiores médias de peso seco do orégano podem ser explicadas pela maior disponibilidade de nutrientes (K, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Zn, B e S) e matéria orgânica (MO) em decorrência do aumento das doses de adubo verde, quando comparado com o tratamento sem adubação verde (controle sole). De acordo com Meena et al. (2020), a prática da adubação verde tem capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, fornecer biomassa que estimula a diversidade microbiana, promovendo conseqüentemente a melhora da fertilidade do solo, além de liberar nutrientes durante todo o ciclo de cultivo.

Os autores Rosa et al. (2017) estudando sobre a qualidade do solo cultivado com plantas de cobertura, dentre as espécies a *Crotalaria juncea* L., observaram incrementos do carbono na fração ácidos fúlvicos, que contribuiu com aspectos de fertilidade do solo (CTC). Conforme Vakeesan, Nishanthan e Mikunthan (2008) esse aumento de carbono orgânico e conseqüentemente da MO do solo pode estar relacionado com os tecidos vegetais dos adubos verdes parcialmente decompostos ou em decomposição, que alimentam os organismos benéficos do solo que os formam.

**Figura 1.** Plantas de *Origanum vulgare* L. cultivadas sob influência de diferentes doses de adubo verde (*Crotalaria juncea* L.). 1) 150 g de parte aérea + 200 g de raiz/vaso, 2) 300 g de parte aérea + 200 g de raiz/vaso, 3) 450 g de parte aérea + 200 g de raiz/vaso, 4) 600 g de parte aérea + 200 g de raiz/vaso, 5) 600 g parte aérea aérea/vaso, 6) solo +



200 g raiz, 7) solo (controle -) e 8) solo + esterco bovino 300 g/vaso (controle +).

A razão raiz/parte aérea (R:PA) indica a alocação preferencial de massa seca para o sistema radicular. Observou-se que as plantas manejadas com o AV e o tratamento com esterco bovino obtiveram menor razão R:PA em relação ao tratamento controle (solo) e 200 g AV (R), ou seja, ocorreu maior alocação de biomassa seca para a parte aérea, como foi observado na Figura 1. As maiores médias de R:PA nos tratamentos sem adubo verde (controle solo) e na dose 200 g AV (R) pode ter ocorrido devido aos menores teores de nutrientes no solo, desta forma o menor crescimento da parte aérea pode ter ocorrido devido a tentativa de alocar mais massa para as raízes, para aumentar a eficiência da absorção.

Para o teor (%) e o rendimento (g EO plant<sup>-1</sup>) de óleo essencial de *Origanum vulgare* L. observou-se que as doses de adubo verde proporcionaram diferença significativa (Tabela 1). As doses 450, 600 g AV (PA+R) e o controle solo registraram as maiores médias de teor de óleo essencial, ambos com 0.91%, seguido da dose 600 g AV (PA) com 0.82%. Já para produção de óleo essencial (g EO plant<sup>-1</sup>) as menores médias foram observadas no controle (solo) e na dose de 200 g AV(R), ambos com 0.02 g OE planta<sup>-1</sup>.

Apesar do controle (solo) ter apresentado alto teor (0.91%), foi verificado que na produção de óleo essencial o mesmo registrou queda de 75% em relação a dose 450 g AV (PA+R) e aproximadamente 71% quando comparado com as doses 300, 600 g AV (PA+R) e 600 g AV (PA). Sendo que o tratamento com esterco bovino apresentou também um aumento de 67% a mais de óleo essencial em relação ao controle (solo), demonstrando a importância da adubação orgânica para o orégano.

A maior produção de óleo essencial de *Origanum vulgare* L. influenciada pelas doses de adubo verde pode estar relacionada com as melhores características químicas do solo e maior disponibilidade de nutrientes proporcionado *Crotalaria juncea* L. Os autores Silva et al. (2021) afirmam que as espécies do gênero *Crotalaria sp.* destacam-se dentro da família Fabaceae por contribuírem no acúmulo de matéria orgânica e nutrientes, além de proteger o solo contra a erosão. Pesquisa realizada por Marques et al. (2018), mostraram que diferentes fontes de adubo verde em sucessão, incluindo a crotalária, aumentaram a produção de óleo essencial na espécie *Lippia alba* (Mill.) NE Brown. em aproximadamente 14% em relação ao controle.

A quantidade de constituintes fenólicos e capacidade antioxidante total (CAT) dos extratos de folhas secas de *Origanum vulgare* L. cultivado sob a influência de doses de adubo verde (*Crotalaria juncea* L.) estão demonstrados na Tabela 2. Observou-se que para ambas as variáveis (Fenóis, flavonoides totais e CAT) ocorrem diferenças significativas em decorrência das doses de adubo verde.

Para o teor de fenóis totais verificou-se que o tratamento sem adubação (controle solo) apresentou a maior média com, 482 mg de EAG g<sup>-1</sup> de folha seca. Já as menores médias ocorreram nas doses 300, 450, 600 g AV (PA+R) e 600 g AV (PA). Porém, para o teor de flavonoides totais observou-se que os maiores teores ocorreram nas doses 450 e 600 g AV (PA+R) com, 12.2 e 12.1 mg de EQ g<sup>-1</sup> de folha seca, respectivamente. Sendo que a menor média ocorreu no tratamento controle (solo) com, 6.9 mg de EQ g<sup>-1</sup> de folha seca.

**Table 2.** Fenóis totais, flavonóides totais e atividade antioxidante de extratos de folhas secas de *Origanum vulgare* L. cultivadas sob influência de doses de adubo verde (*Crotalaria juncea* L.)

Treatmentos		Fenóis Totais	Total flavonoids	CAT
Parte aérea	Raiz	mg de EAG g <sup>-1</sup>	mg de EQ g <sup>-1</sup>	mg de EAA g <sup>-1</sup>
(Folhas+Caule)	g vaso <sup>-1</sup>	dry leaf)		
g vaso <sup>-1</sup>				
150	200	214b	9.2c	27.7d
300	200	181c	8.2d	31.9 <sup>a</sup>
450	200	191c	12.2 <sup>a</sup>	27.5d
600	200	192c	12.1 <sup>a</sup>	32.4 <sup>a</sup>
600	-	179c	10.6b	27.8d
-	200	216b	7.9e	29.6c
Controle solo (-)		482 <sup>a</sup>	6.9e	30.9b
Solo + esterco (+)		209b	7.6e	27.6d
CV%		8.6	6.6	1.6

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não são significativamente diferentes.

Para a Atividade antioxidante total (TAC) que foi realizada com base na redução do Mo<sup>+6</sup> a Mo<sup>+5</sup>, as maiores médias foram observadas nas doses 300 e 600 g AV (PA+R) com, 31.9 e 32.4 mg de EAA g<sup>-1</sup> folha seca, respectivamente. Essa maior atividade pode estar relacionada com os altos teores de flavonoides totais presentes nesses tratamentos (300 e 600 AV (PA+R)).

Os autores Kawthar, Ashour e Fatma (2017) obtiveram resultados similares, pois a atividade antioxidante e o teor de fenóis foram maiores na espécie *Matricaria chamomilla* L., quando foi usado o manejo da adubação verde (*Anabaena azollae*) aliada ao composto orgânico.

Outro fator que pode ter contribuído para o maior teor de constituintes químico e atividade antioxidante, foi o emprego da adubação orgânica, pois Matlok et al. (2020) observaram que os fertilizantes orgânicos resultaram na produção de ervas secas de orégano com um potencial bioativo muito maior do que as ervas tratadas com fertilizante mineral. Os resultados desta pesquisa, comprovam a importância do manejo orgânico para a produção de metabólitos secundários em plantas medicinais, especialmente na espécie *Origanum vulgare* L.

#### 4. CONCLUSÃO

As doses de adubo verde (*Crotalaria juncea* L.) proporcionaram ganhos significativos de peso seco em *Origanum vulgare* L., contribuindo para o maior

rendimento de óleo essencial e acúmulos significativos dos constituintes químicos (fenóis e flavonoides).

## 5. REFERÊNCIAS

- BARANAUSKAITĖ, J. et al. Optimization of carvacrol, rosmarinic, oleanolic and ursolic acid extraction from oregano herbs (*Origanum onites* L., *Origanum vulgare* spp. *hirtum* and *Origanum vulgare* L.). **Natural product research**, v. 30, n. 6, p. 672-674, 2016.
- COQUEIRO, D. P. et al. Efeitos do chá de orégano (*Origanum vulgare*) no perfil bioquímico de ratos Wistar. **Sci Med**, v. 22, n. 4, p. 191-196, 2012.
- DINIZ, Ellen R. et al. Levels of *Crotalaria juncea* on growth, production, recovery and efficiency of the use of N in broccoli. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 395-401, 2017.
- DUARTE JR, J. B. **Avaliação agrônômica da cana-de-açúcar, milho e feijão em sistema de plantio direto em comparação ao convencional em Campos dos Goytacazes-RJ**. 2006. 284 p. Tese. Doutorado em Produção Vegetal – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 2006.
- EIRAS, P. P; COELHO, F. C. Utilização de leguminosas na adubação verde para a cultura de milho. **InterSciencePlace**, v. 1, n. 17, 2011.
- FERRACO, M. et al. Phytoremediation of Contaminated Soil with Sulfentrazone by Different Density of *Crotalaria juncea*. **Planta Daninha**, v. 37, 2019.
- FERREIRA, Daniel Furtado. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs: Sisvar. **Brazilian Journal of Biometrics**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- FILHO, DE L. O. F. et al. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Embrapa, 2014.
- KAWTHAR, A. E; ASHOUR, H. M; FATMA, S. I. Growth characters and some chemical constituents of *Matricaria chamomilla* L. plants in relation to green manure and compost fertilizer in sandy soil. **Middle East J**, v. 6, n. 1, p. 76-86, 2017.
- LINHARES, P. C. F. et al. Rendimento de coentro (*Coriandrum sativum* L.) em sistema de adubação verde com a planta jitrana (*Merremia aegyptia* L.). **Revista brasileira de plantas medicinais**, v. 14, p. 143-148, 2012.
- MARQUES, C. T. S. et al. Improvement of biomass and essential oil production of *Lippia alba* (Mill) NE Brown with green manures in succession. **Industrial Crops and Products**, v. 112, p. 113-118, 2018.
- MATŁOK, N. et al. Effects of Organic and Mineral Fertilization on Yield and Selected Quality Parameters for Dried Herbs of Two Varieties of Oregano (*Origanum vulgare* L.). **Applied Sciences**, v. 10, n. 16, p. 5503, 2020.
- MEENA, A. L. et al. Green Manure: A complete nutrient source for sustainable soil health in modern agriculture. **Food and Scientific Reports**, v. 1, n. 12, p. 65-67, 2020.

- MOGHADDAM, M; MEHDIZADEH, L. Chemistry of essential oils and factors influencing their constituents. In: **Soft chemistry and food fermentation**. Academic Press, 2017. 379-419 p.
- MORSHEDELOO, M. R. et al. Essential oil profile of oregano (*Origanum vulgare* L.) populations grown under similar soil and climate conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 119, p. 183-190, 2018.
- MOSELE, S. H.; CECCHIN, D.; DEL FRARI, R. V. Estudo em inteligência competitiva para a cadeia produtiva de plantas medicinais e condimentares. **Perspectiva Erechim**. v.34, n.127, p. 73-83, 2010.
- PEREIRA, R.; DOS SANTOS, O. G. Plantas condimentares: cultivo e utilização. **Embrapa Agroindústria Tropical-Documentos (INFOTECA-E)**, 2013.
- PEZZANI, R; VITALINI, S; IRITI, M. Bioactivities of *Origanum vulgare* L.: an update. **Phytochemistry reviews**, v. 16, n. 6, p. 1253-1268, 2017.
- PINHEIRO, J. B; MELO, R. A de C; RAGASSI, C. F. Manejo de nematoides em hortaliças sob plantio direto. **Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2019.
- PRIETO, P.; PINEDA, M.; AGUILAR, M. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a .... **Analytical Biochemistry**, v. 269, p. 337-341, 1999.
- RIBEIRO, M. C. **Crescimento Vegetativo de *Crotalaria juncea* em misturas solo/agregado reciclável visando recuperação de áreas degradadas**. 2018. 109p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana) - Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas-SP. 2018.
- ROSA, D. M. et al. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 221-230, 2017.
- SILVA, M. A. et al. Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria da qualidade do solo e das culturas comerciais no Cerrado. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, 2021.
- SILVA, T. O; MENEZES, R. S. C. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*: II-disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 51-61, 2007.
- SINGH, M. et al. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) as a green manure to improve the productivity of a menthol mint (*Mentha arvensis* L.) intercropping system. **Industrial Crops and Products**, v. 31, n. 2, p. 289-293, 2010.
- SKOUFOGIANNI, E; SOLOMOU, A. D; DANALATOS, N. G. Ecology, Cultivation and Utilization of the Aromatic Greek Oregano (*Origanum vulgare* L.): A Review. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 47, n. 3, p. 545-552, 2019.

SLINKARD, K; VERNON L. SINGLETO, V. L. Total Phenol Analysis: Automation and Comparison with Manual Methods. **American Journal Enology and Viticulture**, v. 28, n. 1, p. 49-55, 1977.

VAKEESAN, A; NISHANTHAN, T; MIKUNTHAN, G. Green manures: nature's gift to improve soil fertility. **LEISA-LEUSDEN-**, v. 24, n. 2, p. 16, 2008.

WOISKY R. G., SALATINO, A. Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. **Journal of Apicultural Research**, v. 37, n. 1, p. 99-105, 1998.

XAVIER, F. A. da S; OLIVEIRA, J. I. A; SILVA, M. R. Decomposition and nutrient release dynamics of shoot phytomass of cover crops in the Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, 2017.

YOUN, C. K. et al. Effects of incorporation of green manure crops on growth and quality in *Cynanchum wilfordii* Hemsley. **Korean Journal of Medicinal Crop Science**, v. 25, n. 2, p. 115-120, 2017.