

Análise do óleo essencial do capim citronela submetido à adubação orgânica
Analysis of the essential oil of citronella grass submitted to organic fertilization

CASTRO, H.G¹; BRAGA, K.A.S¹; TEIXEIRA, V.L.S¹.

¹Universidade Federal de Juiz de Fora- UFJF, Juiz de Fora/MG, Brasil

Resumo

A produção de princípios ativos pelas plantas medicinais pode ser influenciada pelo ambiente de cultivo. O estudo de tais condições é fundamental para se ter uma produção de material vegetal de melhor qualidade. Desta forma, este estudo teve por objetivo avaliar o efeito do uso da adubação orgânica no crescimento, na produção de biomassa e no teor e composição do óleo essencial do capim citronela (*Cymbopogon nardus*) sob as condições edafoclimáticas de Juiz de Fora- MG. A extração do óleo essencial foi realizada por hidrodestilação utilizando o aparelho de Clevenger adaptado e a identificação dos compostos químicos por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG-EM). As plantas apresentaram, no tratamento com adubação orgânica, aos 174 dias de transplante, uma produção de biomassa fresca de 1071,75g planta⁻¹, estimando uma produtividade de 21,44 t ha⁻¹. O teor de óleo essencial das amostras foi de 1,06% no tratamento sem adubação e 0,82% no tratamento com adubação. A técnica de CG-EM permitiu que fossem identificados 14 compostos químicos no óleo essencial do capim citronela. Os compostos majoritários foram o trans- β -geraniol, o citronelal e o β -citronelol. Os resultados obtidos permitem estimar uma produtividade de 79,20 Kg ha⁻¹ de óleo volátil para o tratamento com adubação e 64,45 Kg ha⁻¹ para o tratamento sem adubação. No primeiro tratamento obteve-se um menor teor de óleo e uma maior produção de biomassa, resultando em uma maior produção de óleo essencial por hectare.

Palavras-chave: *Cymbopogon nardus*. Óleo essencial. Plantas medicinais. Capim citronela. Adubação orgânica.

Abstract

The production of active principles by medicinal plants can be influenced by the cultivation environment. The study of these conditions is essential to produce a better quality plant material. Thus, this paper aimed to evaluate the effect of the use of organic fertilization on the growth, on biomass production and on the essential oil content and composition of citronella grass (*Cymbopogon nardus*) under the edaphoclimatic conditions of Juiz de Fora-MG. The extraction of the essential oil was carried out through hydrodistillation using an adapted Clevenger equipment and the identification of the chemical compounds by gas chromatography coupled to mass spectrometry. The plants presented in the treatment with organic fertilizing, at 174 days of transplant, a production of fresh biomass of 1071.75 g plant⁻¹, estimating a productivity of 21.44 t ha⁻¹. The content of essential oil was of 1.06% in the treatment without fertilizing and 0.82% in the treatment with fertilizing. The technique of GC-MS allowed the identification of 14 chemical compounds in the citronella grass essential oil. The majority compounds of the oil were trans- β -geraniol, citronellal and β -citronellol. The results allow to estimate a productivity of volatile oil of 79.20 kg ha⁻¹ for the treatment with fertilizing and 64.45 kg ha⁻¹ for the treatment without fertilizing. In the first treatment a

lower oil content and a higher production of biomass were obtained resulting in a higher production of essential oil for hectare.

Keyword: *Cymbopogon nardus*. Essential oil. Medicinal plants. Citronella grass. Organic fertilizing.

INTRODUÇÃO

Na área de plantas medicinais os estudos estão associados, preferencialmente, ao conhecimento da composição química das espécies que produzem fitofármacos. Os processos genéticos e ambientais influenciam a produção dos compostos ativos nas plantas medicinais e devem ser avaliados para a melhoria da qualidade da matéria-prima. Dentro deste contexto é fundamental que a produção das plantas medicinais considere as condições edafoclimáticas regionais, uma vez que a produção de princípios ativos pelas mesmas pode ser afetada pelo ambiente de cultivo (SANTOS, INNECCO, 2004).

A adubação orgânica em plantas medicinais, além de ser parte essencial dos sistemas de cultivo orgânico, fornece nutrientes, proporciona benefícios na estrutura física do solo, aumenta a retenção de água, diminui as perdas por erosão e favorece o controle biológico de pragas e doenças (SOARES et al., 2014).

O capim citronela (*Cymbopogon nardus*) é uma planta originada do Ceilão e da Índia pertencente à família *Poaceae*. Essa espécie possui uso na medicina popular como calmante e digestivo. O óleo essencial de *C. nardus* tem sido tradicionalmente usado como repelente de insetos (BILLERBECK et al., 2001; CASTRO et al., 2010).

Os óleos essenciais são metabólitos secundários considerados produtos finais do metabolismo das plantas e têm importância ecológica para os vegetais que os sintetizam, como fornecer proteção contra o ataque de organismos patogênicos (SILVA et al., 2008). Os óleos essenciais são misturas complexas que podem conter mais de cem compostos orgânicos, os quais pertencem a diversas classes químicas. A classe dos terpenos é a mais comum encontrada como constituinte dos óleos essenciais e os monoterpenos e sesquiterpenos são as substâncias predominantes (BARBOSA et al., 2016; RIBEIRO et al., 2018).

Na maioria dos casos a atividade biológica de um óleo essencial particular pode estar relacionada com o constituinte majoritário, embora possa ocorrer sinergismo entre alguns compostos (FILOMENO et al., 2017). A utilização de óleos essenciais ou extratos botânicos no controle de organismos patogênicos têm sido frequentemente relatados em artigos publicados. A inibição do desenvolvimento de fungos pode ser tanto por sua ação direta, inibindo o crescimento micelial e a germinação de esporos, quanto pela indução de resistência a diversos patógenos (DONLAPORN, SUNTORNSUK, 2010; DEUS et al., 2011; GARCIA et al., 2012; PASSOS et al., 2012).

O óleo essencial extraído de *C. nardus* apresenta alto teor de geraniol e citronelal. O geraniol possui atividade anti-séptica, inibindo o crescimento de fungos e bactérias, enquanto o citronelal é utilizado como material básico para a síntese de vitamina A e de importantes compostos químicos denominados iononas. O óleo essencial de *C. nardus* também apresenta atividade repelente a insetos e é utilizado na fabricação de perfumes e cosméticos (MUMCUOGLU et al., 2004; TRONGTOKIT et al., 2005; WONG et al., 2005; AGNOLIN et al., 2014).

Considerando que a composição química pode ser influenciada pelas condições de cultivo, este estudo teve por objetivo avaliar o efeito do uso da adubação orgânica no

crescimento, produção de biomassa e no teor e composição do óleo essencial de *C. nardus* nas condições edafoclimáticas do município de Juiz de Fora- MG.

METODOLOGIA

Crescimento e produção de biomassa

Os experimentos foram conduzidos na estação experimental de campo da Universidade Federal de Juiz de Fora, campus de Juiz de Fora- MG (21° 76' sul e 43° 36' oeste, com altitude média de 940 m). A exsicata com amostra do material vegetal foi depositada no herbário da Universidade Federal de Viçosa com o número VIC 30283.

A coleta das amostras simples (subamostras) para a análise química do solo foi realizada na profundidade de 20 cm com o auxílio de uma pá. As amostras simples (oito amostras), coletadas ao acaso, foram misturadas em um balde de plástico para formar a amostra composta. Após a formação da amostra composta separou-se 500 g de solo que foi encaminhada ao laboratório (Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante da Universidade Federal de Viçosa).

A análise química do solo da área experimental apresentou os seguintes resultados: pH (H₂O) = 6,1; H⁺ + Al⁺⁺⁺ = 4,0 cmol_c dm⁻³; Ca⁺⁺ = 5,43 cmol_c dm⁻³; Mg⁺⁺ = 0,89 cmol_c dm⁻³; P-rem = 24,6 mg L⁻¹; K⁺ = 74 mg dm⁻³; matéria orgânica = 4,16 dag Kg⁻¹; CTC = 61,9 cmol_c dm⁻³ e V (%) = 61,9 %.

O delineamento experimental foi blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições e oito plantas, totalizando 10 tratamentos e 40 unidades experimentais. Os tratamentos foram constituídos por cinco épocas de amostragem em intervalos regulares de 21 dias (90, 111, 132, 153 e 174 dias após o transplante), associados com e sem adubação orgânica (húmus) (3 L cova⁻¹). O húmus foi adquirido no comércio de Juiz de Fora (loja de produtos agropecuários).

As mudas foram obtidas de plantas matrizes existentes no Campus Universitário de Juiz de Fora por divisão de touceiras, utilizando no plantio 1 perfilho cova⁻¹.

As seguintes características foram avaliadas: massa fresca, massa seca, massa desidratada, vigor, altura, circunferência do caule, número de folhas, número de perfilhos, comprimento da maior folha e largura da maior folha (SOARES et al., 2014). Na obtenção da massa seca, amostras da massa fresca foram mantidas em estufa com circulação e renovação de ar (SOLAB) a 70 °C por 72 h, até atingir massa constante.

Análise do óleo essencial

Na extração do óleo essencial foi utilizado a parte aérea de plantas de *C. nardus*, em triplicata. O óleo essencial foi obtido por hidrodestilação por um período de 1 h e 30 minutos, utilizando-se aparelho Clevenger a partir de amostras da parte aérea da planta desidratada (22 gramas). As amostras foram colocadas em balão de fundo redondo contendo 750 mL de água destilada que foi acoplado ao Clevenger (VELOSO et al., 2012).

O óleo essencial foi extraído da fase aquosa com funil de separação, utilizando-se diclorometano como solvente. As frações orgânicas obtidas foram reunidas e secadas com sulfato de sódio anidro, filtradas, enquanto o solvente removido em banho-maria a 60 °C.

A análise qualitativa dos constituintes do óleo foi realizada em aparelho Shimadzu GCMS-QP5050A, equipado com coluna de sílica fundida DB-5 (30 m x 0,25 mm, espessura do filme de 0,25 µm) e acoplado ao espectrômetro de massas. O gás Hélio foi utilizado como gás de arraste com fluxo de 1,8 mL min⁻¹; temperatura do injetor 220 °C, temperatura inicial

da coluna 40 °C, isoterma por 2 min., seguido de aquecimento de 3 °C min⁻¹ até 240 °C, mais isoterma por 15 min.; volume de injeção 1,0 µL (1% p/v em CH₂Cl₂); razão de Split 1: 10; pressão da coluna 100 kPa; temperatura da interface 240 °C; ionização por impacto de elétrons (70 eV).

Após a identificação dos constituintes dos óleos essenciais, a determinação do teor de cada composto foi realizada por cromatografia gasosa utilizando o cromatógrafo Shimadzu, modelo 17A, conectado ao detector de ionização de chamas (CG-DIC) equipado com uma coluna capilar de sílica fundida (SBP5-Supelco, 30 m x 0,25 mm d.i, espessura do filme de 0,25 µm). A temperatura da coluna foi programada para variar de 40 °C (4 min.) a 200 °C a uma taxa de 3 °C min⁻¹. O injetor e o detector foram mantidos a 200 °C e 240 °C, respectivamente. O gás de arraste foi o nitrogênio a uma taxa de fluxo de 1,8 mL mL⁻¹. A quantidade de 1,0 µL (solução do óleo essencial 1% m/v em CH₂Cl₂) foi injetada e a razão de split foi de 1:10.

As análises foram realizadas em triplicata e a concentração de cada constituinte foi calculada pela porcentagem da área do pico correspondente em relação à área total dos picos. A identificação dos constituintes de cada mistura de óleo foi realizada pela comparação de seus tempos de retenção, relativos à série de alcanos (C₈ – C₁₈), e pela comparação dos espectros de massa com o banco de dados da biblioteca Wiley 7 e com a literatura (ADAMS, 2007).

Análise estatística

Os dados foram interpretados por meio de análises de variância e de regressão. No fator adubação orgânica as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. No fator época de amostragem foram ajustadas equações de regressão com base no teste “t” dos coeficientes a 5 ou 1% de probabilidade e no coeficiente de determinação. Nas variáveis biomassa fresca, seca e desidratada as médias foram comparadas pelo teste de Wilcoxon a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crescimento e produção de biomassa

Nas condições em que foi realizado o estudo, de modo geral, observou-se que as plantas que foram adubadas com húmus apresentaram melhor performance em todas as características avaliadas (Tabela 1).

Em ambos os tratamentos, com e sem adubação orgânica, observou-se que a altura aumentou linearmente em função do tempo. As plantas sem adubação orgânica apresentaram maiores taxas de crescimento em altura de plantas a cada intervalo de tempo, atingindo aos 174 dias após o plantio, 81,12 cm planta⁻¹. Por outro lado, as plantas com adubação orgânica apresentaram, de acordo com as equações de regressão ajustadas, menor taxa de crescimento, mas com maior altura na última época de avaliação, 95,52 cm planta⁻¹ (Tabela 1). A maior altura das plantas no tratamento com adubação orgânica, na última época de avaliação, está relacionada com o maior crescimento das plantas neste tratamento no período que antecedeu a primeira época de avaliação.

Tabela 1. Valores médios, equações de regressão e coeficiente de determinação (r²) de *C. nardus* nas variáveis: altura, circunferência do caule, vigor, número de folhas, número de perfilhos, comprimento da maior folha e largura da maior folha, em cinco épocas de

amostragem (Com: com adubação orgânica; Sem: sem adubação orgânica; AO: adubação orgânica; e EP: épocas de amostragem).

AO	Épocas de amostragem (dias após plantio)					Equações de regressão	r ² (%)
	90	111	132	153	174		
Altura (cm planta⁻¹)							
Com	46,38 ± 21,2 ^a	63,38 ± 3,7 ^a	69,5 ± 3,1 ^a	81 ± 5,7 ^a	97,5 ± 4,1 ^a	Y = -3,8 + 0,5708 EP**	77,23
Sem	23,13 ± 4,7 ^a	41 ± 13,2 ^a	50,75 ± 14,6 ^a	65,5 ± 17,9 ^a	82,25 ± 20,6 ^a	Y = -37,2 + 0,68 EP**	69,90
Circunferência do caule (cm planta⁻¹)							
Com	5,88 ± 2,3 ^a	6,75 ± 2,4 ^a	9,25 ± 4,0 ^a	13,38 ± 5,5 ^a	20,25 ± 11,6 ^a	y = -11,14 + 0,1685 EP**	44,25
Sem	3,5 ± 2,4 ^a	4,38 ± 3,2 ^a	6,38 ± 4,5 ^a	7,75 ± 4,1 ^a	12,38 ± 6,9 ^b	y = -6,4 + 0,1006 EP**	35,92
Vigor							
Com	3,5 ± 1,29 ^a	3,3 ± 1,3 ^a	3,8 ± 1,0 ^a	4 ± 0,8 ^a	4 ± 0,8 ^a	y = 3,7	
Sem	3,3 ± 1,8 ^a	2,3 ± 1,3 ^a	2,3 ± 1,0 ^b	2,5 ± 1,3 ^b	3,3 ± 1,0 ^a	y = 2,7	
Número de folhas							
Com	6,3 ± 3,95 ^a	8,3 ± 4,0 ^a	14 ± 7,8 ^a	27 ± 12,2 ^a	42,3 ± 20,4 ^a	y = -37,5 + 0,4321 EP**	58,88
Sem	5,5 ± 5,8 ^a	7,3 ± 5,3 ^a	11 ± 6,7 ^a	17 ± 8,8 ^a	34 ± 19,3 ^a	y = -27,0 + 0,3179 EP**	47,01
Número de perfilhos							
Com	1,5 ± 0,58 ^a	1,5 ± 0,6 ^a	5 ± 3,7 ^a	6,3 ± 2,5 ^a	12 ± 4,8 ^a	y = -10,94 + 0,1226 EP**	61,72
Sem	1,5 ± 1,0 ^a	1,5 ± 1,0 ^a	2,3 ± 1,5 ^a	3,5 ± 0,6 ^a	9,3 ± 6,5 ^a	y = -7,4 + 0,0833 EP**	39,41
Comprimento da maior folha (cm planta⁻¹)							
Com	38,8 ± 6,34 ^a	52,5 ± 1,3 ^a	55,5 ± 3,5 ^a	67,3 ± 3,6 ^a	79,8 ± 2,2 ^a	y = -2,06 + 0,4607 EP**	92,05
Sem	29 ± 12,2 ^a	36,25 ± 14,8 ^b	43,5 ± 13,1 ^a	54 ± 15,3 ^a	72,8 ± 9,2 ^a	y = -19,1 + 0,5012 EP**	61,31
Largura da maior folha (cm planta⁻¹)							
Com	1,9 ± 0,46 ^a	2,1 ± 0,4 ^a	2,2 ± 0,3 ^a	2,2 ± 0,3 ^a	2,3 ± 0,2 ^a	y = 2,1	
Sem	1,5 ± 0,6 ^a	1,5 ± 0,6 ^a	1,5 ± 0,6 ^b	1,8 ± 0,3 ^a	2,1 ± 0,1 ^a	y = 1,7	

Os dados referem-se à média de quatro repetições ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, em cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05); ** = significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”.

No estudo realizado por SOARES et al., (2014) no estado do Tocantins, semelhante ao presente estudo, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos em todas as épocas de amostragem. Contudo, a citronela adubada organicamente, com 9 Kg cova⁻¹ de esterco, apresentou a maior taxa de crescimento em altura, 0,54 cm dia⁻¹, atingindo na última época de amostragem 113,59 cm.

Outros estudos realizados com adubação orgânica também foram influenciados positivamente quanto ao crescimento de plantas medicinais como manjeriço anis (*Ocimum*

selloi L.) (COSTA et al., 2008a) e na produção de matéria seca de capítulos de calêndula (*Calendula officinalis* L.) (VALADARES et al., 2010).

Quanto ao vigor, nos dois tratamentos avaliados não foi ajustado nenhum modelo de regressão para explicar a variação dos dados. O tratamento com adubação orgânica apresentou, em todas as épocas de avaliação, os maiores valores de vigor das plantas (Tabela 1).

SOARES et al., (2014) observaram que as plantas do capim citronela tratadas com adubo orgânico apresentaram-se mais vigorosas e com desenvolvimento vegetativo melhor, além de uma coloração mais verde. Em outro estudo, COSTA et al., (2008b) obtiveram resultados parecidos no cultivo de capim-limão (*Cymbopogon citratus*) adubado com esterco avícola.

Nas variáveis número de folhas e número de perfilhos não houve diferença estatística ($P > 0,05$) entre os tratamentos em todas as épocas de avaliação. Entretanto, o tratamento com adubação apresentou maior taxa de crescimento em número de folhas e número de perfilhos (Tabela 1).

Na análise destrutiva o tratamento com adubação orgânica apresentou valores de biomassa fresca, biomassa seca e desidratada significativamente maiores que o tratamento sem adubação orgânica (Tabela 2). O maior valor de biomassa apresentado no tratamento com adubação orgânica está associado com o maior fornecimento de nutrientes nesse tratamento e a sua influência na estrutura do solo com o aumento da porosidade e maior infiltração e retenção de água no solo.

Tabela 2. Valores médios nas variáveis biomassa fresca e seca de *C. nardus* (COM e SEM adubação orgânica).

Adubação	Biomassa fresca (g planta ⁻¹)	Biomassa seca (g planta ⁻¹)	Biomassa desidratada (g planta ⁻¹)
COM	1071,75 ± 241 a	344,14 ± 77,3 a	386,36 ± 86,8 a
SEM	684,25 ± 149,3 b	220,19 ± 48,1 b	243,22 ± 53,1 b

Os dados referem-se à média de quatro repetições ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, em cada variável, não diferem entre si pelo teste de Wilcoxon ($P > 0,05$).

No tratamento com adubação orgânica a produção de biomassa fresca planta⁻¹ permite estimar uma produtividade de aproximadamente 21,44 t ha⁻¹.

No plantio o número de perfilhos cova⁻¹ exerce influência direta na produção de biomassa das plantas de *C. nardus*. PERINI et al., (2011) analisaram o plantio do capim citronela utilizando um perfilho cova⁻¹ (mesmo número de perfilhos do presente estudo), atingindo a produtividade de 20,05 t ha⁻¹ de biomassa fresca. No estudo de SOARES et al., (2014) e CASTRO et al., (2007) utilizou-se três perfilhos cova⁻¹ e a produtividade foi de 61,63 t ha⁻¹ e 66,11 t ha⁻¹ de biomassa fresca, respectivamente.

Em outro estudo com capim-limão, os autores relataram que a adubação orgânica das plantas acarretou em uma maior produção de biomassa seca. Este resultado também foi observado no cultivo de mentrasto (*Ageratum conyzoides*), onde houve incremento de biomassa das plantas no tratamento com adubo orgânico comparado com os tratamentos utilizando adubação mineral e calagem (COSTA et al., 2008b).

Análise do óleo essencial

A análise do óleo essencial (OE) por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas resultou na identificação de quatorze constituintes no óleo essencial das folhas de *C. nardus*. Os compostos identificados foram classificados como monoterpenos e sesquiterpenos (Tabela 3) (Figura 1).

Tabela 3. Concentração relativa (área %), obtida por cromatografia gasosa e espectrometria de massas, dos constituintes do óleo essencial da parte aérea de *Cymbopogon nardus*, cultivado com e sem adubo orgânico.

Compostos	IAc	IA tab	Presença de adubo orgânico	
			Com	Sem
Monoterpenos oxigenados				
Citronelal	1157	1148	18,75 ± 1,10	22,01 ± 1,24
β -Citronelol	1234	1223	13,13 ± 0,37	11,94 ± 0,17
trans- β -Geraniol	1263	1249	34,76 ± 1,08	32,51 ± 0,60
Acetato de citronelila	1355	1350	4,55 ± 0,07	4,83 ± 0,22
Acetato de geranila	1385	1379	3,43 ± 0,63	4,16 ± 0,15
Subtotal:			74,72	75,45
Sesquiterpenos hidrocarbonetos				
β -Elemeno	1390	1389	0,35 ± 0,07	0,36 ± 0,06
Germacreno D	1480	1484	0,79 ± 0,20	0,83 ± 0,07
α -Muroleno	1498	1500	0,54 ± 0,10	0,53 ± 0,04
γ -Patchuleno	1502	1502	-	0,25 ± 0,02
γ -Cadineno	1513	1513	0,21 ± 0,14	-
δ -Cadineno	1522	1522	0,79 ± 0,10	0,96 ± 0,07
Germacreno B	1552	1559	3,78 ± 0,33	3,61 ± 0,14
Subtotal:			6,46	6,54
Sesquiterpenos oxigenados				
α -Cadinol	1657	1652	3,67 ± 0,32	3,65 ± 0,10
14-hidroxi-9-epi-(<i>E</i>)- cariofileno	1670	1668	-	2,08 ± 0,12
Subtotal:			3,67	5,73
Teor dos compostos identificados			84,85	87,72
Teor de óleo essencial (%)				

0,82 ± 0,05

1,06 ± 0,33

Os dados referem-se à média de três repetições ± desvio padrão. IAc: índice aritmético calculado; IA tab: índice aritmético tabelado.

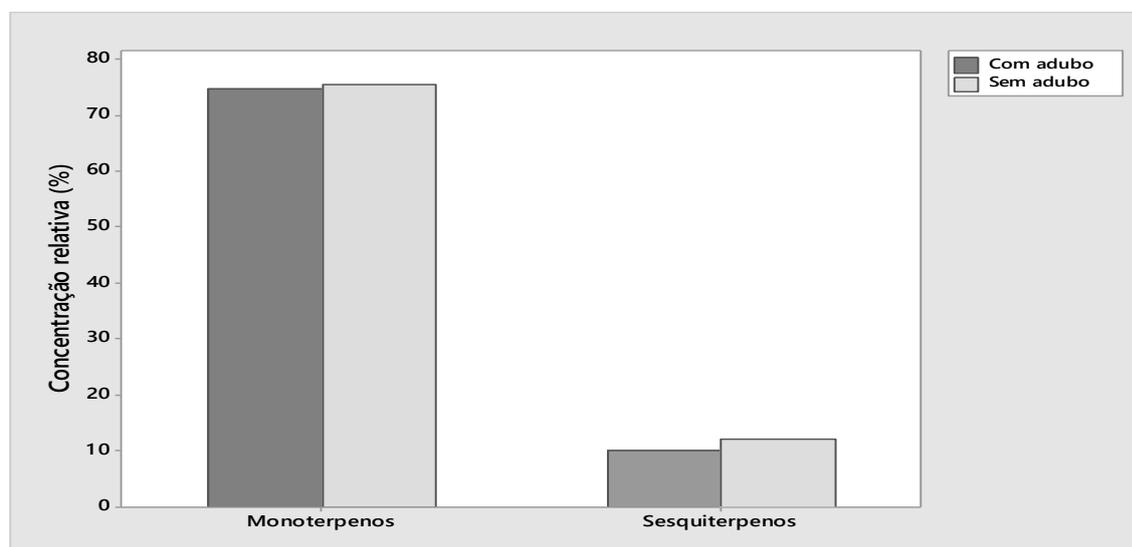


Figura 1. Porcentagem relativa de monoterpenos e sesquiterpenos do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (sem adubo orgânico e com adubo orgânico).

O teor de óleo essencial obtido da parte aérea das plantas de *C. nardus* no tratamento com adubação permite a projeção da produção de 79,20 kg ha⁻¹ de óleo essencial, enquanto no tratamento sem adubação a produção de 64,45 kg ha⁻¹.

No tratamento com adubação foi obtido menor teor de óleo (0,82 %) (Tabela 3) em relação ao tratamento sem adubação, mas observou-se maior produção de biomassa no tratamento com adubação (Tabela 2). A maior produção de biomassa no tratamento com adubação resultou em uma maior produção de óleo essencial por hectare, sabendo que o teor de óleo essencial foi calculado com base em uma amostra de 22 gramas para ambos os tratamentos. Dessa forma, conforme foi verificado no presente estudo, a maior produção de biomassa pode compensar o menor teor de óleo essencial resultando em uma maior produção de óleo essencial por área de cultivo.

Ensaio realizado com adubação orgânica elevou o rendimento médio de OE do capim-limão e mentrasto. Observação semelhante foi feita em outros estudos, nos quais o uso de biofertilizante aumentou diretamente o rendimento de óleo (COSTA et al., 2008b).

OLIVEIRA et al., (2011) comparou o teor dos OE de *C. nardus* e *C. citratus*. O primeiro apresentou teor de óleo essencial de 1,39% e o segundo 2,27%. Ambos possuem como constituintes majoritários os monoterpenos, mas o óleo de capim-limão apresentou maior teor de geraniol (42,92%) enquanto no óleo do capim citronela verificou-se concentração elevada do composto citronelal (34,61%).

Os compostos majoritários identificados no OE foram o trans- β -geraniol seguido do citronelal e do β -citronelol. Em ambos os tratamentos - com e sem adubação orgânica - observou-se que os monoterpenos constituíram mais de 70% dos compostos identificados do óleo essencial de *C. nardus* (Tabela 3).

Os monoterpenos geralmente são mais voláteis que os sesquiterpenos, tendo maior influência sobre o aroma dos óleos essenciais. Entretanto, os sesquiterpenos também podem influenciar o efeito olfativo dos óleos essenciais, mesmo que em menor proporção que os monoterpenos (CASTRO et al., 2010; VELOSO et al., 2012).

Resultados semelhantes obtidos em outros projetos de pesquisas corroboraram os resultados do presente estudo em relação aos compostos majoritários, embora tenha observado nestes estudos variação no número de compostos identificados e na sua concentração relativa (VELOSO et al., 2012; CASTRO et al., 2007; ANDRADE et al., 2012; SCHERER et al., 2009).

De acordo com CASTRO et al., (2010), comparando diferentes épocas de colheita de *C. nardus*, a concentração relativa de monoterpenos foi maior que a de sesquiterpenos em todas as épocas. Na segunda época observou-se o maior teor de óleo essencial (1,10%) e o geraniol foi o constituinte predominante (38,40%).

MAHALWAL, ALI, (2002) observaram que os componentes majoritários do OE de *C. nardus* foram os monoterpenos citronelal (29,7%) e o geraniol (24,2%) e os sesquiterpenos majoritários o (E)-nerolidol (4,8%) e o β -cariofileno (2,2%). NAKAHARA et al., (2003) observaram diferenças em relação aos outros estudos, pois apesar do geraniol (35,7%) estar em maior concentração, o segundo composto em maior concentração foi o trans-citral (22,7%).

Segundo SILVEIRA et al., (2012), os compostos majoritários encontrados no óleo de citronela-de-Java (*C. winterianus*) foram o citronelal (41,48%), geraniol (19,63%) e α -citronelol (10,44%).

Os resultados não são uniformes devido às diferenças ambientais que levam a interconversões dinâmicas entre os constituintes dos óleos essenciais, o que pode ser devido as reações de redução, oxidação, desidratação e hidratação, isomerização e ciclização (SANTOS et al., 2012). Por exemplo, a maior concentração de citronelal pode ser resultado da oxidação do citronelol. O geraniol e o neral são esteroisômeros e podem originar o citral (OLIVEIRA et al., 2011).

Os três compostos predominantes no óleo essencial de *C. nardus* deste estudo são monoterpenos e possuem estrutura química muito semelhante indicando uma possível interconversão conforme a necessidade da planta ou as exigências do meio. Acredita-se que haja uma possível plasticidade química da espécie para produzir os compostos mais necessários. A interconversão dos componentes de um a outro é determinada geneticamente pela expressão da regulação gênica e pode ser afetada por fatores agronômicos (GARLET et al., 2007; MEDEIROS, 2014).

A principal causa de diversidade dos terpenos se relaciona com a presença de várias enzimas regulatórias responsáveis pelas sínteses dos mesmos. Portanto, a síntese de um ou mais produtos é influenciada pela disponibilidade de substratos para sintetizar outros compostos, pois uma enzima pode formar vários terpenos a partir de um único substrato (STORCK, DERCHAMPS, 2015). Estas diferenças químicas entre os óleos essenciais podem refletir diretamente nas propriedades funcionais, como a atividade antimicrobiana e antioxidante (SCHERER et al., 2009).

CONCLUSÃO

No presente estudo verificou-se influência da adubação orgânica na produção de biomassa e na variação do teor e composição do óleo essencial de *C. nardus*. A produção de biomassa foi favorecida significativamente pela adubação orgânica.

No tratamento com adubação orgânica observou-se redução no teor de óleo essencial em comparação com o tratamento sem adubação. Os óleos essenciais possuem substâncias defensivas para as plantas e o estresse nutricional (tratamento sem adubação), possivelmente, pode ter estimulado a produção desses constituintes. De modo geral, foram observadas diferenças quantitativas e qualitativas na constituição química do óleo essencial de *C. nardus*. O efeito da adubação orgânica sobre o teor e composição do óleo essencial requer a realização de outros estudos, considerando que a produção de metabólitos secundários não é sempre estimulada pela adubação orgânica devido a influência concomitante de fatores fisiológicos, da constituição genética da planta e de condições ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, R.P. Identification of essential oil components by gas chromatography /mass spectrometry. 4th ed. Allured Publishing Corporation. Carol Stream, Illinois, 2007, 804p.
- AGNOLIN, C.A.; OLIVO, C.J.; PARRA, C.L.C.; AGUIRRE, C.A.; BEM, C.M.; ZENI, D.; MOREL, A.F. Eficácia acaricida do óleo de citronela contra o *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Rev. Bras. Saúde Prod. Anim., 15 (3): 604-612, 2014.
- ANDRADE, M.A.; CARDOSO, M.G.; BATISTA, L.R.; MALLET, A.C.T.; MACHADO, S.M.F. Óleos essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomun zeylanicum* e *Zingiber officinale*: composição, atividades antioxidante e antibacteriana. Rev. Ciênc. Agron., 43 (2): 399-408, 2012.
- BARBOSA, L.C.A.; FILOMENO, C.A.; TEIXEIRA, R.R. Chemical variability and biological activities of *Eucalyptus* spp. essential oils. Molecules, 21 (12): 1671-1704, 2016.
- BILLERBECK, V.G.; ROQUES, C.G.; BESSIÈRE, J.M.; FONVIEILLE, J.L.; DARGENT, R. Effects of *Cymbopogon nardus* (L.) W. Watson essential oil on the growth and morphogenesis of *Aspergillus niger*. Can. J. Microbiol., 47 (1): 9-17, 2001.
- CASTRO, H.G.; PERINI, V.B.M.; SANTOS, G.R.; LEAL, T.C.A.B. Avaliação do teor e composição do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (L.) em diferentes épocas de colheita. Rev. Ciênc. Agron., 41 (2): 308-314, 2010.
- CASTRO, H.G.; BARBOSA, L.C.A.; LEAL, T.C.A.B.; SOUZA, C.M.; NAZARENO, A.C. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (L.). Rev. Bras. Plantas Med., 9 (4): 55-61, 2007.
- COSTA, L.C.B.; PINTO, J.E.B.P.; CASTRO, E.M.; BERTOLUCCI, S.K.V.; CORRÊA, R.M.; REIS, E.S.; ALVES, P.B.; NICULAU, E.S. Tipos e doses de adubação orgânica no crescimento, no rendimento e na composição química do óleo essencial de elixir paregórico. Cienc. Rural, 38 (8): 2173-2180, 2008a.
- COSTA, L.C.B.; ROSAL, L.F.; PINTO, J.E.B.P.; BERTOLUCCI, S.K.V. Efeito da adubação química e orgânica na produção de biomassa e óleo essencial em capim-limão (*Cymbopogon citratus* D.C.). Rev. Bras. Plantas Med., 10 (1): 16-20, 2008b.
- DEUS, R.J.A.; ALVES, C.N.; ARRUDA, M.S.P. Avaliação do efeito antifúngico do óleo resina e do óleo essencial de copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne). Rev. Bras. Plantas Med., 13 (1): 1-7, 2011.
- DONLAPORN, S.; SUNTORNSUK, W. Antifungal activities of ethanolic extract from *Jatropha curcas* Seed Cake. J. Microbiol. Biotechnol., 20 (2): 319-324, 2010.

- FILOMENO, C.A.; BARBOSA, L.C.A.; TEIXEIRA, R.R.; PINHEIRO, A.L.; FARIAS, E.S.; SILVA, E.M.P.; PICANÇO, M.C. *Corymbia* spp. and *Eucalyptus* spp. essential oils have insecticidal activity against *Plutella xylostella*. *Ind Crops Prod*, 109: 374-383, 2017.
- GARLET, T.M.B.; SANTOS, O.S.; MEDEIROS, S.L.P.; MANFRON, P.A.; GARCIA, D.C.; BORCIONI, E.; FLEIG, V. Produção e qualidade do óleo essencial de menta em hidroponia com doses de potássio. *Cienc. Rural*, 37 (4): 956-962, 2007.
- GARCIA, R.A.; JULIATTI, F.C.; BARBOSA, K.A.G.; CASSEMIRO, T.A. Atividade antifúngica de óleo e extratos vegetais sobre *Sclerotinia sclerotiorum*. *Biosci. J.*, 28 (1): 48-57, 2012.
- MAHALWAL, V. S.; ALI, M. Volatile constituents of *Cymbopogon nardus* (Linn.) Rendle. *Flavour Fragr. J.*, 18 (1): 73-76, 2002.
- MEDEIROS, F.C.M. Caracterização química e atividade biológica de óleos essenciais de plantas do cerrado contra fungos xilófagos [Dissertação Mestrado]. [Brasília (DF)]: Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília; 2014. 108p.
- MUMCUOGLU, K.Y.; MAGDASSI, S.; MILLER, J.; BEN-ISHAI, F.; ZENTNER, G.; HELBIN, V.; KAHANA, F.; INGBER, A. Repellency of citronella for head lice: double-blind randomized Trial of efficacy and safety. *Isr. Med. Assoc. J.*, 6 (12): 756-759, 2004.
- NAKAHARA, K.; ALZOREKY N.S.; YOSHIHASHI, T.; NGUYEN, H.T.T.; TRAKOONTIVAKORN, G. Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Cymbopogon nardus* (citronela grass). *Jpn. Agr. Res. Q.*, 37 (4): 249-252, 2003.
- OLIVEIRA, M. M. M.; BRUGNERA, D. F.; CARDOSO, M. G.; GUIMARÃES, L.G. L.; PICOLLI, R. H. Rendimento, composição química e atividade antilisterial de óleos essenciais de espécies de *Cymbopogon*. *Rev. Bras. Plantas Med.*, 13 (1): 8-16, 2011.
- PASSOS, J.L.; BARBOSA, L.C.A.; DEMUNER, A.J.; ALVARENGA, E.S., SILVA, C.M., BARRETO, R.W. Chemical characterization of volatile compounds of *Lantana camara* L. and *L. radula* Sw. and their antifungal activity. *Molecules*, 17 (10): 11447-455, 2012.
- PERINI, V.B.M.; CASTRO, H.G.; CARDOSO, D.P.; LIMA, S.O.; AGUIAR, R.W.S.; MOMENTÉ, V.G. Efeito da adubação e da luz na produção de biomassa do capim citronela. *Biosci. J.*, 27 (6): 924-31, 2011.
- RIBEIRO, A.V.; FARIAS, E.D.; SANTOS, A.A.; FILOMENO, C.A.; SANTOS, I.B.; BARBOSA, L.C.A.; PICANÇO, M.C. Selection of an essential oil from *Corymbia* and *Eucalyptus* plants against *Ascia monuste* and its selectivity to two non-target organism. *Crop Prot*, 110: 207-213, 2018.
- SANTOS, F. C. C.; VOGEL, F. S. F.; MONTEIRO, S. G. Efeito de diferentes concentrações de óleo e tintura de citronela sobre os parâmetros reprodutivos de teleóginas de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Semin Cienc Agrar*, 33 (3): 1141-1147, 2012.
- SANTOS, M.R.A.; INNECCO, R. Adubação orgânica e altura de corte da erva-cidreira brasileira. *Hortic. Bras.*, 22 (2): 182-185, 2004.
- SCHERER, R.; WAGNER, R.; DUARTE, M.C.T.; GODOY, H.T. Composição e atividades antioxidante e antimicrobiana dos óleos essenciais de cravo-da-índia, citronela e palmarosa. *Rev. Bras. Plantas Med.*, 11 (4): 442-449, 2009.
- SILVA, M.B.; NICOLI, A.; COSTA, A.S.V.; BRASILEIRO, B.G.; JAMAL, C.M.; SILVA, C.A.; PAULA JÚNIOR, T.J.; TEIXEIRA, H. Ação antimicrobiana de extratos de plantas medicinais sobre espécies fitopatogênicas de fungos do gênero *Colletotrichum*. *Rev. Bras. Plantas Med.*, 10 (3): 57-60, 2008.

- SILVEIRA, S.M.; JÚNIOR, A.C.; SCHEUERMANN, G.N.; SECCHI, S.V.; VERRUCK, S.; KROHN, M.; VIEIRA, C.R.W. Composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de *Cymbopogon winterianus* (citronela), *Eucalyptus paniculata* (eucalipto) e *Lavandula angustifolia* (lavanda). Ver. Inst. Adolfo Lutz, 71 (3): 471-480, 2012.
- SOARES, A.A.; CASTRO, H.G.; SANTOS, G.R.; CARDOSO, D.P.; CHAGAS JÚNIOR, A.F.; AGUIAR, R.W.S. Efeito da adubação orgânica na produção de biomassa e bioatividade do óleo essencial do capim citronela, Com. Sci., 5 (4): 427-434, 2014.
- STORCK, R.C.; DESCHAMPS, C. Teor e composição de óleo essencial de patchouli (*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.) após diferentes tempos de secagem em estufa e temperatura ambiente. Rev. Bras. Plantas Med., 17 (4): 570-576, 2015.
- TRONGTOKIT, Y.; RONGSRIYAM, Y.; KOMALAMISRA, N.; APIWATHNASORN, C. Comparative repellency of 38 essential oils against mosquito bites. Phytother Res, 19 (4): 303-309, 2005.
- VALADARES, S.V.; HONÓRIO, I.C.G.; CALDEIRA JÚNIOR, C.F.; VALADARES, R.V.; BARBOSA, C.K.R.; MARTINS, E.R.; FERNANDES, L.A. Adubação orgânica de calêndula (*Calendula officinalis* L.) produzida sobre grama batatais. Biotemas, 23 (3): 21-24, 2010.
- VELOSO, R.A.; CASTRO, H.G.; SANTOS, G. R.; BARBOSA, L. C. A.; CARDOSO, D.P.; SILVA, K.P. Composição e fungitoxicidade do óleo essencial de capim citronela em função da adubação orgânica. Pesq. Agropec. Bras., 47 (12): 1707-13, 2012.
- WONG, K.K.Y.; SIGNAL, F.A.; CAMPION, S.H.; MOTION, R.L. Citronella as an insect repellent in food packaging. J. Agric. Food Chem., 53 (11): 4633-636, 2005.