

Análise do crescimento e do teor de óleos essenciais em citronela (*Cymbopogon nardus*) sob diferentes composições de substrato

Katia de Almeida Lacerda¹ , Elton de Oliveira¹ , Rafael Agostinho Ferreira¹ , Mariana de Oliveira Pereira¹ , Carlos Rodrigues Pereira¹ , Thelma de Barros Machado^{1,2} , Cristina Moll Hüther^{1,2} .

¹Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biosistemas, Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente, Rua Passo da Pátria, 156, bloco D, sala 236, 24210-240, Niterói, RJ, Brasil

²Universidade Federal Fluminense. Programa de Pós-Graduação em Ciências Aplicadas a Produtos para a Saúde – Faculdade de Farmácia. Rua Dr Mário Viana, 523, Santa Rosa, Niterói, 24241-000 - RJ, Brasil.

Autor para correspondência: cristinahuther@yahoo.com.br

RESUMO: *Cymbopogon nardus* mais popularmente conhecido como citronela, possui inúmeros potenciais fitoterápicos. Levando em conta a importância do óleo essencial dessas plantas e o aumento da procura por seus princípios ativos, mais estudos são necessários, tendo em vista que seus compostos químicos podem ser alterados por vários fatores. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar o crescimento e a produção do óleo essencial do capim citronela cultivado em diferentes composições de substratos. Foram utilizados quatro tratamentos com 10 repetições por amostragem em um total de três amostragens. Os substratos utilizados foram: T1) mistura de terra preta + 15 g de composto Bokashi + 13 g de NPK (4:14:8) + adição de 8 gramas de ureia por planta a cada 45 dias, perfazendo um total de três aplicações de ureia em cobertura; T2) mistura de terra preta + 15 g de composto Bokashi + 13 g de NPK (4:14:8); T3) mistura de terra preta + 15 g de composto Bokashi; e, T4) somente terra preta. Foram analisadas a produção de matéria seca, a área foliar específica, a partição de fotoassimilados e o teor dos óleos essenciais. Verificou-se que o tratamento com aplicação de ureia foi mais eficaz na produção de massa de matéria seca total, e que os demais tratamentos não apresentaram diferença estatística entre si, apresentando uma produção menor. A substância majoritária produzida foi o β -citronelal, seguida do *trans*-geraniol. A quantidade e a composição do óleo essencial variaram conforme o substrato e o período de colheita.

Palavras-chave: citronela, ureia, partição, *Cymbopogon nardus*, Bokashi.

ABSTRACT: Analysis of growth and essential oil content in citronella (*Cymbopogon nardus*) under different compositions of substrate. The *Cymbopogon nardus* more popularly known as citronella has numerous potential herbal medicines. Taking into account the importance of the essential oil of these plants and the increased demand for its active principles, more studies are needed, given that their chemical compounds can be altered by several factors. The objective of this study was to analyze the growth and essential oil production of citronella grass grown in different compositions of substrates. Four treatments were used with 10 repetitions per sample for a total of three samples. The substrates used were: T1) mixture of black soil + 15 g Bokashi compound + 13 g of NPK (4:14:8) + adding 8 grams of urea per plant every 45 days, for a total of three applications of urea coverage; T2) mixture of black soil + 15 g Bokashi compound + 13 g of NPK (4:14:8); T3) mixture of black soil + 15 g Bokashi compound; and T4) only black soil. They analyzed the production of dry matter, specific leaf area, assimilates partition and content of essential oils. It was found that treatment with application of urea was more effective in mass production of total dry matter, and that the other treatments showed no statistical differences among themselves, with a lower production. The major substance produced β -citronellal was followed by the *trans*-Geraniol. The quantity and essential oil composition varied as the substrate and the harvest period.

Keywords: citronella, urea, partition, *Cymbopogon nardus*, Bokashi.

Recebido para publicação em 28/05/2018

Aceito para publicação em 16/05/2022

Data de publicação em 23/05/2022

ISSN 1983-084X

© 2020 Revista Brasileira de Plantas Medicinais/Brazilian Journal of Medicinal Plants.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

INTRODUÇÃO

Cymbopogon nardus (L.) Rendle, popularmente conhecido como citronela, é cultivado em regiões tropicais e subtropicais (Kpoviessi et al. 2014), pertence à família Poaceae (Ekpenyong et al. 2015) e apresenta substâncias voláteis nas folhas, como citronelal, β -citronelol, eugenol, geraniol, entre outras, denominadas de monoterpenos (Seixas et al. 2011; Kpoviessi et al. 2014), que atuam na defesa química da planta contra a herbivoria (Castro et al. 2007).

Pesquisas conduzidas com o óleo da citronela, que é extraído das folhas, frescas ou parcialmente dessecadas, demonstraram a ação como inseticida (Hernandez-Lambraño et al. 2015; Smitha et al. 2015) e de repelência contra insetos, inibição da postura e eclosão dos ovos de carrapato (Agnolin et al. 2010; Furlan et al. 2010). O óleo também possui ação fungicida (Seixas et al. 2011; Veloso et al. 2012) e bactericida (Silva et al. 2010; Demuner et al. 2011; Nascimento et al. 2011), além de ser utilizado na forma de chá como calmante e digestivo (Castro et al. 2010; Kpoviessi et al. 2014), bem como utilizado para a síntese de vitamina A (Furlan et al. 2010; Perini et al. 2011) e na fabricação de perfumes e cosméticos (Wong et al. 2005).

Bizzo et al. (2009) salientam que o Brasil se destaca na produção mundial de óleos essenciais, mas sofre problemas crônicos como falta de manutenção do padrão de qualidade dos óleos, sendo fundamental que pesquisas atuais promovam a aproximação entre produtores e os centros de pesquisas nacionais, para agregar qualidade a esses óleos. No entanto, há pouco incentivos para a sua produção em escalas industriais, ou mesmo em pequena escala, como na agricultura familiar (Verma et al. 2013).

Assim, é de fundamental importância um estudo sistematizado de todas as etapas pertinentes ao cultivo, uma vez que fatores bióticos ou abióticos podem determinar a qualidade e quantidade final do produto vegetal, ou seja, o rendimento desse óleo pode variar devido às condições ambientais, bem como no manejo da cultura (Gomes et al. 2003; Gobbo-Neto e Lopes 2007; Moro et al. 2011; Pavarini et al. 2012).

Nesse contexto, Verma et al. (2012) salientam que o conteúdo e a composição de princípios ativos das plantas dependem consideravelmente a fatores extrínsecos e intrínsecos, incluindo solo, condições climáticas, a ontogênese da planta e fases e épocas de colheita.

Alguns trabalhos relatam efeitos da adubação orgânica sobre produção de biomassa e concentração de óleos em plantas (Brant et al. 2010; Ferraz et al. 2014), no entanto outros relatam que não foi significativo para a produção de óleo essen-

cial, bem como em ralação a biomassa (Veloso et al. 2012). Assim, o tipo de adubação utilizada e a quantidade podem variar de espécie para espécie.

Embora haja vários tipos de adubação, a fertilização dos solos com adubos orgânicos tem adquirido importância do ponto de vista da concepção de produção vegetal sustentável (Ferraz et al. 2014). Nesse aspecto o uso do Bokashi® que é *composto natural confeccionando a partir de uma mistura balanceada de farelos como soja, arroz, mamona, extrato* de levedura seca, entre outros e que pode ser adquirido ou produzido pelo próprio agricultor, de acordo com os materiais disponíveis (Resende et al. 2010), poderá contribuir significativamente não só para rendimento do óleo, bem como interferir na qualidade do óleo. Dessa forma, o presente estudo buscou analisar o crescimento e a produção do óleo essencial do capim citronela (*Cymbopogon nardus*) cultivado em diferentes substratos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campus Gragoatá, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ (latitude 22° 54' 00" S, longitude 43° 08' 00" W, altitude 08 m), no período de julho de 2014 a fevereiro de 2015.

As mudas de *C. nardus* foram adquiridas na CEASA-RJ, num total de 240 mudas, as quais tiveram a parte aérea podada, de modo que cada unidade planta tivesse 20 cm de altura, obtendo assim uma padronização. Após essa operação, foram transplantadas para vasos de polietileno com capacidade de 8 l.

As unidades experimentais foram divididas em 4 grupos, totalizando 30 amostras por tratamento, com 10 repetições por coleta para cada grupo, sendo que cada grupo recebeu diferentes tratamentos, distribuídos da seguinte maneira: Tratamento 1: Terra preta + (15 g de composto Bokashi® (farelo, casca de arroz, farelo de mamona e microrganismos) + 13 g de NPK (Nitrogênio, Fósforo: Potássio, na razão de 4:14:8 respectivamente) + 8,0 g de Ureia); tratamento 2: Terra preta + (15 g de composto Bokashi® + 13 g de NPK); tratamento 3: Terra preta+ (15 g de composto Bokashi®) e tratamento 4: Terra preta.

Após 45 dias do transplante as mudas do tratamento 1 receberam aplicação de ureia por cobertura (8 gramas por planta). Esse procedimento repetiu-se três vezes, com intervalo de 45 dias. Todas as plantas de todos os tratamentos foram irrigadas diariamente de forma a manter a capacidade de campo.

As análises químicas do solo (terra preta) foram realizadas pelo laboratório da Embrapa So-

los do Rio de Janeiro. O solo enviado continha somente a presença da terra preta mais o composto Bokashi®. Segundo a análise, o solo foi caracterizado como eutrófico, com saturação de alumínio de 0%, sálico e sua textura média.

Para a obtenção dos dados de acúmulo de matéria seca (MS), área foliar específica (SLA), partição de fotoassimilados, foram efetuadas coletas sucessivas, iniciando no dia do transplante das mudas, ou seja, o plantio nos potes e após 81, 144 e 205 dias após o plantio das mudas, totalizando quatro coletas, com cinco repetições por tratamento.

Em cada coleta, as plantas foram separadas em órgãos como folhas, raízes e caule. A denominação “caule” foi considerada, em cada touceira, a parte do colo até a altura onde, em cada perfilho, ocorreu o surgimento do primeiro nó do colmo cespitoso ereto, em cada unidade experimental.

As plantas foram secadas por 72 h, em estufa com ventilação forçada a 65 ± 2 °C, sendo, em seguida, pesadas. Após os dados coletados foram tabulados e submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para a extração dos óleos essenciais de citronela obtida de cada tratamento, o material vegetal foi coletado aos 81, 144 e 205 dias após o plantio das mudas, totalizando três coletas, com três repetições por tratamento, e armazenado em freezer a -20 °C.

Para a extração dos óleos essenciais foram utilizados cerca de 200 g de folhas frescas de citronela. As folhas foram cortadas em pedaços menores, cerca de cinco cm, e acondicionadas em balões de vidro temperado de cinco litros posicionados sobre mantas aquecedoras. O material vegetal foi então submetido à hidrodestilação com a adição de 3 l de água destilada e utilizando aparelhos do tipo Clevenger modificados por 4 h, cronometradas a partir do início da ebulição (Bruneton 1993).

Após o período de extração, os óleos essenciais de cada amostra foram reunidos em funis de separação e submetidos à partição líquido-líquido com aproximadamente 200 ml de *n*-hexano. As fases orgânicas obtidas foram transferidas para frascos erlenmeyer, às quais foi adicionado sulfato de magnésio anidro para garantir a retirada de gotículas de água remanescentes do processo de separação das fases orgânica e inorgânica. Em seguida, a fase orgânica foi filtrada por meio de papel de filtro e submetida à evaporação sob pressão reduzida utilizando um evaporador rotatório a 30 °C até completa evaporação do solvente. Os óleos essenciais obtidos foram então transferidos para

frascos previamente pesados e o rendimento calculado por diferença, a fim de se determinar o rendimento percentual (p/p). Logo após a pesagem, os frascos foram envolvidos em papel alumínio e congelados para análises posteriores.

Os óleos essenciais obtidos foram diluídos a 2% (v/v) em diclorometano e analisados em um cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massas (Shimadzu QP 5000). Os espectros de massas foram obtidos por meio de ionização por impacto de elétrons (70 eV; 1 scan/s). As condições de análise foram as seguintes: temperatura do injetor, 260 °C; temperatura do detector, 290 °C; fase móvel, hélio; fluxo da fase móvel, 1 ml/min; injeção no modo Split (1:40); temperatura inicial do forno, 60 °C; rampa de aquecimento, 3 °C/min até 290 °C; volume de injeção, 1 µl; coluna capilar RTX-5 (0,25 mm x 30 m x 0,25 µm).

A composição percentual dos óleos essenciais foi calculada pelo método da normalização das áreas de pico CG-DIC. A identificação das substâncias majoritárias foi realizada por comparação do índice aritmético (AI), determinado em relação ao tempo de retenção de uma série de *n*-alcanos (C₇-C₄₀, Sigma-Aldrich) e o padrão de fragmentação do espectro de massas foi comparado com bibliotecas de espectros de massas NIST.

Após todas as análises, os dados coletados foram tabulados e submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evolução média da massa seca total das plantas de citronela acompanhou o ciclo, ou seja, no começo das análises as plantas apresentaram um ganho inicial lento, mas com o transcorrer de 81 dias obtiveram um ganho de massa de 34,7% em relação ao primeiro período analisado (Figura 1). Esse ganho de massa inicial lento pode ser devido ao fato de que as plantas eram provenientes de mudas e o período após o transplante e/ou o plantio para o local definitivo, inicialmente estavam se adaptando a essa nova condição estabelecida, além de que pode estar relacionado à baixa absorção de água e de nutrientes, bem como à pequena área foliar, o que interfere nas taxas de respiração e na taxa assimilatória líquida da fotossíntese (Warnock et al. 2006; Colombo et al. 2007; Lopes, 2010; Huther et al. 2018).

Observando o próximo intervalo de tempo com 63 dias entre uma coleta e outra, ocorreu maior acréscimo de massa seca, 55,5% em relação à análise anterior, mesmo sendo um menor intervalo de tempo entre as coletas. O mesmo verificado para a última análise, em que o intervalo

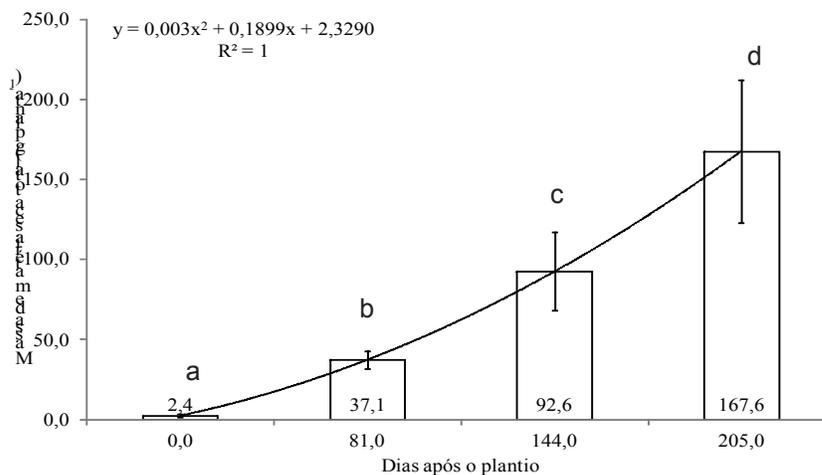


Figura 1. Evolução média da massa de matéria seca total de citronela submetida a diferentes composições de adubação, no período de julho de 2014 a fevereiro de 2015, em Niterói, RJ.

de tempo foi de 61 dias, mas foi o período que se obteve um maior ganho de massa seca nos tratamentos, perfazendo um acréscimo de 75% em relação à massa seca total da análise anterior.

Em relação à evolução da massa seca por partes (folhas, caule e raiz) das plantas de citronela (dados não mostrados), se observou que ao longo do ciclo ocorreram algumas pequenas alterações na proporção de massa seca entre essas partes, mas mantiveram o mesmo padrão, para de acordo com a evolução da massa seca total da planta (Figura 1), durante todo o período analisados de modo que a distribuição de fotoassimilados nos diferentes órgãos das plantas seguiu de modo similar a linha de evolução da massa seca total.

Por meio da média das três últimas análises realizadas verificou-se que o acúmulo de mas-

sa seca total das plantas de citronela em diferentes composições de substratos (Figura 2) foi o tratamento com aplicação de ureia (T+B+NPK+U), ou seja, esse tratamento foi mais eficaz no acúmulo de massa seca total. Os demais tratamentos não apresentaram diferença entre eles.

Nos tratamentos com a presença de substratos (T+B+NPK+U e T+B+NPK) o que mais contribuiu para a massa seca total foi à massa seca das folhas. No entanto, nos tratamentos (T+B) e (T) a maior contribuição para a massa seca total foi a massa dos caules, ou seja, a presença ou não do composto Bokashi® não influenciou na produção total de massa seca total.

A contribuição na massa seca dos caules nos tratamentos (T+B) e (T), pode ser devido a uma provável deficiência em nitrogênio, ocorrendo um

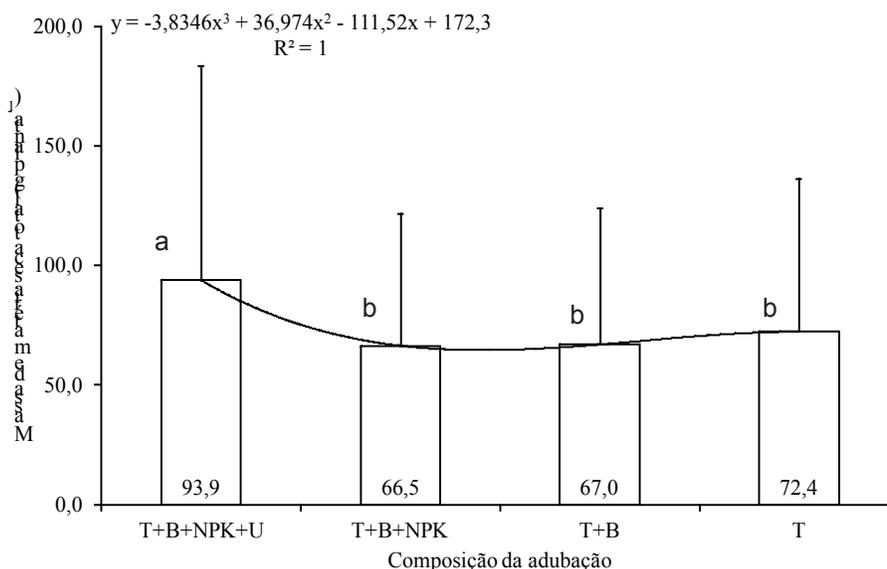


Figura 2. Massa de matéria seca total em diferentes composições de substratos, no período de julho de 2014 a fevereiro de 2015, em Niterói, RJ.

acúmulo dos carboidratos em excesso, já que não podem ser utilizados na síntese de aminoácidos ou de outros compostos nitrogenados, tornando os caules comumente lenhosos (Taiz et al. 2017).

Seixas et al. (2013) observaram que em plantas de capim citronela adubadas com uma dose de 150% de adubo mineral recomendada, no início não apresentavam diferença significativa entre os tratamentos com doses menores de adubação mineral, no entanto, a partir dos 116 dias do transplante das plantas, os indivíduos do tratamento com 150% da adubação mineral recomendada resultaram em maiores taxas de crescimento, tanto em massa fresca quanto seca, o que resultou também em maiores teores de óleo essencial. Já Castro et al. (2007) trabalhando somente com adubação orgânica (esterco bovino curtido) para as plantas de citronela, observaram que o acúmulo de massa fresca e seca foram menores, o que foi verificado nesse trabalho, em que somente a utilização de adubação realizada com o composto Bokashi® não apresentou diferença no ganho de massa seca total, bem como sua consorciação com a adubação mineral.

Para os tratamentos que diferiram apenas na aplicação de ureia, ou seja, tratamento 1 (T+B+NPK+U) e o tratamento 2 (T+B+NPK) houve uma diferença entre esses tratamentos no acúmulo de massa seca das folhas e caules de 12,1% e 11,2%, respectivamente, mas não diferenciou entre os tratamentos na massa seca das raízes (dados não mostrados).

Com relação às substâncias encontradas

no óleo essencial, foram identificados treze, classificadas como monoterpenos e sesquiterpenos. Para os monoterpenos foram identificados citronelal, citronelol, geraniol, acetato de citronelol e acetato de geraniol. Os sesquiterpenos identificados foram o cariofileno, cubebeno, muroleno, cadineno, elemol, eudesmol e cadinol, no entanto, as oito substâncias que se encontravam em maior porcentagem estão representadas na Figura 3 e as substâncias majoritária em todas as análises foi o β -citronelal, e em segundo *trans*-geraniol, em terceiro elemol e após β -citronelol.

Na análise do rendimento percentual relativo de cada substância e/ou composto dentro de uma mesma amostra foram considerados o somatório das áreas de todas as substâncias dentro de uma mesma amostra sendo igual a 100% e cada área de cada substância equivale a um percentual desse total de 100%.

Observando os tratamentos em relação a porcentagem dos compostos produzidos em maior quantidade, o tratamento 3 ou seja, o substrato contendo terra preta mais Bokashi® apresentou melhor resposta para os compostos β -citronelal e *trans*-geraniol.

Para os demais compostos, os tratamentos mantiveram-se próximos, assim não houve interferência das diferentes composições de substratos na produção desses compostos.

Na Figura 4 encontram-se a porcentagem de β -citronelal (a) β -citronelol (b) em relação aos três períodos analisados dentro de cada tratamento.

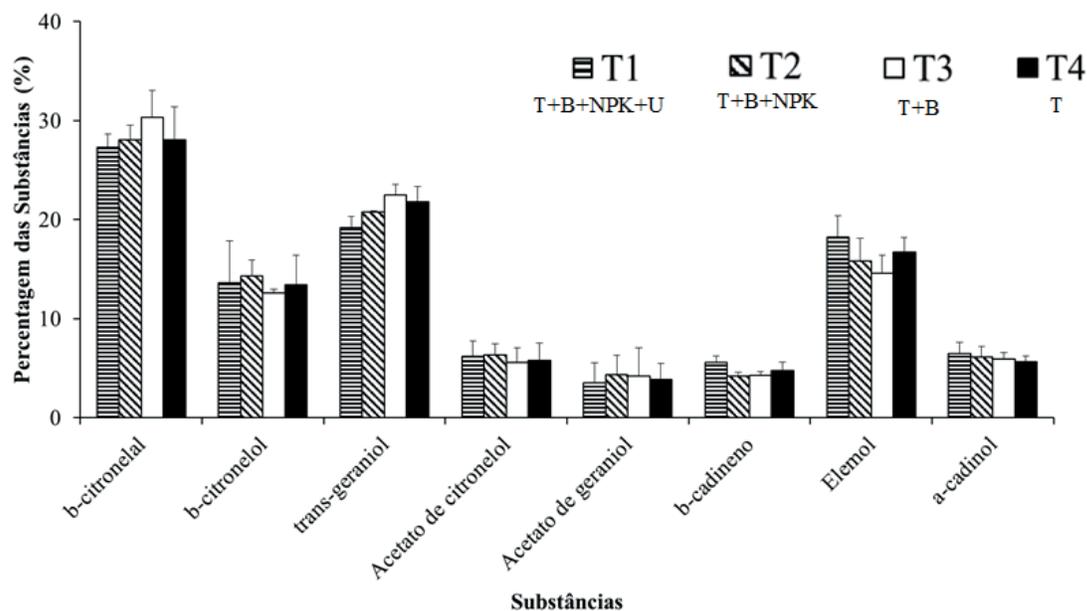


Figura 3. Média do rendimento percentual relativo de cada substância dentro de uma mesma amostra, no período de julho de 2014 a fevereiro de 2015, em Niterói, RJ.

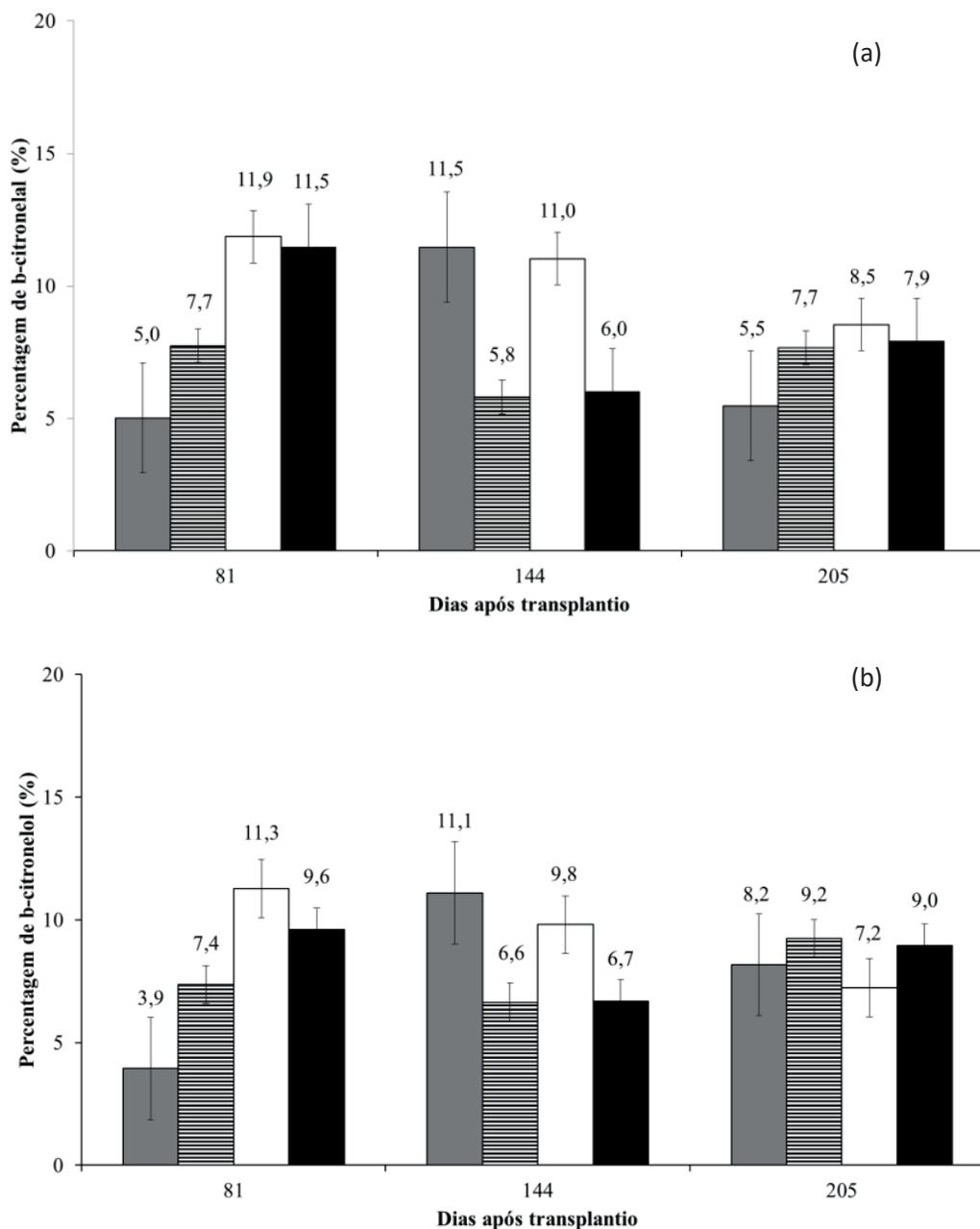


Figura 4. Rendimento percentual relativo ao total da substância β -citronelal (a) e rendimento percentual relativo ao total da substância β -citronelol (b) extraído em todas as amostras para cada tratamento ■ T1 (T+B+NPK+U), ▨ T2 (T+B+NPK), □ T3 (T+B), ■ T4 (T) em função dos dias após o transplante das mudas, no período de julho de 2014 a fevereiro de 2015, em Niterói, RJ. Barra indica Erro Padrão.

O substrato composto por terra preta mais Bokashi, ou seja o tratamento 3 apresentou maior proporção de β -citronelal e β -citronelol principalmente aos 81 dias após o transplante.

O tratamento com aplicação de ureia via cobertura somente obteve melhor desempenho aos 144 dias após o transplante, retornando aos níveis iniciais na última colheita. Esse rendimento elevado aos 144 dias reflete possivelmente as duas doses de ureia em que essas plantas já ha-

viam recebido nesse período.

Assim, se o interesse na produção for β -citronelol bem como β -citronelal o substrato mais indicado deve ser terra preta mais o composto Bokashi®. Em relação ao período para coleta, aos 81 dias houve uma maior rendimento de ambos.

Em relação ainda a produção de compostos de interesse econômico, as substâncias *trans*-geraniol (Figura 5 a) e acetato de geraniol (dados não mostrados) apresentaram melhor rendimento no tra-

tamento com a presença de Bokashi®, mas somente associado com terra preta, ou seja T3 e o Elemol (Figura 5b) no tratamento somente contendo terra

preta (T4), seguido do tratamento terra preta mais Bokashi® (T3). Ambas as substâncias apresentaram maior produção no primeiro período analisado.

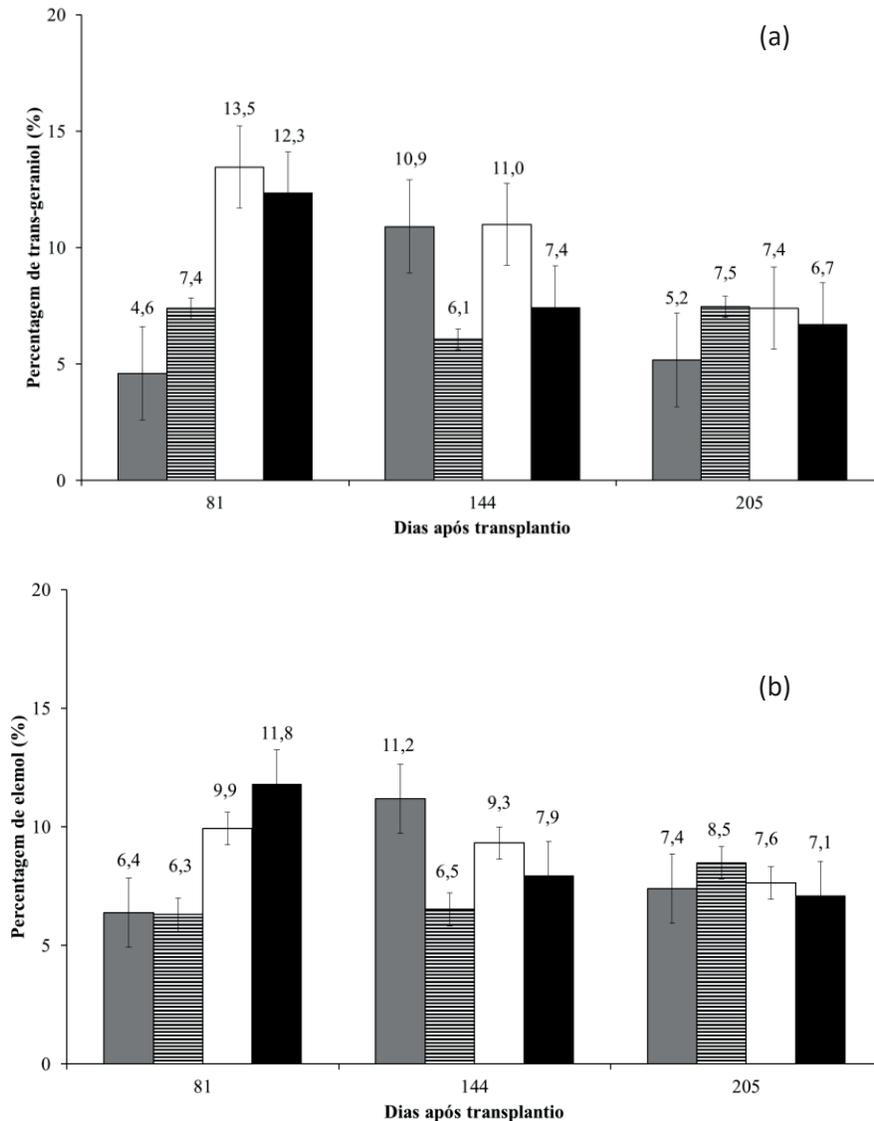


Figura 5. Rendimento percentual relativo ao total da substância *trans*-geraniol (a) e rendimento percentual relativo ao total da substância Elemol (b) extraído em todas as amostras para cada tratamento ■ T1 (T+B+NPK+U), ▨ T2 (T+B+NPK), □ T3 (T+B), ■ T4 (T) em função dos dias após o transplante das mudas, no período de julho de 2014 a fevereiro de 2015, em Niterói, RJ. Barra indica Erro Padrão.

As substâncias β -cadineno, α -Cadinol, acetato de citronelol (dados não mostrados) apresentaram respostas semelhantes ao Elemol, dentro de cada período analisado. No entanto, observou-se no período de 144 dias após o transplante, para a produção de acetato de citronelol, o tratamento com aplicação de ureia apresentou maior percentagem em relação aos demais tratamentos. No entanto, no último período analisado, esta composição de substrato apresentou-se muito reduzido, contudo os demais tratamentos também mantiveram-se com pouca produção, demonstran-

do que independente do tratamento, a produção decaía nesse período, ou seja, não sendo indicado a colheita dessa espécie, nesse período e nessas condições experimentais, se o objetivo for a aquisição da substância acetato de citronelol.

Assim, de modo geral, as oito substâncias majoritárias apresentaram um melhor rendimento no substrato 3, constituído de terra preta mais Bokashi®, e para o primeiro período analisado. No entanto, em relação à quantidade de óleo essencial e rendimento percentual (Tabela 1) de acordo com as diferentes composições dos substratos e

Tabela 1. Quantidade de óleo essencial e rendimentos nos tratamentos de acordo com as coletas

	1ª Coleta (81 DAT)		2ª Coleta (144 DAT)		3ª Coleta (205 DAT)	
	Óleo essencial (g)	Rendimento (%)	Óleo essencial (g)	Rendimento (%)	Óleo essencial (g)	Rendimento (%)
T1 - (T+B+NPK+U)	4,5471	1,30	2,1312	1,62	3,6855	2,22
T2 - (T+B+NPK)	3,6586	0,98	3,3868	1,52	2,1432	1,27
T3 - (T+B)	3,2475	1,03	4,2626	2,31	1,763	1,24
T4 - (T)	1,2140	0,64	3,7716	2,08	2,1806	1,33

em relação ao período de coleta, o tratamento (T1), ou seja, onde foram realizadas aplicações de ureia, apresentou na primeira coleta aos 81 dias após o transplante das mudas (DAT) uma maior quantidade de óleo essencial, no entanto o maior rendimento desse óleo foi aos 205 DAT. Esse resultado pode estar interligado a aplicação de ureia, em que a terceira e última aplicação foi realizada 70 dias antes da terceira coleta do material vegetal.

Aos 144 DAT, o tratamento 3 (T3) que continha terra preta com a presença de Bokashi®, sem outro tipo de aplicação de adubação, apresentou uma maior quantidade de óleo essencial, seguido do substrato terra preta (T4) e do substrato que continha T+B+NPK (T2). Essa quantidade de óleo essencial também refletiu no maior rendimento nos componentes químicos de cada tratamento. No entanto, quando comparado o T3 com Bokashi® e o T4 sem Bokashi®, a quantidade de óleo essencial foi maior no substrato com Bokashi®, mas essa quantidade de óleo não continha um maior rendimento (Tabela 1).

Alguns pesquisadores relatam que os teores dos constituintes como, por exemplo, citrionol e citrionelal aumentam com o crescimento das plantas, ou seja, com o aumento da idade, ou com a proximidade do período reprodutivo (Marco et al. 2007; Kakaraparthi et al. 2014; Smitha e Rana, 2015).

Assim, na primeira coleta (81 DAT), e na terceira (205 DAT), observou-se que o mesmo tratamento (T1), ou seja, o substrato com aplicações de ureia apresentou maior quantidade de óleo e também um melhor rendimento, mas em relação aos demais tratamentos esse rendimento não foi totalmente diferente, indicando dessa forma, que se o interesse for somente produção de óleo essencial, o tratamento com aplicação de ureia seria o mais indicado, nessas condições experimentais, para a coleta, sendo realizada no início de outubro e/ou início de fevereiro. No entanto, se a coleta do material vegetal for início de dezembro, a maior produção de óleo essencial, bem como o rendimento das substâncias químicas, seria o tratamento 3 (T3), seguido do tratamento 4 (T4), 2 (T2) e após o tratamento 1 (T1).

Essa alteração entre uma análise, ou seja, um período de coleta de material diferente dos demais é relatado na literatura, pois em se tratando de material vegetal que apresente princípios ativos, vários fatores podem interferir na composição química, bem como no teor dessas substâncias, como verificado por Verma *et al.* (2013) em que relataram um maior rendimento do óleo essencial no período de inverno.

Portanto, nesse contexto seria fundamental relacionar o manejo dessa cultura com diversos cortes da parte aérea, o que poderia indicar uma produção do óleo com princípios ativos mais concentrados, tendo em vista que o produtor de citronela realizaria vários cortes, desde que o cultivo seja bem conduzido.

CONCLUSÕES

Nessas condições experimentais, a aplicação de três doses de ureia com intervalo de 45 dias favorece o seu crescimento, no entanto, essa aplicação de ureia não apresenta em todas as análises um maior rendimento no óleo essencial da citronela, pois há variação entre o substrato e o período de coleta. A substância majoritária é o β -citrionelal e de modo geral, as oito substâncias majoritárias apresentaram um melhor rendimento no substrato 3, constituído de terra preta mais Bokashi®, e para o primeiro período analisado. As informações contidas nesse trabalho são importantes não só para o meio científico, mas também no auxílio aos agricultores familiares na tomada de decisões sobre o manejo de cultura, visando uma maior produção de alguma substância química de interesse.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES).

CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

- Agnolin CA, Olivo CJ, Leal MLR, Beck RCR, Meinerz GR, Parra CLC, Machado PR, Foletto V, Bem CM, Nicolodi PRSJ (2010) Eficácia do óleo de citronela [*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle] no controle de ectoparasitas de bovinos. *Rev Bras Plantas Med* 12(4):482-487. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722010000400012>
- Bizzo HR, Hovell AMC, Rezende CM (2009) Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. *Quim Nova* 32(3):588-594. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300005>
- Brant RS, Pinto JEBP, Bertolucci SKV, Albuquerque CJB (2010) Produção de biomassa e teor do óleo essencial de cidrão em função da adubação orgânica. *Hort Bras* 28(5):111-114. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000100021>
- Bruneton J (1993) *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. 4. ed. Paris: Technique et Documentation Lavoisier. 1268p.
- Castro HG, Leal T, Souza C, Nazareno A (2007) Crescimento, teor e composição do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (L.). *Rev Bras Plantas Med* 9(4):55-61.
- Castro HG, Perin VBM, Santos GR, Leal TCAB (2010) Avaliação do teor e composição do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (L.) em diferentes épocas de colheita. *Rev Ciênc Agron* 41(2): 308-314.
- Colombo R, Marín O, Irazábal S, Tezara W (2007) Relaciones hídricas, fotosíntesis, y anatomía foliar de dos especies del género *Calotropis*. *Interciência* 32(11):791-796
- Demuner AJ, Barbosa LC, Magalhaes CG, da Silva CJ, Maltha CR, Pinheiro AL (2011) Seasonal variation in the chemical composition and antimicrobial activity of volatile oils of three species of *Leptospermum* (Myrtaceae) grown in Brazil. *Molecules* 16(2):1181-1191. <https://doi.org/10.3390/molecules16021181>
- Ekpenyong CE, Akpan E, Nyoh A (2015) Ethnopharmacology, phytochemistry, and biological activities of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf extracts. *Chin J Nat Med* 13(5):321-37 [https://doi.org/10.1016/S1875-5364\(15\)30023-6](https://doi.org/10.1016/S1875-5364(15)30023-6)
- Ferraz EO, Bertolucci JEBPP, Braga AF, Costa AG (2014) Organic systems in the growth and essential-oil production of the yarrow. *Rev Ciênc Agron* 45(1):111-119. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000100014>
- Furlan MR, Martins RCC, Rodrigues E, Scalco N, Negri G, Lago JHG (2010) Variação dos teores de constituintes voláteis de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf, Poaceae, coletados em diferentes regiões do Estado de São Paulo. *Rev Bras Farmacogn* 20(5):686-691. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2010005000026>
- Gobbo-Neto L, Lopes NP (2007) Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Quím Nova* 30(2):374-381.
- Gomes EC, Negrelle, RRB (2003) *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf: aspectos botânicos e ecológicos. *Visão Acadêmica* 4(2):137-144. <http://dx.doi.org/10.5380/acd.v4i2.534>
- Hernández-Lambraño RE, Pajaro N, Caballero-Gallardo K, Stashenko E, Olivero-Verbel J (2015). Essential oils from plants of the genus *Cymbopogon* as natural insecticides to control stored product pests. *J Stored Prod Res* 62:81-83. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2015.04.004>
- Huther CM, Martinazzo EG, Schock AA, Rombaldi CV, Bacarin MA (2018) Production components in transformed and untransformed 'MicroTom' tomato plants. *Rev Ciênc Agron* 49(1):85-92. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180010>
- Kakaraparathi PS, Srinivas KVN, Kotes KJ, Arigari N, Rajput D, Sarma V (2014) Variation in the essential oil content and composition of Citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt.) in relation to time of harvest and weather conditions. *Ind Crops Prod* 61:240-248. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.06.044>
- Kpoviessi S, Bero J, Agbani P, Gbaguidi F, Kpadonou-Kpoviessi B, Sinsin B, Accrombessi G, Frédéric M, Moudachirou M, Quetin-Leclercq J. (2014) Chemical composition, cytotoxicity and in vitro antitrypanosomal and antiplasmodial activity of the essential oils of four *Cymbopogon* species from Benin. *J Ethnopharmacol* 151(1):652-9. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.11.027>
- Lopes WAR (2010) Análise do crescimento de tomate 'SM-16' cultivado sob diferentes coberturas de solo. 92f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia), Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, Brasil.
- Marco CA, Innecco R, Mattos SH, Borges NSS, Nagão EO (2007) Características do óleo essencial de capim-citronela em função de espaçamento, altura e época de corte. *Hortic Bras* 25 (3):429-432. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000300020>
- Moro A, Zalacain A, Mendoza J, Delgado M (2011) Effects of Agronomic Practices on Volatile Composition of *Hyssopus officinalis* L. Essential Oils. *Molecules* 16(12): 4131-413. <https://doi.org/10.3390/molecules16054131>
- Nascimento JC, Barbosa LCA, David JM, Fontana R, Silva LAM, França RS (2011) Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Ocimum canum* Sims. and *Ocimum selloi* Benth. *An Acad Bras Ciênc* 83(3):787-799. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652011005000019>
- Pavarini D, Pavarini SP, Niehues M, Lopes N (2012) Exogenous influences on plant secondary metabolite levels. *Anim Feed Sci Technol* 176(1-4):5-16. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.07.002>
- Perini VBM, Castro HG, Santos GR, Aguiar RWS, Leão EU, Seixas PTL (2011) Avaliação do efeito curativo e preventivo do óleo essencial do capim citronela no controle de *Pyricularia grisea*. *J Biotechnol Biodivers* 2:23-27. <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v2n2.perini>
- Resende FV, Souza RB, Couto JR, Vidal MC, Tomita C (2010) Bokashi de Terra: Aprenda como se faz.

1. ed. Brasília: Embrapa Hortaliças. 8p.
- Seixas PTL, Castro HC, Santos GR, Cardoso DP (2011) Controle fitopatológico do *Fusarium subglutinans* pelo óleo essencial do capim-citronela (*Cymbopogon nardus* L.) e do composto citronelal. *Rev Bras Plantas Med* 13:523-526. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722011000500003>
- Seixas PTL, Castro HG, Cardoso DP, Chagas Júnior AF, Nascimento IR, Barbosa LCA (2013) Efeito da adubação mineral na produção de biomassa e no teor e composição do óleo essencial do capim-citronela. *Biosci J* 29(4):852-858.
- Silva CJ, Barbosa LCA, Demuner AJ, Montanari RM, Pinheiro AL, Dias I, Andrade NJ (2010) Chemical composition and antibacterial activities from the essential oils of Myrtaceae species planted in Brazil. *Quím Nova* 33(1):104-108. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000100019>
- Gingade S, Rana V (2015) Variations in essential oil yield, geraniol and geranyl acetate contents in palmarosa (*Cymbopogon martinii*, Roxb. Wats. var. *motia*) influenced by inflorescence development. *Ind Crops Prod* 66:150-160. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.12.062>
- Taiz L, Zeiger E, Møller IM, Murphy A (2017) *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 888p.
- Veloso RA, Castro HG, Cardoso DP, Santos GR, Barbosa LCA, Silva KP (2012) Composição e fungitoxicidade do óleo essencial de capim citronela em função da adubação orgânica. *Pesq Agropec Bras* 47(12):1707-1713. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012001200005>
- Verma R, Padalia R, Chauhan A (2013) Introduction of *Cymbopogon distans* (Nees ex Steud.) Wats to the sub-tropical India: Evaluation of essential-oil yield and chemical composition during annual growth. *Ind Crops Prod* 49:858-863. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.06.025>
- Verma RS, Padalia RC, Arya V, Chauhan A (2012) Aroma profiles of the curry leaf *Murraya koenigii* (L.) Spreng. chemotypes: variability in north India during the year. *Ind Crops Prod* 36:343-349. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.10.022>
- Warnock R, Valenzuela J, Trujillo A, Madriz P, Gutiérrez M (2006) **Área foliar, componentes del área foliar y rendimiento de seis genotipos de caraota**. *Agronomía Trop* 56(1):21-42.
- Wong KK, Signal FA, Campion SH, Motion RL (2005) Citronella as an insect repellent in food packaging. *J Agric Food Chem* 53(11):4633-4636. <https://doi.org/10.1021/jf050096m>