



Ministério da Educação – Brasil
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Minas Gerais – Brasil

Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas

Reg.: 120.2.095 – 2011 – UFVJM

ISSN: 2238-6424

QUALIS/CAPES – LATINDEX

Nº. 08 – Ano IV – 10/2015

<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

EFEITO DA ADUBAÇÃO MINERAL E DO ESTRESSE HÍDRICO SOBRE A PRODUÇÃO DE BIOMASSA E ÓLEOS ESSENCIAIS DA CITRONELA DE JAVA (*Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor)

Mara Cristina Hott Moreira

Discente do doutorado Multicêntrico em Química - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM - Teófilo Otoni – MG

<http://lattes.cnpq.br/8491663330037319>

E-mail: marahott@yahoo.com.br

Prof. Dr. Alexandre Sylvio da Costa Vieira

Professor Adjunto - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM - Teófilo Otoni - MG

<http://lattes.cnpq.br/2228584428876266>

E-mail: alexandre.costa@ufvjm.edu.br

Resumo: A citronela é uma planta aromática com propriedade repelente atribuída à presença de monoterpenos. A crescente utilização do seu óleo essencial e seu baixo rendimento produtivo desperta o interesse por plantas economicamente viáveis. Este estudo objetivou-se verificar interferências como condições ambientais, adubação, solo e características físico-químicas no desenvolvimento das plantas e na produção de óleos essenciais. As plantas foram cultivadas em vasos, mantidas em diferentes condições ambientais com e sem a indução de estresse hídrico, em solo franco, com diferentes doses de nutrientes nitrogenados e fosfatados. O trabalho foi desenvolvido com um delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições em um esquema fatorial 2x3x2, onde os fatores foram: estresse hídrico, três níveis de fertilizante nitrogenado e dois níveis de fertilizante fosfatado. O estresse hídrico foi aplicado durante sete dias nas plantas desenvolvidas. Após a coleta avaliou-se parâmetros fitotécnicos como peso seco da parte aérea e das raízes, e taxa fotossintética. Os óleos essenciais foram obtidos por hidrodestilação. Os resultados submetidos à análise de variância e ao teste de

Tukey. O fertilizante nitrogenado na dose recomendada intensificou a produção da parte aérea e a taxa fotossintética. O adubo fosfatado não promoveu alterações no desenvolvimento das plantas. Os resultados mostram que apesar do estresse hídrico prejudicar o desenvolvimento fitotécnico, as plantas fertilizadas tenderam a concentrar maior quantidade de óleos na parte aérea, melhorando sua capacidade de adaptação e resistência aos fatores externos. O estresse hídrico associado à adubação mineral potencializou a produção e o acúmulo de óleo nas plantas.

Palavras-chave: Citronela. *Cymbopogon winterianus*. Óleos Essenciais. Manejo Fitotécnico.

Introdução

O uso de plantas medicinais na saúde humana constitui-se uma prática milenar, historicamente construída a partir das experiências de diversas culturas humanas e suas medicinas tradicionais (ALVIM et al., 2006). O conhecimento popular sobre o uso de plantas medicinais despertou o interesse científico pela fitoterapia, uma das mais antigas formas de tratamento de diversas enfermidades. O Brasil é um país privilegiado não só pela vasta natureza que impera com uma flora de biodiversidade invejável, mas também pela diversidade étnica e cultural que permitiu aglomerar o conhecimento europeu, africano e indígena sobre o uso de plantas medicinais. A difusão desse conhecimento facilitou a aceitação e a aderência ao tratamento fitoterápico por grande parcela da população brasileira (BORBA e MACEDO, 2006; BRASIL, 2006).

A OMS (organização mundial de saúde) reconhece a importância das plantas medicinais e incentiva políticas públicas que a valorizem. No Brasil, o caderno de atenção básica do ministério da saúde contém práticas integrativas e complementares acerca do uso de plantas medicinais e fitoterapia na atenção básica. As ações decorrentes destas políticas de saúde além de buscar a valorização da fitoterapia, ampliam as opções terapêuticas aos usuários do sistema único de saúde, estimulam o uso sustentável da biodiversidade brasileira, fortalecem a agricultura familiar, a geração de emprego e renda, o desenvolvimento industrial e tecnológico, e a inclusão social e regional (BRASIL, 2012).

Muitos estudos têm sido desenvolvidos a partir da pesquisa sobre a composição química de fitoterápicos buscando o desenvolvimento de novas

moléculas com atividade terapêutica ou o desenvolvimento de fitofármacos genuinamente nacionais. No entanto, muitas vezes, ignoram-se as condições edafoclimáticas, que são relevantes para a quantidade e qualidade dos princípios ativos produzidos (SANTOS et al., 2004; MACIEL et al., 2002).

A diversidade genética, o habitat, o manejo, assim como a época e o horário da colheita, o modo de secagem e as partes da planta, somados a fatores ambientais como umidade, água, solo e herbivoria podem influenciar na composição química e produtividade do óleo essencial, aumentando ou diminuindo os seus princípios ativos (ROSA et al., 2010).

Os óleos essenciais são substâncias químicas aromáticas compostas principalmente de mono e sesquiterpenos, e de fenilpropanoides, que lhes conferem características organolépticas. Estes óleos formam-se a partir de uma mistura complexa de substâncias voláteis, lipofílicas, líquidas e, em geral, odoríferas (SIMÕES et al., 2007). Além disto, são produzidos pelas plantas com a função de autodefesa e para atrair polinizadores, podendo ser encontrados em flores (rosa), casca de frutos cítricos (limão), folhas (eucalipto), ramos (alecrim), raízes (vetiver), cascas de árvores (canela), resinas e sementes (noz-moscada) ou encapsulados nos tricomas, que ao serem rompidos liberam o óleo volátil (WOLFFENBÜTTEL, 2007). Como evaporam com facilidade à temperatura ambiente são também chamados de óleos voláteis, etéreos ou refringentes. Possui odor característico, densidade menor que a água, alto índice de refração, sensibilidade a luz e ao ar e, a maioria é opticamente ativo (CORAZZA, 2002).

A citronela de Java (*Cymbopogon winterianus jowitt*) é uma planta herbácea tropical, aromática, de ciclo perene, que forma touceiras compactas e fortes, podendo atingir em média um metro de altura (MARCO et al., 2007). Pelo seu grande valor econômico é muito conhecida no mundo inteiro. Sua utilização mais comum é como repelente contra insetos devido ao alto teor de citronelal. Além disso, seu uso na perfumaria também é muito apreciado, sendo usado como ponto de partida para a síntese de diversos princípios ativos (CASTRO e CHEMALE, 1995).

A citronela de Java é cultivada em regiões tropicais e subtropicais da Ásia, África e América, e seu óleo é extraído de suas folhas frescas ou semi desidratadas. Graças à presença de substâncias voláteis nas suas folhas, em geral monoterpenos, como eugenol, geraniol, limoneno e principalmente citronelal, ela possui grande

capacidade de repelência de mosquitos; podendo também ser utilizada nas indústrias farmacêutica, cosmética e perfumarias. Além disto, pode estar presente em preparações sanitárias, como desinfetantes e bactericidas. (SHASANY et al., 2000).

É uma planta resistente, crescendo em diversos solos, mas com preferência para os ricos em nutrientes e bem drenados (TANU, 2004; GALVÃO, 2004). Desenvolve-se bem na presença de luz e calor, e para crescer exige níveis pluviométricos satisfatórios. No entanto, o excesso de chuvas durante a colheita reduz o teor de seus óleos essenciais (CASTRO e CHEMALE, 1995).

A qualidade das plantas de citronela pode ser melhorada com um manejo adequado e com monitoramento nutricional (MARTINS et al., 2000). A busca de fatores agrônômicos ótimos para o seu cultivo permite o maior rendimento de seus metabólitos secundários, aumentando significativamente sua ação repelente (VÁSQUEZ et al., 2010).

Na agricultura, a adição de nutrientes, particularmente nitrogênio, é geralmente empregada para aumentar a produção de biomassa. Muitos autores como Carvalho et al. (2003), Martuscello et al. (2005), Fagundes et al. (2006) e Patês et al. (2007), discorrem sobre o uso do nitrogênio no solo, e concordam com sua importância na formação e desenvolvimento das folhas, além do aumento da biomassa vegetal. Em geral, o estresse nutricional promove um aumento na concentração de metabólitos secundários, exceto na deficiência do nitrogênio e do enxofre, resultando na redução considerável de metabólitos contendo estes elementos. Neste mesmo sentido, os níveis de fósforo e potássio podem ter efeitos na produção de metabólitos nitrogenados (GOBBO-NETO & LOPES, 2007).

A disponibilidade hídrica tem correlação significativa com a concentração dos metabólitos secundários em plantas. O estresse hídrico em um curto período pode aumentar a produção de óleos essenciais, no entanto pode gerar efeito contrário quando permanece por longos períodos (GOBBO NETO, 2007).

Apesar do grande volume de biomassa produzido nos solos brasileiros, o rendimento do óleo essencial da *Cymbopogon winterianus* ainda é relativamente muito baixo, variando em torno de 0,3 a 0,6 % em relação ao peso da planta, o que não é suficiente para atender a demanda do mercado nacional (LIMA, BENATTO e JESUS, 2009). A busca por métodos que possam aumentar a produção de óleos

essenciais da citronela é de enorme importância, principalmente quando se considera a dependência da indústria farmacêutica nacional. Garantir a auto-suficiência de produção deste óleo, além de ampliar seu potencial de exportação, é sobretudo evitar a evasão de divisas, mantendo um balanço econômico favorável em termos de produção de bioativos, e fornecendo a oportunidade para que pequenos e médios produtores possam tornar a sua produção uma atividade cada vez mais atrativa; além de permitir a obtenção de repelentes mais saudáveis e economicamente mais acessíveis, o que pode ser uma arma eficaz na redução dos casos de dengue em todo o país, seja com seu uso *in natura* ou como componente essencial de vários produtos industrializados. (GUPTA e RUTLEDGE, 1994).

Neste cenário, o presente estudo teve por objetivo verificar se o manejo fitotécnico das plantas de citronela, em solo franco siltoso, interfere no processo de desenvolvimento das plantas e na produção de óleos essenciais.

Materiais e métodos

Os experimentos foram conduzidos em laboratório e casa de vegetação na Universidade Vale do Rio Doce (UNIVALE), em Governador Valadares-MG, no período de agosto/2011 a março/2012. As estruturas vegetativas da citronela de Java (*Cymbopogon winterianus*) foram retiradas na área experimental da UNIVALE, e as mudas preparadas por divisão dos perfilhos das touceiras de plantas matrizes. Cada planta matriz teve suas folhas podadas na altura de transição limbo-bainha e a touceira coletada e separada em mudas com tamanho variando de 20 a 30 cm. Em seguida, as mudas foram plantadas em vasos com capacidade média de 2.237 cm³ e peso médio de 2,7 kg.

Foi utilizado solo de horizonte superficial B textural de solo Argissolo vermelho Amarelo, coletado no campo experimental da UNIVALE, seco à sombra e peneirado em tamis de malha de 5,0 mm. Foram coletadas 200g de amostra deste solo e, em seguida conduzidas ao laboratório de solos para análise textural e determinação de suas características granulométricas (areia grossa, areia fina, silte e argila) segundo a metodologia da EMBRAPA (1999) e análise química de rotina (determinação de pH, fósforo, cálcio, magnésio, alumínio, acidez potencial, matéria orgânica, CTC total, CTC efetiva, soma de bases, saturação de bases e saturação de alumínio).

Após a preparação do solo, as mudas de citronela foram plantadas. Nove dias após o plantio foi realizada a aplicação dos nutrientes minerais via solução, de acordo com as recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes estabelecidas por Ribeiro e colaboradores (1999). Foram aplicados três doses de nitrogênio (N0, N1 e N2) representando o tratamento testemunha (0 Kg N/ha), a dose recomendada (270 kg N/ha) e o dobro da dose recomendada (540 Kg N/ha), respectivamente. Outro fator avaliado foi a dose de fósforo (P0 e P1) representando o tratamento testemunha (0 Kg P/ha) e a dose recomendada (300 Kg P/ha). O experimento foi conduzido em um modelo fatorial 2 x 3 x 2 com a utilização dos seguintes fatores: três doses de nitrogênio (sem aplicação, o valor recomendado e o dobro do valor recomendado), duas doses de fósforo (sem aplicação, o valor recomendado) e formatação de ambiente com e sem estresse hídrico no solo.

A fonte de adubo fosfatado utilizado foi o fosfato de sódio monobásico P.A. (NaH_2PO_4) com concentração de 22,46% de fósforo. As soluções foram preparadas com água destilada e aplicadas individualmente nos vasos. A proporção de fósforo utilizada foi equivalente a 300 Kg de P/ha (dose P1). A fonte de nitrogenado utilizado foi a ureia P.A. [$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$], contendo 50% de nitrogênio. Foi realizada a preparação da ureia em solução aquosa, aplicando-se nos vasos as doses equivalentes a 270 Kg N/ha (a dose recomendada) e 540 Kg N/ha (o dobro da dose recomendada), denominados doses N1 e N2, respectivamente.

Os solos dos vasos foram mantidos com o nível de umidade acima de 80% da capacidade de campo. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições. Após 90 dias do plantio foi implantado em parte dos vasos o estresse hídrico através da interrupção do fornecimento de água de irrigação. O estresse hídrico foi mantido por um período de sete dias. Após este período a irrigação foi retomada normalmente.

Após dez dias do final do estresse hídrico foi realizado o corte das plantas na região do coleto. O horário da colheita foi de 9:00 às 10:00 hs segundo metodologia utilizada por Borges e colaboradores (2002).

Durante o estresse hídrico foi avaliada a taxa de clorofila de todas as folhas, utilizando o medidor de quantidade de clorofila modelo OSI CCM.

Foi avaliado número total de folhas, peso seco da parte aérea e das raízes. O número de folhas foi obtido por contagem manual considerando as folhas formadas

e em formação, mas que apresentassem coloração verde, com atividade fotossintética intensa. O peso seco foi obtido 72 horas após a permanência da parte aérea em estufa a 60°C, acondicionadas em sacos de papel, conforme Borges e colaboradores (2002).

As raízes foram obtidas posteriormente, com a imersão dos vasos com o solo em recipientes com água e, em seguida, lavadas em água corrente até a retirada total das partículas orgânicas e minerais agregadas às raízes. Elas foram acondicionadas em sacos de papel e secas também à temperatura de 60°C por 72 horas, obtendo-se o peso seco após este período.

Após a coleta dos dados do peso seco, a parte aérea das plantas foram picadas manualmente colocadas em balão de vidro de fundo redondo de um litro, sob uma manta aquecedora, e adicionado água destilada suficiente para a destilação por três horas. A hidrodestilação foi feita em aparelho tipo Clevenger conforme a técnica II da Farmacopéia Brasileira IV (1988), utilizando uma manta aquecedora com potência de 135 W, no laboratório de práticas farmacêuticas na Universidade Presidente Antonio Carlos, obtendo-se um hidrolato (água/óleo).

O óleo foi extraído da fase aquosa com funil de separação utilizando 40 mL de pentano como solvente. Foi adicionado sulfato de magnésio anidro em excesso para remover à fase orgânica com o objetivo de retirar a água presente. A fase orgânica foi filtrada e o pentano removido em evaporador rotativo a 40°C, conforme Seixas (2012).

O rendimento do óleo foi calculado com o auxílio da fórmula utilizada por Scherer (2007), onde o rendimento foi determinado em porcentagem, dividindo o volume de óleo obtido em litro pela massa seca utilizada em quilograma.

A massa do óleo obtido foi determinada por pesagem em balança analítica, com precisão de quatro casas decimais. O óleo obtido foi transferido para vidro âmbar e armazenado a -5°C em congelador. Foi determinada a produção total de óleo por peso de folha, em porcentagem.

Para a análise estatística foi empregado o software SAEG desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (SAEG, 2007). Os resultados coletados foram tabulados e submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

Resultados e discussão:

O solo utilizado neste estudo para desenvolvimento das plantas de citronela apresentou acidez média a branda e baixos níveis de fósforo e magnésio. O potássio foi caracterizado como elevado considerando as atividades de desenvolvimento vegetal, mas sem qualquer interferência nas atividades osmóticas de água na relação solo-planta. Os demais parâmetros químicos mostram-se favoráveis ao desenvolvimento das plantas (RIBEIRO et al., 1999) (Tabela 1). De acordo com a análise textural foi caracterizado como solo franco (EMBRAPA, 1999) (Tabela 2).

Tabela 1-Análise química do solo utilizado no desenvolvimento das plantas de citronela

	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	Mat. Org.	Prem	S	T	t	V	m	
Franco	5,80	4,30	85,10	2,40	0,40	3,60	6,30	1,18	0,69	18,00	3,02	9,32	6,62	32,40	54,38

Tabela 02 - Análise textural do solo utilizado no desenvolvimento das plantas de citronela.

Solos	Areia grossa (%)	Areia fina (%)	Silte (%)	Argila (%)
Franco	20,00	15,50	46,56	17,90

Características físicas como maior densidade, menor porosidade, principalmente em relação aos macroporos, reduzida capacidade de drenagem do solo, e todas as demais situações que comprometam o crescimento das raízes e as trocas gasosas, aumentam a concentração de dióxido de carbono e reduzem a concentração de oxigênio, dificultando o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, com redução do crescimento da parte aérea e menor produtividade de biomassa (REINERT, 2008; SILVA, MAIA, BIANCHINI, 2006).

Na avaliação de peso seco da parte aérea das plantas (Figura 1), verifica-se que o estresse hídrico induzido por sete dias não alterou o desenvolvimento das plantas apresentando massa seca semelhante. Provavelmente, devido ao maior teor

de silte e argila deste solo, a sua elevada superfície de troca e a elevada proporção de microporos, uma maior quantidade de água permaneceu retida, com reduzido potencial de perda por evaporação superficial, mantendo-se disponível por um tempo mais prolongado para absorção pelas raízes das plantas.

Devido às limitações físicas deste solo, a utilização do fertilizante fosfatado não promoveu qualquer alteração no comportamento vegetativo da planta. No entanto, verificou-se significância na variável nitrogênio (Figura 1), e uma tendência na interação entre nitrogênio, fósforo e estresse (Tabela 3). A significância dos resultados para o nitrogênio foi observada entre a dose recomendada e o dobro da dose recomendada (Figura 1). O excesso de nitrogênio (dose N2) induziu uma queda acentuada na produção de massa seca, cerca de 30% em relação às plantas desenvolvidas na dose recomendada do elemento, independente do fator estresse. O excesso de nitrogênio pode ter promovido um desequilíbrio nutricional nas plantas, processo que comprometeu o seu desenvolvimento.

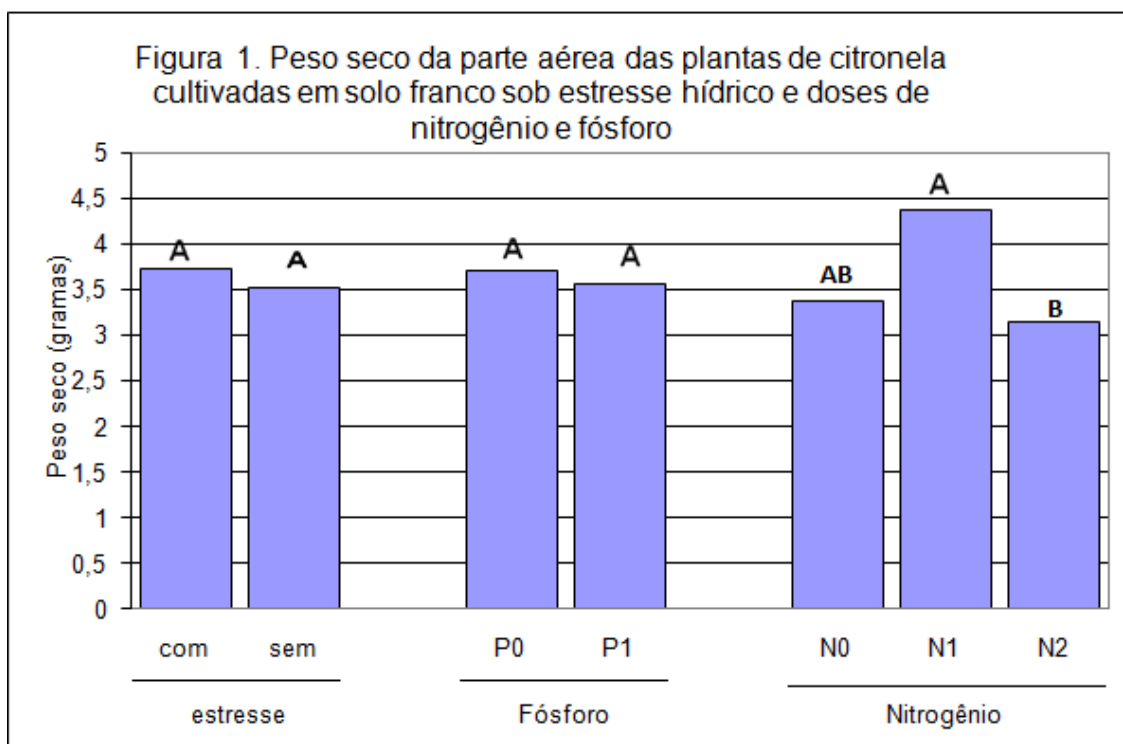


Tabela 3: Peso seco da parte aérea da plantas de citronela cultivadas em solo franco avaliando os fatores de estresse hídrico, doses de nitrogênio e fósforo.

	P0				P1			
	N ₀	N ₁	N ₂	Média	N ₀	N ₁	N ₂	Média
com estresse	2,58	4,40	4,37	3,78	2,55	5,90	2,50	3,65
sem estresse	2,97	4,77	3,09	3,61	3,59	4,23	2,57	3,46
Média	3,68	3,67	3,73		3,07	5,06	2,53	3,55

Este resultado mostra de forma evidente, a importância da interação dos macronutrientes utilizados de forma adequada, de acordo com as recomendações de adubação.

Na avaliação do número de folhas das plantas de citronela cultivada em solo franco, verifica-se que o estresse hídrico induzido não promoveu alteração no desenvolvimento de novas folhas (Figura 2). Este fato ocorreu, provavelmente, devido a proximidade de redução do estresse hídrico nas plantas e o momento de colheita, não ocorrendo tempo suficiente para as plantas manifestarem alterações morfofisiológicas em relação ao desenvolvimento de novas folhas.

Em relação ao uso de fertilizante fosfatado, apesar de não terem sido observadas diferenças significativas, verifica-se que o uso deste elemento intensificou a produção de folhas pelas plantas. Apesar das dificuldades em relação ao solo no que tange a absorção de nutrientes, o fósforo absorvido pode ter estimulado a produção de energia e o desenvolvimento de novas folhas. Em relação ao uso do nitrogênio, as respostas foram mais claras intensificando a produção de folhas na dose recomendada do nitrogênio (N1) e reduzindo significativamente com o uso de doses elevadas deste elemento (N2). Esta resposta é clara quando avaliamos o papel do nitrogênio no desenvolvimento das plantas, desde estruturas gênicas básicas, como nos processos fisiológicos vitais como fotossíntese. O excesso de nitrogênio interfere em diversas rotas metabólicas da planta e, conseqüentemente no seu desenvolvimento, sendo estes efeitos observados em outras avaliações como no acúmulo de matéria seca de parte aérea e das raízes.

O comportamento detalhado do número de folhas das plantas de citronela é observado na Tabela 4. Apesar da não significância dos dados, os maiores valores foram obtidos no tratamento com fósforo (P1) associado a dose recomendada de nitrogênio (N1), independente da condição de estresse na qual a planta foi submetida.

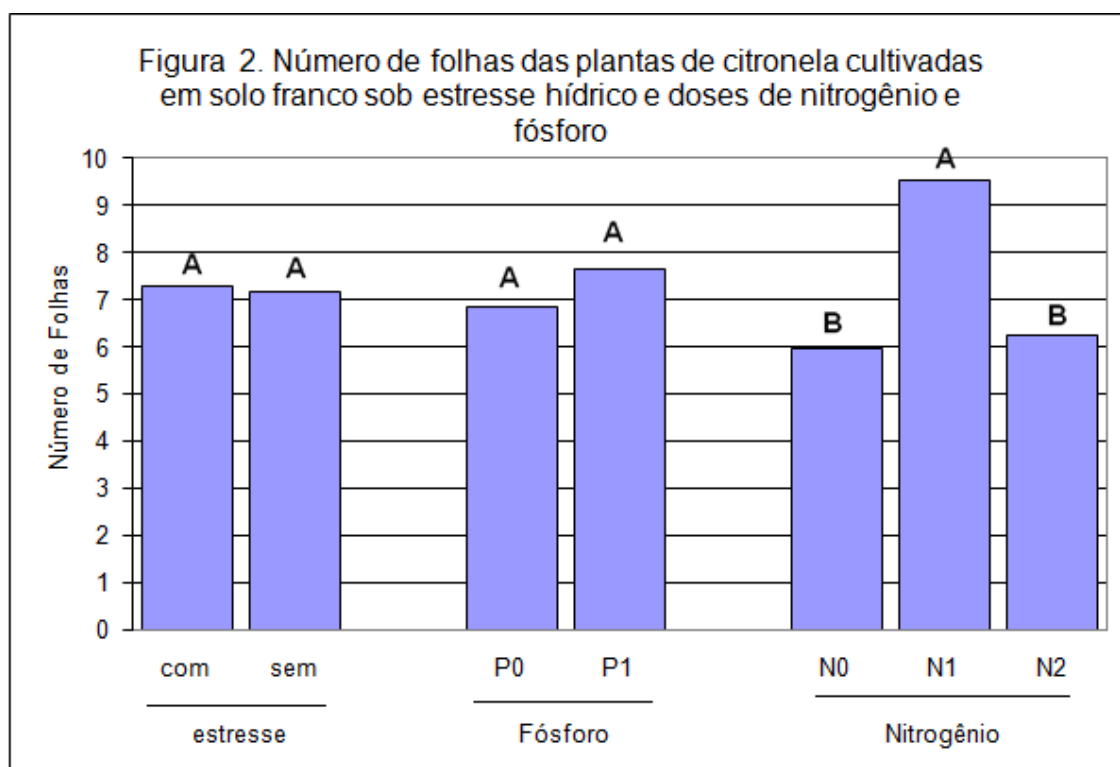


Tabela 4: Número de folhas das plantas de citronela cultivadas em solo franco avaliando os fatores estresse hídrico, doses de nitrogênio e fósforo.

	P0				P1			
	N ₀	N ₁	N ₂	Média	N ₀	N ₁	N ₂	Média
com estresse hídrico	6,75	8,00	5,00	6,58	5,00	12,25	6,75	8,00
sem estresse hídrico	6,00	8,75	6,50	7,08	6,00	9,00	6,75	7,25
Média	6,37	8,37	5,75		5,50	10,62	6,75	

No solo franco, as raízes das plantas de citronela apresentaram grande dificuldade de desenvolvimento devido as características de compactação e reduzida porosidade deste solo. Desta forma, podemos observar na Figura 3 que a presença ou não do estresse hídrico durante determinado período do desenvolvimento das plantas não interferiu no acúmulo de massa seca das raízes das plantas. A utilização ou não do macronutriente fósforo também não promoveu alteração no desenvolvimento das raízes de citronela, mesmo com o solo apresentando inicialmente um reduzido teor deste elemento. Apesar da não significância dos dados, o uso do nitrogênio na dose recomendada (N₁) promoveu um pequeno acréscimo na produção da massa seca da raiz, aproximadamente 10% em relação a

testemunha N0, assim como a maior dose deste elemento (N2) promoveu uma inibição nas raízes, uma redução de 10% em relação a testemunha. A raiz é um dos órgãos vegetais que mais sofrem interferência do excesso de adubação, pois está em contato direto com os elementos, alterando o equilíbrio de absorção, a redução da absorção de água devido a fatores osmóticos, dentre outros fatores que também são promotores do estresse na planta. De acordo com Taiz e Zeiger (2009) os solutos dissolvidos nas zonas das raízes geram um potencial osmótico baixo que reduz o potencial hídrico do solo, afetando a condutância hidráulica das raízes, que precisam desenvolver potenciais hídricos ainda mais baixos para a absorção de água. Kerbauy (2004) também cita que o excesso de nitrogênio é desfavorável, provocando maior crescimento da parte aérea em detrimento das raízes

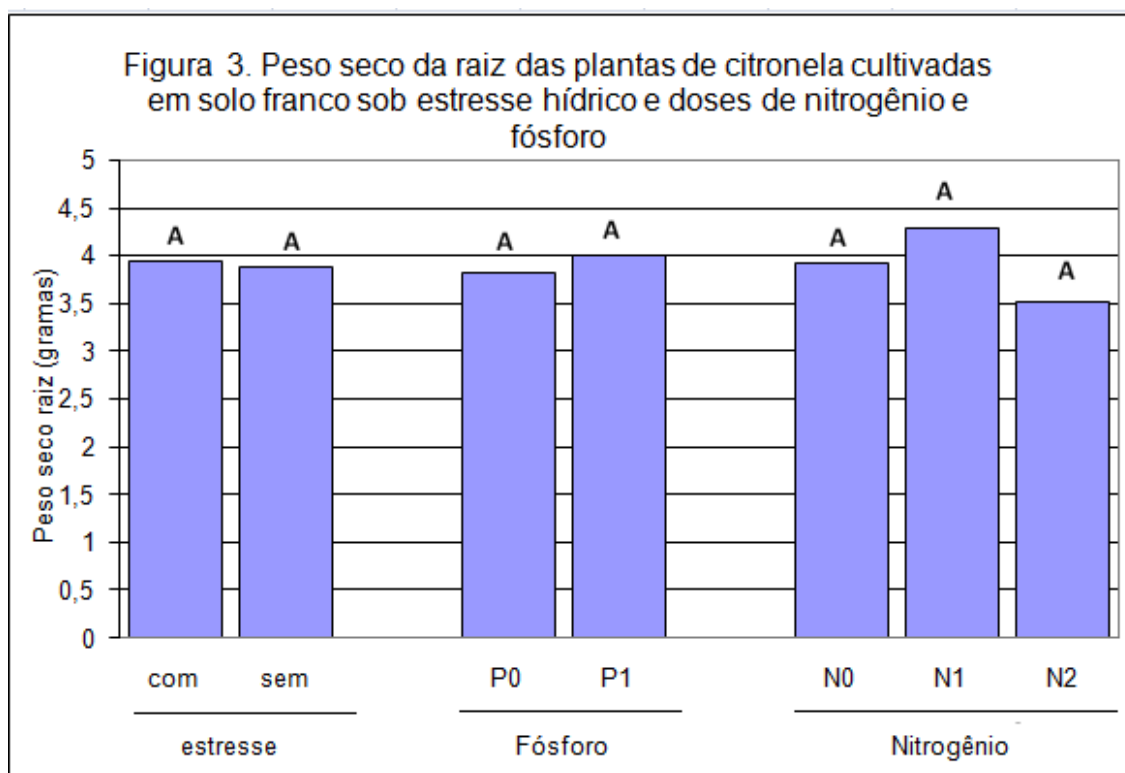


Tabela 5: Peso seco da raiz das plantas de citronela cultivadas em solo franco avaliando os fatores estresse hídrico, doses de nitrogênio e fósforo

	P0				P1			
	N ₀	N ₁	N ₂	Média	N ₀	N ₁	N ₂	Média
com estresse hídrico	4,83	2,74	3,73	3,77	2,97	5,29	4,09	4,12
sem estresse hídrico	3,78	4,61	3,25	5,14	4,13	4,54	2,98	3,88
Média	4,31	3,67	3,49		3,55	4,91	3,53	

Na Tabela 5 a interação entre os fatores apresenta uma tendência, mas apenas na comparação entre as plantas submetidas e não submetidas ao estresse hídrico na dose do nitrogênio recomendada (N1) com maior produção de peso seco de raiz.

Na Figura 4, verificam-se os efeitos dos nutrientes minerais e do estresse hídrico na taxa fotossintética das plantas. As variáveis fósforo e estresse hídrico do solo não induziram um aumento na taxa fotossintética das plantas. O fósforo é elemento fundamental em diversos processos bioquímicos das plantas como na glicólise e no processo respiratório, na composição de moléculas energéticas como ATP da membrana celular, dentre outros. Apesar deste solo apresentar baixos níveis de fósforo, a sua aplicação não induziu a um aumento significativo no metabólico das plantas e, conseqüentemente, na sua atividade fotossintética. Isto ocorreu, provavelmente, devido ao estresse causado pelo solo muito adensado com reduzida porosidade, comprometendo o processo de absorção das raízes e, conseqüentemente a atividade fisiológica das folhas. Em relação ao uso do adubo nitrogenado, os resultados foram significativos, apresentando os melhores resultados para as plantas de citronela adubadas em relação ao tratamento testemunha (N0). Os resultados obtidos demonstram que as plantas apresentaram absorção deste elemento ao longo do seu ciclo, mesmo com o adensamento do solo e sua reduzida porosidade. O nitrogênio é um dos elementos essenciais no processo de formação da clorofila compondo o anel porfirina. Nos estudos realizados por Carvalho e colaboradores (2003) foi verificado que a medida que se aumenta os teores de nitrogênio, o teor de clorofila aumenta proporcionalmente, sendo demonstrado uma correlação positiva e significativa entre o teor de nitrogênio e a produtividade da planta.

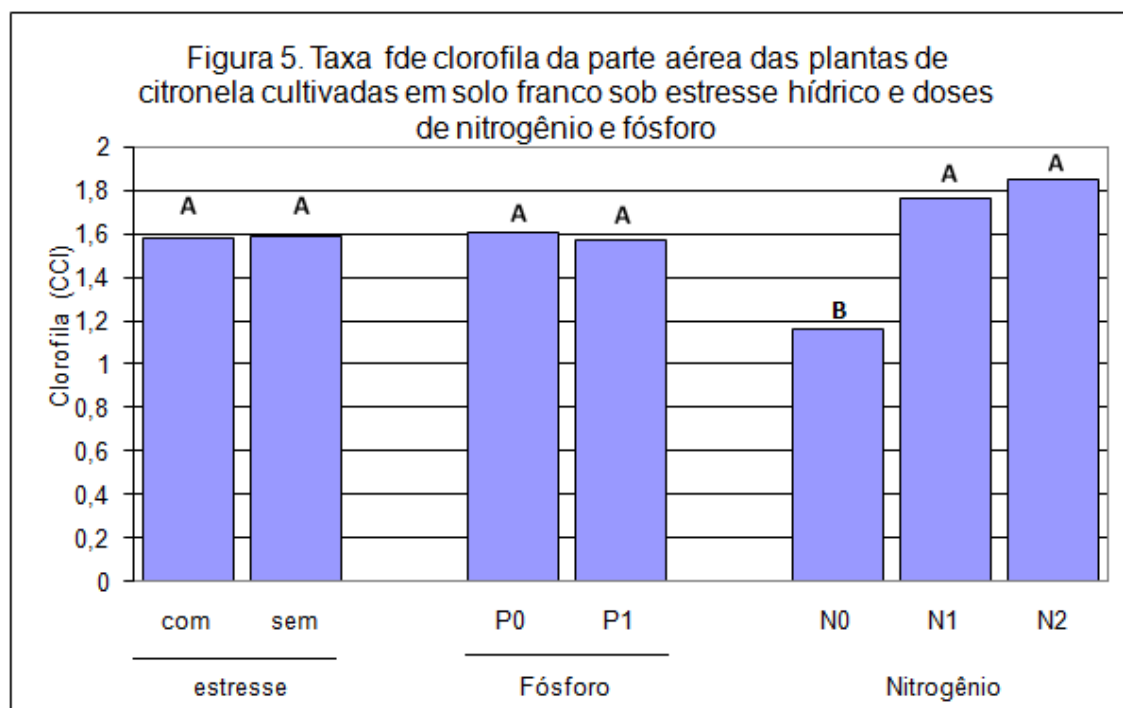


Tabela 6: Taxa de clorofila das plantas de citronela cultivadas em solo franco avaliando os fatores estresse hídrico, doses de nitrogênio e fósforo

	P0				P1			
	N ₀	N ₁	N ₂	Média	N ₀	N ₁	N ₂	Média
com estresse hídrico	1,17	1,68	1,58	1,48	1,31	2,45	1,31	1,69
sem estresse hídrico	1,25	1,31	2,39	1,65	0,90	1,58	2,10	1,53
Média	1,21	1,49	1,98	1,56	1,10	2,01	1,70	1,61

Os fatores ambientais associados aos fatores genéticos são fundamentais na produção e concentração de óleos nas plantas de citronela. Na Tabela 7 observa-se que o estresse hídrico do solo induzido durante o desenvolvimento vegetativo da citronela promoveu na planta o aumento da concentração de óleo nas células. O estresse ambiental tende a promover no metabolismo das plantas a intensificação de rotas metabólicas secundárias que induzem a produção de compostos de proteção, o que está de acordo com Taiz e Zeiger (2009) que descrevem sobre a capacidade dos óleos essenciais em repelir potenciais herbívoros, mesmo antes que ataquem a planta; e os estudos realizados por Moraes (2009) acerca do aumento da produção de óleo essencial sob condição de estresse hídrico. Para Castro e colaboradores

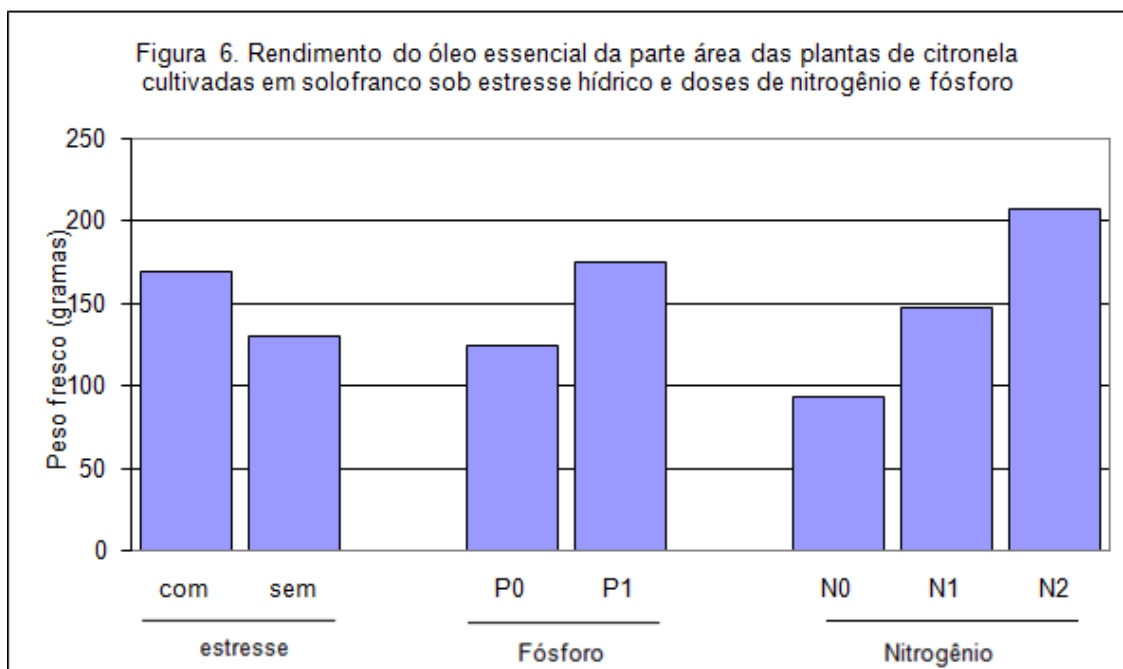
(2004) o rendimento e a qualidade dos óleos essenciais obtidos no metabolismo secundário, diretamente dependente dos precursores produzidos no metabolismo primário, que em condições adversas atuam na defesa do vegetal.

Tabela 7: Rendimento do óleo essencial da parte aérea das plantas de citronela (em g) cultivadas em solo franco avaliando os fatores estresse hídrico, doses de nitrogênio e fósforo

	Com estresse hídrico			Sem estresse hídrico		
	P ₀	P ₁	Média	P ₀	P ₁	Média
N ₀	1,219%	0,260%	0,739%	0,337%	0,839%	0,588%
N ₁	0,387%	0,791%	0,589%	0,315%	0,710%	0,513%
N ₂	0,686%	0,665%	0,676%	0,357%	0,097%	0,227%
Média	0,764%	0,572%		0,336%	0,549%	

A utilização de nutrientes minerais primários e secundários tendem a potencializar as atividades metabólicas das plantas, tanto as rotas primárias como as secundárias. As rotas primárias, como a fase bioquímica e fotoquímica da fotossíntese promovem a intensificação do crescimento e desenvolvimento das plantas, e o acúmulo de metabólicos orgânicos que são utilizados durante o período de estresse, potencializando as rotas metabólicas secundárias (TAIZ E ZEIGER, 2009).

Apesar das características texturais do solo franco não contribuírem para o desenvolvimento das plantas, podemos observar (Figura 6) que a ação do estresse hídrico potencializou a produção de óleo pelas plantas em relação às plantas cultivadas sem estresse. O uso do adubo fosfatado e do adubo nitrogenado também potencializaram a produção total de óleo pelas plantas com acréscimos superiores a 100% no caso da dose máxima de nitrogênio quando comparado a ausência da aplicação deste nutriente.



Na Tabela 8 verifica-se o total de óleo acumulado nas plantas em função das fontes de variação aplicadas. Sem a utilização de nutrientes minerais no desenvolvimento das plantas (N0P0) o estresse hídrico induziu a planta a um aumento na quantidade do óleo produzido de 57% (64,40 mg para 101,28 mg). Associado a aplicação de nitrogênio na maior dose, e na ausência da adubação com fósforo, a ação do estresse foi potencializada e o acréscimo na produção de óleo foi de 90%, elevando os valores de 123,41 mg para 233,21 mg. Na presença do elemento fósforo o efeito do estresse no total de óleo produzido pela planta apresentou efeitos de menor intensidade, com variação inferior a 30% (156,78 mg para 192,57 mg). Apesar disto, a presença do elemento fósforo associado ao elemento nitrogênio potencializou a produção total de óleo pelas plantas, atingindo valores de 238,74 mg no tratamento N₂P₁ com estresse hídrico e 233,63 mg sem a incidência do estresse hídrico.

Tabela 8: Total de óleo acumulado da parte aérea das plantas de citronela, em miligramas, cultivadas em solo franco avaliando os fatores estresse hídrico, doses de nitrogênio e fósforo

	Com estresse hídrico			Sem estresse hídrico		
	P ₀	P ₁	Média	P ₀	P ₁	Média
N ₀	26,3	7,00	16,65	10,00	30,00	20,00
N ₁	10,00	47,00	28,50	15,00	30,00	22,50
N ₂	30,00	17,00	23,50	10,00	3,00	6,50
Média	25,43	23,67		11,66	22,00	

CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, podemos concluir que:

- O fertilizante fosfatado não intensificou a produção da parte aérea das plantas de *Cymbopogon winterianus*, no entanto o nitrogênio na dose recomendada contribui para o seu aumento. O dobro da dose recomendada promoveu uma redução de massa, independente do estresse hídrico;
- O estresse hídrico de curta duração e próximo ao período de colheita não interferiu no número de folhas das plantas;
- O aumento da taxa fotossintética é foi induzido pela presença do fertilizante nitrogenado, não sendo influenciada pelo estresse hídrico;
- A utilização dos fertilizantes nitrogenado e fosfatado levam ao aumento da quantidade de óleos essenciais na parte aérea, melhorando sua capacidade de adaptação e resistência aos fatores externos;
- O estresse hídrico de curta duração e após o desenvolvimento vegetativo das plantas promoveu o aumento da concentração de óleo nas células da citronela. A produção de óleo pelas plantas teve um acréscimo médio de 45,87% em relação as plantas cultivadas sem estresse;

REFERÊNCIAS

ALVIM, N. A. T. et al. O uso de plantas medicinais como recurso terapêutico: das influências da formação profissional às implicações éticas e legais de sua aplicabilidade como extensão da prática de cuidar realizada pela enfermeira. **Rev. Latino-Am. Enfermagem**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 3, mai./jun., 2006.

BORBA, A. M.; MACEDO, M. Plantas medicinais usadas para a saúde bucal pela comunidade do bairro Santa Cruz, Chapada dos Guimarães, MT, Brasil. **Acta Bot. Bras.**, São Paulo, v. 20, n. 4, p. 771-782, 2006.

BORGES, N. S. S. et al. Horário de corte no rendimento de óleo essencial de capim citronela (*Cymbopogon winterianus*). **Horticultura brasileira**, v.20, n. 2, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde, Secretaria de Ciências, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. **Política Nacional de planta medicinal e fitoterápico**. Brasília – DF, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Práticas integrativas e complementares: plantas medicinais e fitoterapia na atenção básica. Brasília: Ministério da Saúde, 2012. Série A. Normas e Manuais Técnicos. Cadernos de Atenção Básica; n. 31 156p.

CARVALHO, M. A. C. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Rev. Bras. de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 445-450, 2003.

CASTRO, L. O.; CHEMALE, V. M. **Plantas medicinais, condimentares e aromáticas: descrição e cultivo**. Guaíba, p. 177- 179, 1995.

CORAZZA, S. **Aromacologia: uma ciência de muitos cheiros**. SP. SENAC Ed., 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: **Embrapa Produção da Informação**; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

FAGUNDES, J. L. et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 35, n. 1, p. 21-29, 2006.

FARMACOPÉIA BRASILEIRA. 4ª Ed. Parte 1. São Paulo: Atheneu, 1988.

GALVÃO, E. L. **Extração do óleo de *Cymbopogon Winterianus* J. com CO₂ pressurizado**. 2004. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Quim. Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

GUPTA, R. K.; RUTLEDGE, L. C. Role of repellents in vector control and disease prevention. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 50, n. 6, p. 82-86, 1994.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004

LIMA, C. K.; BENATTO, L.; JESUS, L. M. Projeto óleos essenciais: uma alternativa à geração de trabalho e renda para os agricultores familiares assentados a partir do cultivo de plantas bioativas. **Rev. Bras. De Agroecologia**. v. 4, n. 2, nov., 2009.

MACIEL, M. A. M.; PINTO, A. C.; VEIGA JR, V. F. Plantas medicinais: a necessidade de estudos multidisciplinares. **Quim. Nova**. v. 25, n. 3, p. 429-438, 2002.

MARCO, C. A. et al. Características do óleo essencial de capim-citronela em função de espaçamento, altura e época de corte. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 03, p. 429-32, 2007.

MARTINS, E. R. et al. **Plantas Mediciniais**. p. 220, Viçosa. UFV, 2000.

MARTUSCELLO, J. A. et al. Características morfogênicas e estruturais do Capim-Xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 34, n. 5, p. 1475-1482, 2005.

PATÊS, N. M. S. et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-tanzânia submetido a doses de fósforo e nitrogênio. **Rev. Bras. de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1736-1741, 2007.

REINERT, D. J. et al. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Rev. Bras. de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1805-1816, 2008.

RIBEIRO, A. C. et al. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Comissão de Fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999

ROSA, Y. R. S. et al. Influência do horário de colheita no óleo essencial de diferentes partes da planta de dois genótipos de palmarosa (*Cymbopogon martinii*). **Scientia plena**. v. 6, n. 10, 2010.

SAEG: Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Fundação Arthur Bernardes - Viçosa, 2007.

SANTOS, M. R. A.; INNECCO, R. Adubação orgânica e altura do corte da erva-cidreira brasileira. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, p.182-5, 2004

SCHERER, L. M. **Citronela de Java (Cymbopogon Winterianus Jowitt)**: Efeito da Sazonalidade e de Reguladores Vegetais sobre a Multiplicação in vitro e Rendimento do óleo Essencial. 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-

Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2007.

SEIXAS, P. T. L. **Efeito da adubação mineral na produção de biomassa, teor e composição do óleo essencial e fungitoxicidade in vitro do capim-citronela.** 2012. 89 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)- Campus Universitário de Gurupi, Universidade Federal do Tocantins. Gurupi, 2012.

SHASANY, A. K. et al. Phenotypic and RAPD diversity among *Cymbopogon Winterianus* Jowitt accessions in relation to *Cymbopogon nardus* Rendle. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 47, n. 5, p. 553-559, 2000.

SILVA, G. J.; MAIA, J. C. S.; BIANCHINI, A. Crescimento da parte aérea de plantas cultivadas em vaso, submetidas à irrigação subsuperficial e a diferentes graus de compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. **Rev. Bras. de Ciência do Solo**, v. 30, n. 1, p. 31-40, 2006 .

SIMÕES, C. M. O. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento.** 6. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2007. 1102 p. il. ISBN 85-7025-927-1

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 4. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

TANU, P. A. Effect of different organic manures/composts on the herbage and essential oil yield of *Cymbopogon Winterianus* and their influence on the native AM population in a marginal alfisol. **Bioresource Technology**, v. 92, p. 311-319, 2004.

VÁSQUEZ, E. M. F. et al. Produção de óleos energéticos em capim citronela, capim-santo e erva-cidreira, em horários distintos. In: **II Congresso de Agroecologia.** 2010.

WOLFFENBÜTTEL, A. N. **Mas afinal, o que são óleos essenciais?.** Informativo CRQ-V, ano XI, n. 105, p. 06-07, 2007.

Texto científico recebido em: 07/10/2015

Processo de Avaliação por Pares: (*Blind Review* - Análise do Texto Anônimo)

Publicado na Revista Vozes dos Vales - www.ufvjm.edu.br/vozes em: 24/11/2015

Revista Científica Vozes dos Vales - UFVJM - Minas Gerais - Brasil

www.ufvjm.edu.br/vozes

www.facebook.com/revistavozesdosvales

UFVJM: 120.2.095-2011 - QUALIS/CAPES - LATINDEX: 22524 - ISSN: 2238-6424

Periódico Científico Eletrônico divulgado nos programas brasileiros *Stricto Sensu*

(Mestrados e Doutorados) e em universidades de 38 países,

em diversas áreas do conhecimento.