

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E MEIO AMBIENTE  
ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

ALESSANDRA RIBEIRO DE PAULA

INFLUÊNCIA DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA SOBRE OS  
TEORES DE MARCADORES QUÍMICOS DO CAPIM  
CITRONELA (*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle)

UNIVERSIDADE  
FEDERAL  
FLUMINENSE

NITERÓI  
2016

ALESSANDRA RIBEIRO DE PAULA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientadora:

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Roberta Jimenez de Almeida Rigueira

Niterói  
2016

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca da Escola de Engenharia e Instituto de Computação da UFF

P324 Paula, Alessandra Ribeiro de  
Influência da condutividade elétrica sobre os teores de marcadores  
químicos do capim citronela (*cymbopogon nardus (L.) Rendle*) /  
Alessandra Ribeiro de Paula. – Niterói, RJ: [s.n.], 2016.  
26 f.

Trabalho (Conclusão de Curso) – Departamento de Engenharia  
Agrícola e do Meio Ambiente, Universidade Federal Fluminense,  
2016.

Orientador: Roberta Jimenez de Almeida Rigueira.

1. Cymbopogon. 2. Manejo agrícola. 3. Condutividade elétrica. 4.  
Marcador químico. I. Título.

CDD 584.92

ALESSANDRA RIBEIRO DE PAULA

**INFLUÊNCIA DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA SOBRE OS TEORES DE  
MARCADORES QUÍMICOS DO CAPIM CITRONELA (*Cymbopogon nardus* (L.)  
Rendle)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Aprovada em 01 de agosto de 2016.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup> Roberta Jimenez de Almeida Rigueira, DSc – UFF

---

Prof<sup>a</sup>. Thelma Barros de Machado, D.Sc. – UFF.

---

Cristina Moll Hüther, M.Sc.– UFF

## DEDICATÓRIA

Para minha família,  
com muito carinho.

## **AGRADECIMENTO**

A Deus, por minha existência e pela missão a mim concedida.

Ao meu companheiro Lucas Cosme da Costa, que me apoiou e auxiliou com tanto carinho.

À minha grande amiga Francine Barcellos de Andrade Colônia pelos bons conselhos e incentivo.

Ao meu grande amigo, Luiz Paulo Martins de Moraes que me ajudou com seu riquíssimo conhecimento em botânica.

À Professora Roberta Jimenez de Almeida Rigueira, pela orientação, paciência, incentivo e amizade.

Às Professoras Thelma Barros de Machado e Cristina Moll Hüther, pela bondade, confiança e disponibilidade em ceder as plantas e seu tempo.

Agradeço a todos, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização de mais uma etapa em minha vida.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar a influência da condutividade elétrica sobre os teores de marcadores químicos do capim citronela (*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle). Estima-se que pelo menos 25% de todos os medicamentos modernos são derivados diretamente ou indiretamente de plantas medicinais, principalmente por meio da aplicação de tecnologias modernas ao conhecimento tradicional. O tema plantas medicinais é multidisciplinar, sendo necessária a atuação conjunta de químicos, médicos, farmacêuticos, biólogos, botânicos, agrônomos e agricultores, pois são eles os profissionais responsáveis pela garantia, desde a produção da matéria-prima até o seu consumo final, para que os princípios ativos, produzidos a partir dessas plantas, possam ser usados com eficácia e sem riscos à saúde dos consumidores. Foram utilizados 10 vasos contendo plantas de citronela, adotando-se um delineamento inteiramente casualizados, em esquema fatorial 5 x 2 x 3. Adotou-se 5 diferentes proporções de corte na raiz (0% – sem corte; 25%; 50%, 75% e 100%); 2 tipos de desbaste nas folhas (desbaste total das folhas; sem desbaste total das folhas); 3 diferentes tamanhos de folha para avaliação da condutividade elétrica (0,02 m; 0,04 m; 0,06 m); com três repetições, totalizando 90 unidades experimentais. Este experimento foi realizado por 2 (duas) vezes, adotando-se o termo Experimento 1 e Experimento 2 para designar as repetições. Quando não se realizou o corte nas raízes, independente do desbaste das folhas da parte aérea foi possível obter maiores valores de condutividade elétrica quando comparado à diferentes percentuais de corte. Conclui-se que, nas condições em que o trabalho foi executado, a condutividade elétrica pode ser mensurada utilizando-se cortes das folhas da parte aérea com tamanho de 0,02 m; a condutividade elétrica pode vir a ser utilizada como parâmetro quantitativo quanto aos teores de marcadores químicos do capim citronela desde que o experimento seja executado com alta precisão e maior detalhamento, adotando ou não diferentes tipos de manejo e a solubilidade dos componentes químicos orgânicos deve ser melhor estudado, em função dos solventes, pois em alguns casos a água destilada é inapropriada para a embebição, podendo fornecer informações erradas quanto a condutividade elétrica.

**Palavras-chave:** citronelal, citronelol, manejo, qualidade.

## ABSTRACT

The objective of this work was to study the influence of the electrical conductivity of the levels of chemical markers of citronella grass (*Cymbopogon Nardus* (L.) Rendle). It is estimated that at least 25% of all modern medicines are derived directly or indirectly from medicinal plants, mainly through the application of modern technology to traditional knowledge. The theme of medicinal plants is multidisciplinary, requiring the joint efforts of chemists, physicians, pharmacists, biologists, botanists, agronomists and farmers because they are the professionals responsible for ensuring, from the production of raw materials to its final consumption, the active ingredients produced from these plants, can be used effectively and without risk to consumer health. Ten vessels containing citronella plants were used, adopting a completely randomized in a factorial design 5 x 2 x 3. It was adopted 5 different cutting proportions in the root (0% - no cutting, 25%, 50%, 75 % and 100%); 2 types of thinning the leaves (total thinning of the leaves; no overall thinning of leaves); 3 different leaf sizes for evaluation of electric conductivity (0.02 m; 0.04 m; 0.06 m); with three replications, totaling 90 experimental units. This experiment was carried out by 2 (two) times, adopting the Experiment 1 and Experiment 2 term for the repetitions. When not made the cut at the roots, regardless of thinning of the shoot leaves was possible to obtain higher electrical conductivity values when compared to different percentage cut. In conclusion, the conditions under which the work was performed, the electrical conductivity can be measured using cuts of the shoot leaves with size of 0.02 m; and the electrical conductivity might be used as a quantitative parameter as the levels of chemical markers of citronella grass from the experiment is performed with high accuracy and more detailed, adopting or not different types of management; and the solubility of organic chemical components must be further studied as a function of solvent, since in some cases distilled water is inappropriate for imbibition and can provide inaccurate information as electrical conductivity.

**Keywords:** citronellal, citronellol, management, quality.





## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fórmula estrutural do geraniol .....	14
Figura 2 - Fórmula estrutural do citronelol.....	15
Figura 3 - Fórmula estrutural do citronelal.....	15
Figura 4- Fluxograma exemplo de sequência dos Experimentos 1 e 2.....	17
Figura 5 – Área experimental contendo plantas de citronela.....	18
Figura 6 - Cortes de citronela em 0,02, 0,04 e 0,06 m. ....	18

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro de análise de variância do Experimento 1 .....	20
Quadro 2 - Quadro de análise de variância Experimento 2.....	20
Quadro 3 - Valores médios de condutividade elétrica, em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ , de diferentes tratamentos, submetidos ou não ao completo desbaste de folhas, cortados em diferentes tamanhos no Experimento 1 .....	21
Quadro 4 - Valores médios de condutividade elétrica, em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ , de diferentes tratamentos, submetidos ou não ao completo desbaste de folhas, cortados em diferentes tamanhos no Experimento 2 .....	21
Quadro 5 - Valores médios percentuais de citronellal, citronellol e trans-geraniol, em %, de diferentes tratamentos, sem desbaste completo das folhas.....	22
Quadro 6 - Valores médios percentuais de citronellal, citronellol e trans-geraniol, em %, de diferentes tratamentos, com desbaste completo das folhas.....	23

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	12
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	12
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
6. CONCLUSÕES.....	24
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25

## 1. INTRODUÇÃO

O uso de plantas medicinais como base terapêutica é secularmente conhecido e aplicado nas diferentes culturas em todo o mundo, tendo sofrido profunda alteração diante da introdução da terapêutica sintética, e altamente industrializada, em meados do século XX. (FERNANDES, 2004).

No decorrer das últimas décadas, observa-se, em vários países, uma diversificação neste quadro, recolocando os produtos naturais em pauta na disputa pelo mercado farmacêutico e ampliando, também, o leque de pesquisas desenvolvidas. (FERNANDES, 2004).

Atualmente no Brasil, apesar do crescimento expressivo registrado nos últimos anos, estima-se que apenas 10% das pessoas consomem esse tipo de produto. Em parte, isso se explica pelo fato de o mercado brasileiro de fitoterápicos ainda ser recente em comparação aos europeus e asiáticos, que consomem o produto há muitos anos (VALÉCIO, 2013).

Assim, vem crescendo, mesmo que de forma lenta, o número de estudos sobre a constituição e propriedades biológicas dessas essências, bem como os fatores taxonômicos, ambientais e de cultivo que levam a variação tanto na quantidade como na qualidade desses óleos (SIMÕES et al., 2005, apud PIMENTEL et al. 2008).

O capim citronela (*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle), planta originária da Índia, é utilizada na Indonésia como chá calmante e digestivo. O gênero *Cymbopogon* pertence à família Poaceae, subfamília Panicoideae. Este gênero é constituído de oitenta e cinco espécies (CASTRO et al., 2007).

A citronela é uma erva perene, as folhas são planas, inteiras, estreitas, longas, de 0,5 a 1,0 m de altura, com margens ásperas, ápice agudo, face superior verde-escura-brilhante e inferior verde-oliva-grisácea. Apresentam aspecto curvo, sendo intensamente aromáticas. (CARLOS et al., 2003).

O óleo essencial extraído de *C. nardus* possui alto teor de geraniol e citronelal. O citronelal é utilizado como material básico para a síntese de importantes compostos químicos denominados iononas e para a síntese de vitamina A. Esse óleo apresenta atividade repelente a insetos e ação fungicida e bactericida. Ele é também utilizado na fabricação de perfumes e cosméticos (TRONGTOKIT et al., 2005; WONG et al., 2005; REIS et al., 2006; apud CASTRO et al., 2010).

O tema plantas medicinais é multidisciplinar, sendo necessária a atuação conjunta de químicos, médicos, farmacêuticos, biólogos, botânicos, agrônomos e agricultores, pois são eles os profissionais responsáveis pela garantia, desde a produção da matéria-prima até o seu consumo final, para que os princípios ativos, produzidos a partir dessas plantas, possam ser usados com eficácia e sem riscos à saúde dos consumidores (SILVA et al., 2000 apud ROCHA, 2011).

Por esses motivos, torna-se relevante o estudo da influência de diferentes manejos, associado ao parâmetro de condutividade elétrica. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da condutividade elétrica sobre os teores de marcadores químicos do capim citronela (*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle).

## **2. OBJETIVOS**

Estudar a influência da condutividade elétrica sobre os teores de marcadores químicos do capim citronela (*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle).

Especificamente, averiguar a correlação entre condutividade elétrica da parte aérea do capim citronela (cultivados em vasos, e desbastados periodicamente), e em relação aos teores de marcadores químicos.

## **3. REVISÃO DA LITERATURA**

De acordo com Rodrigues e Amaral (2012) a utilização da natureza para fins terapêuticos é tão antiga quanto a civilização humana e, por muito tempo, produtos minerais, de plantas e animais foram fundamentais para a área da saúde. Historicamente, as plantas medicinais são importantes como fitoterápicos e na descoberta de novos fármacos, estando no reino vegetal a maior contribuição de medicamentos.

Estima-se que pelo menos 25% de todos os medicamentos modernos são derivados diretamente ou indiretamente de plantas medicinais, principalmente por meio da aplicação de tecnologias modernas ao conhecimento tradicional (RODRIGUES et al., 2012).

Os medicamentos fitoterápicos representam uma porção significativa do mercado mundial de medicamentos, com crescimento nas vendas de 15% ao ano

contra 4% do setor de fármacos sintéticos. No Brasil, eles geram uma receita de aproximadamente US\$ 160 milhões anuais, constituindo um mercado promissor e em franca expansão. Observa-se que grande parte dos fitoterápicos apresenta rentabilidade elevada, desmistificando a justificativa das empresas se manterem ilegais devido a pouca significância econômica desse mercado (FEBRAMAR, apud CARVALHO et al., 2011).

As plantas aromáticas possuem, dentre outros constituintes químicos, os óleos essenciais orgânicos, que consistem de uma mistura de metabólitos secundários com grande importância econômica, sobretudo nos setores alimentício, farmacêutico e de perfumaria (SIMÕES et al., 2005 apud PIMENTEL et al., 2008).

O óleo essencial extraído de *C. nardus* possui alto teor de geraniol e citronelal. O citronelal é utilizado como material básico para a síntese de importantes compostos químicos orgânicos denominados iononas e para a síntese de vitamina A. Esse óleo apresenta atividade repelente a insetos e ação fungicida e bactericida. Ele é também utilizado na fabricação de perfumes e cosméticos (TRONGTOKIT et al., 2005; WONG et al., 2005; REIS et al., 2006; apud CASTRO et al., 2010).

Avaliando a composição química do óleo essencial de folhas secas da citronela, observou que o óleo essencial continha 35 componentes, dos quais 29 compunham 92,7% do óleo e foram totalmente identificados. Os componentes majoritários encontrados foram citronelal (29,7%), geraniol (24,2%),  $\gamma$ -terpineol (9,2%) e cis-sabineno hidratado (3,8%), (E)-nerolidol (4,8%),  $\beta$ -cariofileno (2,2)% e germacren-4-ol (1,5%) (MAHALWAL et al., 2002 apud ANDRADE, 2010).

Os óleos voláteis, óleos essenciais, óleos etéreos ou essências são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas, solúveis em solventes orgânicos apolares como éter, porém em água apresentam solubilidade limitada (SIMÕES et al., 2000).

A solubilidade de uma substância orgânica está diretamente relacionada com a estrutura molecular, especialmente com a polaridade das ligações e da espécie química. Geralmente, os compostos apolares são solúveis em solventes apolares, enquanto que compostos polares são solúveis em solventes também polares. A solubilidade depende, portanto, das forças de atração intermoleculares que foram documentadas pela primeira vez por Van der Waals, prêmio Nobel de Física de 1910 (MARTINS, et al., 2013).

- Geraniol

O geraniol, também chamado de rodinol ou nerol, é um álcool terpênico primário e insaturado. É um composto incolor, de odor agradável de rosas, muito utilizado em perfumaria, em composição de perfumes de rosas, sabão, cosméticos e como flavor em indústrias, incluído nos aromas de pera, amoras, melão, maçã vermelha, lima, laranja, limão, melancia, abacaxi e blueberry. Este é um composto muito difícil e ser isolado na forma pura (TRINDADE et al., 1996, apud BENETI, 2009).

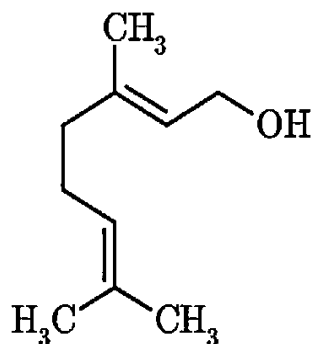


Figura 1 - Fórmula estrutural do geraniol

É um óleo pálido-amarelo, que é insolúvel em água, mas solúvel na maioria dos solventes orgânicos comuns (BAUER et al., 2001). É solúvel em etanol, éter etílico, acetona e cloroforme (HAYNES et al., 2015).

- Citronelol

O citronelol é um líquido incolor, com agradável odor de rosas. Seu perfume é mais fino do que o geraniol, sendo assim facilmente adulterado com geraniol (TRINDADE et al., 1996 apud BENETI, 2009).

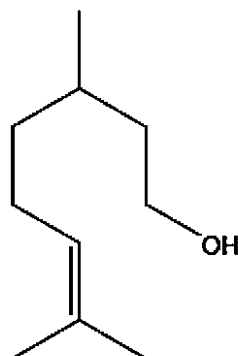




Figura 2 - Fórmula estrutural do citronelol

Comparado com o geraniol, o citronelol é relativamente estável. O citronelol é facilmente convertido em citronelal por desidrogenação ou oxidação (BAUER et al., 2001). O composto citronelol é ligeiramente solúvel em água e miscível ou muito solúvel em etanol ou éter etílico (HAYNES et al., 2015).

- Citronelal

O citronelal é um aldeído e apresenta um odor intenso e característico de limão (Nhu-Trang et al., 2006, apud BENETI, 2009). O citronelal é utilizado em muitas transformações químicas e biotransformações, sendo utilizado como precursor de sínteses. É utilizado como material de partida para síntese de vários outros compostos sintéticos ou naturais de forma química ou microbiológica. O citronelal é um reagente versátil, podendo ser versátil, renovável, biodegradável. Os maiores efeitos do uso do citronelal pode ser visto nas indústrias químicas e farmacêuticas (LENARDÃO et al., 2007). O citronelal é suavemente solúvel em água e solúvel em etanol (HAYNES et al., 2015).

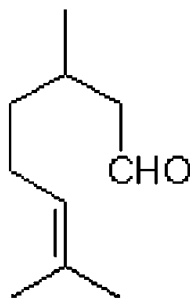


Figura 3 - Fórmula estrutural do citronelal

O plantio de plantas medicinais pode ser feito em vasos ou em viveiros durante todo o ano. Em campo aberto pode ser cultivado no período quente, respeitando-se cerca de 30 cm entre cada planta, podendo ser comercializada fresca logo após sua colheita ou também seca em feiras e supermercados (MATOS, 2002, apud PEREIRA et al., 2011).

A condutividade elétrica tem-se mostrado uma análise física eficiente para avaliação de grãos e sementes na pós-colheita. Entretanto, em plantas medicinais o teste, ainda é uma técnica em avaliação. Através do teste de condutividade elétrica

é possível caracterizar as condições estruturais das membranas celulares das plantas, com a quantificação dos íons lixiviados. Por esses motivos o estudo da condutividade elétrica da parte aérea, fresca, associado a diferentes tipos de manejo, pode vir a ser um eficiente parâmetro no que se refere à produção de óleo essencial.

A condutividade elétrica pode ser medida utilizando-se folhas frescas ou secas. Em função do lugar onde os óleos essenciais ficam depositados nas plantas, chamados de tricomas ou bolsas secretoras, podem ser rompidas naturalmente, pelo processo de destilação ou secagem (WOLFFENBÜTTEL et al., 2007), resultando diferentes valores de condutividade elétrica.

#### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho teve como base o projeto de pesquisa intitulado “Manejo diferenciado para produção do capim citronela (*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle)”, submetido à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), coordenado pelo Prof. Carlos Rodrigues Pereira, D.Sc., a nível de Iniciação Científica.

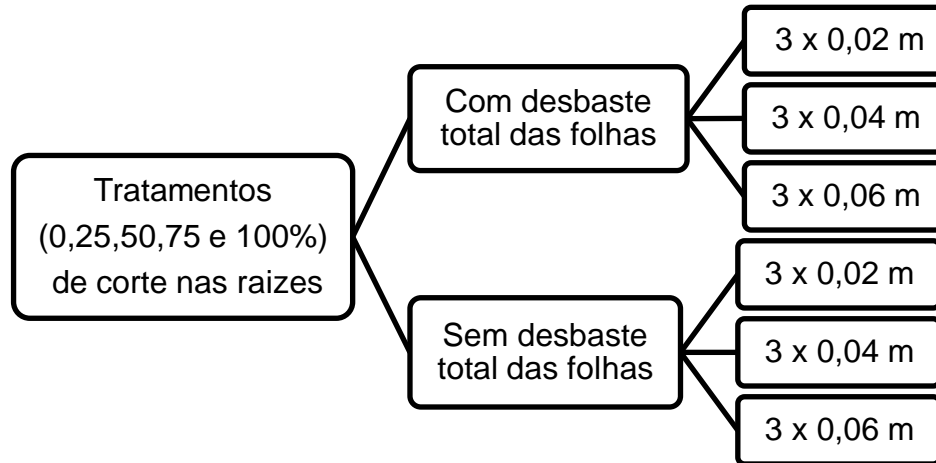
Foram utilizadas as plantas de citronela, adotando-se os diferentes manejos deste projeto, a fim de estudar a influência da condutividade elétrica sobre os marcadores químicos presentes nas folhas.

O experimento foi instalado na Universidade Federal Fluminense, Campus do Gragoatá, localizado a 22°54'00” de latitude sul e 43°08'00” de longitude oeste, com altitude média de 6 m. Segundo o método de Köppen, o clima é do tipo Aw, (clima tropical com inverno seco). A temperatura média durante o período experimental foi de 21°C. (ROLIM et al.,2007)

As plantas foram adquiridas na Ceasa no Rio de Janeiro e posteriormente transplantadas para vasos de polietileno com capacidade de 8 litros, dispostos com espaçamento de 40 centímetros entre as plantas, adotando-se o experimento em blocos casualizados. O experimento no campo foi constituído de 350 vasos.

Dos 350 vasos, para a condução deste experimento, foram utilizados 10 vasos adotando-se um delineamento inteiramente casualizados, em esquema fatorial 5 x 2 x 3. Adotou-se 5 diferentes proporções de corte na raiz (0% – sem

corte; 25%; 50%, 75% e 100%); 2 tipos de desbaste nas folhas (desbaste total das folhas; sem desbaste total das folhas); 3 diferentes tamanhos de folha para avaliação da condutividade elétrica (0,02 m; 0,04 m; 0,06 m); com três repetições,



totalizando 90 unidades experimentais (Figura 4). Este experimento foi realizado por 2 (duas) vezes, adotando-se o termo Experimento 1 e Experimento 2 para designar as repetições.

Figura 4- Fluxograma exemplo de sequência dos Experimentos 1 e 2.

As folhas de citronela foram colhidas no período da manhã, entre 9 e 10 horas, e imediatamente conduzidas ao laboratório para a montagem do experimento.

As análises foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Pós-Colheita e Processamento de Produtos Agrícolas, do Departamento de Engenharia Agrícola e do Meio Ambiente, na UFF, Campus Universitário Praia Vermelha.

Não foi considerada a condutividade elétrica da água destilada, em função do método adotado, entretanto os valores observados nos Experimentos 1 e 2 foram de 2,1 e 2,14  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , respectivamente.

Os dados gerados foram submetidos à análise de variância (ANOVA,  $p \leq 0,05$ ), considerando três repetições, as médias comparadas através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

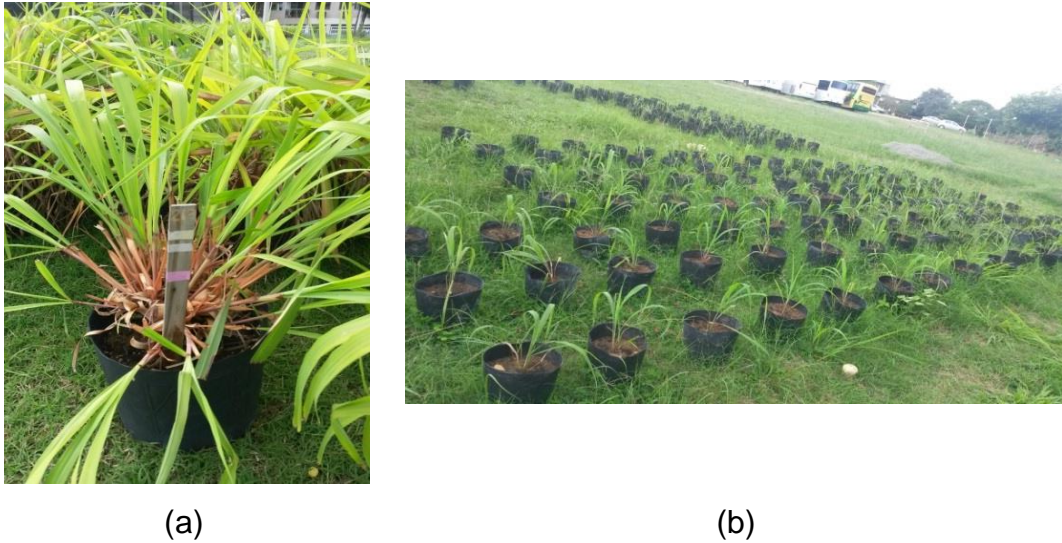


Figura 5 – Área experimental contendo plantas de citronela.

A condutividade elétrica foi avaliada fracionando as folhas, nos comprimentos de 0,02, 0,04 e 0,06 m. Posteriormente ao corte as folhas colocadas em 75 mL de água destilada, em recipientes com capacidade de 200 mL, em ambiente climatizado a  $25\pm 3$  °C, por um período de 24 horas. Após a pesagem, em grama, de cada amostra, a condutividade elétrica foi medida utilizando-se um Condutímetro Digimed (DM-31) - TECNAL bancada, em  $\mu\text{S cm}^{-1}$ .

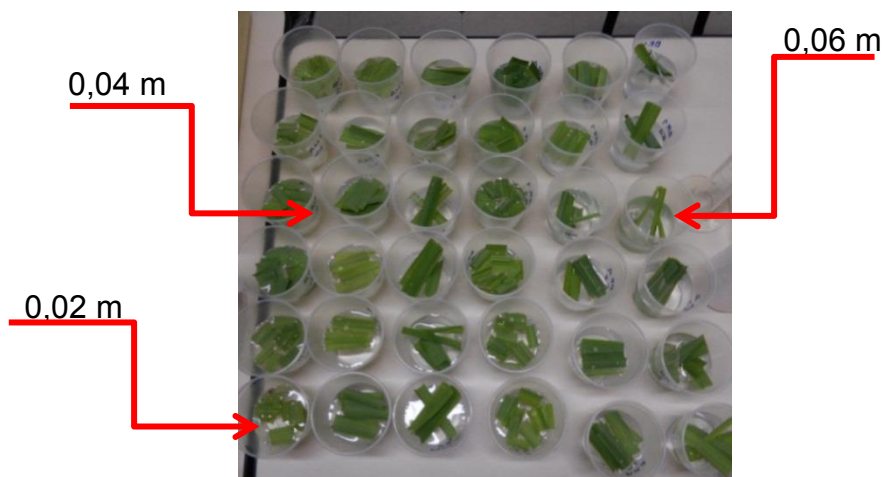


Figura 6 - Cortes de citronela em 0,02, 0,04 e 0,06 m.

As metodologias utilizadas na identificação e composição do óleo essencial foram desenvolvidas na Faculdade de Farmácia – UFF.

Extração do óleo essencial: Folhas de *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle foram feitos 30 dias após o corte das raízes e das folhas e colocados separadamente em um balão de 5 L sob uma manta térmica, e então submetidos à hidrodestilação durante 4 horas em um aparato do tipo Clevenger. Ao final da extração, os óleos essenciais foram coletados e adicionados em geladeiras para posteriores análises químicas.

O óleo essencial foi analisado por cromatografia acoplada a espectrometria de massa (CG-EM), onde os espectros de massas foram obtidos em um aparelho ShimadzuQP 5000 utilizando ionização por impacto de elétrons.

As composições percentuais dos óleos foi calculada pelo método de normalização das áreas de pico CG-DIC. A identificação das substâncias foi realizada comparação do índice aritmético (AI), determinado em relação ao tempo de retenção de uma série de n-alcenos (C7-C40 – Sigma AldrichCorp.), e o padrão de fragmentação do espectro de massas foi comparado com bibliotecas de espectro de massas NIST.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os Experimentos 1 e 2 obtiveram coeficientes de variação de 31,61% e 26,71%, respectivamente. Esses valores, a título de classificação, foram considerados de muito baixa e baixa precisão. Ainda assim, os experimentos possibilitaram sua discussão segundo resultados obtidos por meio do Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com os quadros de análise de variância dos experimentos 1 e 2 foram realizados Teste de Tukey a fim de observar as interações entre os tratamentos 1 a 5, submetidos ou não ao completo desbaste das folhas, cortados em diferentes tamanhos na avaliação da condutividade elétrica (Quadros 1 e 2).

Quadro 1 - Quadro de análise de variância do Experimento 1

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
Tratamento (T)	4	316,694	79,174	6,0126 *
Desbaste (D)	1	46,843	46,843	3,5574 n.s.
TD	4	148,255	37,064	2,8147 *
Cortes (C)	2	540,916	270,458	20,5390 *
TC	8	209,816	26,227	1,9917 n.s.
DC	2	36,340	18,170	1,3799 n.s.
TDC	8	157,546	19,693	1,4955 n.s.
Erro	60	790,083	13,168	
Total	89	2246,493		

FV – Fator de variação; GL – Graus de liberdade; SQ – Soma de quadrados; QM – Quadrado médio; F – Teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; n.s.: não significativo; CV = 31,61%.

Quadro 2 - Quadro de análise de variância Experimento 2

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
Tratamento (T)	4	31,804	7,951	0,9709 n.s.
Desbaste (D)	1	1,303	1,303	0,1591 n.s.
TD	4	366,154	91,539	11,1781 *
Cortes (C)	2	1077,191	538,595	65,7701 *
TC	8	186,754	23,344	2,8507 *
DC	2	9,718	4,859	0,5933 n.s.
TDC	8	218,172	27,217	3,3302 *
Erro	60	419,344	8,189	
Total	89	2382,441		

FV – Fator de variação; GL – Graus de liberdade; SQ – Soma de quadrados; QM – Quadrado médio; F – Teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; n.s.: não significativo; CV = 26,71%.

Considerando a interação TDC, Tratamento x Desbaste x Cortes, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F, nos Experimentos 1 e 2, foi realizado Teste Tukey, para ambos os Experimentos.

Observou-se que, o maior conteúdo de íons liberados no exsudato de folhas de citronela ocorreu ao utilizar 0,02 m. Isso se deve ao fato das folhas terem o menor tamanho quando comparadas a 0,04 e 0,06 m. Houve maior dissociação iônica porque o corte menor proporcionou maior rompimento de estrutura celular, além de terem permanecido completamente em contato com a água.

Em ambos os experimentos (realizado após 11 meses em virtude do projeto já ter sido instalado anteriormente) a testemunha, tratamento com 0% de corte na raiz, ou seja, sem corte na raiz, com desbaste completo das folhas e cortados em 0,02 m, foram os que obtiveram maiores valores de condutividade elétrica quando comparados aos cortados em 0,04 e 0,06 m.

Os tratamentos de 2 a 5 obtiveram maiores valores de condutividade elétrica, nos cortes a 0,02 m, observando-se as unidades experimentais que sofreram ou não desbaste completo das folhas. Desta forma, pode-se concluir que cortar as folhas em tamanhos menores resulta em maior concentração de íons lixiviados (Quadros 3 e 4).

Quadro 3 - Valores médios de condutividade elétrica, em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ , de diferentes tratamentos, submetidos ou não ao completo desbaste de folhas, cortados em diferentes tamanhos no Experimento 1

TRATAMENTOS	SEM DESBASTE DAS FOLHAS			COM DESBASTE DAS FOLHAS		
	2 cm	4 cm	6 cm	2 cm	4 cm	6 cm
<b>1 (0%)</b>	17,30 ABC	9,57 BC	18,23 AB	21,70 A	9,00 C	11,94 BC
<b>2 (25%)</b>	19,50 A	11,53 ABC	17,23 AB	15,07 ABC	8,74 BC	6,76 C
<b>3 (50%)</b>	16,13 A	10,77 A	7,56 A	10,88 A	8,68 A	8,46 A
<b>4 (75%)</b>	14,37 AB	11,27 AB	9,81 AB	16,50 A	11,57 AB	6,91 B
<b>5 (100%)</b>	9,49 A	9,45 A	6,46 A	12,25 A	9,02 A	9,53 A

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, na linha, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quadro 4 - Valores médios de condutividade elétrica, em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ , de diferentes tratamentos, submetidos ou não ao completo desbaste de folhas, cortados em diferentes tamanhos no Experimento 2

TRATAMENTOS	SEM DESBASTE DAS FOLHAS			COM DESBASTE DAS FOLHAS		
	2 cm	4 cm	6 cm	2 cm	4 cm	6 cm
<b>1 (0%)</b>	9,62 BC	7,24 C	9,63 BC	17,367 A	15,583 AB	7,493 C
<b>2 (25%)</b>	23,5 A	10,1 B	7,57 B	13,257 B	6,667 B	6,393 B
<b>3 (50%)</b>	18,3 A	12,6 AB	6,813 B	17,233 A	6,18 B	5,977 B
<b>4 (75%)</b>	15,7 A	10,1 AB	5,543 B	12,723 A	10,377 AB	5,607 B
<b>5 (100%)</b>	9,86 AB	6,13 B	6,123 B	15,667 A	13,267 A	8,723 AB

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Esse método de mensuração necessita ser repetido a fim de confirmar com exatidão os resultados obtidos. Ainda é uma técnica em processo de avaliação e adequação. O coeficiente de variação deve ser reduzido.

Os Quadros 5 e 6 contêm os valores médios percentuais de citronellal, citronellol e trans-geraniol. Os maiores percentuais de citronellol, citronellal e trans-geraniol ocorreram no tratamento 1, em que não houve corte nas raízes e, sem desbaste completo nas folhas.

A condutividade elétrica como parâmetro qualitativo na produção de óleo essencial necessita ser melhor estudada, pois tanto no Experimento 1 quanto no Experimento 2, os resultados não foram conclusivos, em função da heterogeneidade dos dados.

O tamanho do corte das folhas, a 0,02 m, informou maior quantidade de íons lixiviados, entretanto variou entre os tratamentos 2 a 5 na condição de desbaste ou não das folhas. Por isso, torna-se necessário estudar, de forma detalhada, a condutividade elétrica das folhas de citronela, a fim de obter maior confiabilidade dos resultados. A condutividade elétrica pode vir a ser utilizada como parâmetro quantitativo na produção de óleo essencial desde que o experimento seja executado com alta precisão e maior detalhamento, adotando-se ou não diferentes tipos de manejo.

O conteúdo de citronellol foi maior no tratamento com 0% de corte nas raízes, independente do desbaste nas folhas. Portanto, adotando um corte de 0,02 m, é possível utilizar a condutividade elétrica como parâmetro qualitativo nesta condição. Para outros percentuais de corte na raiz torna-se necessário realizar mais estudos.

Quadro 5 - Valores médios percentuais de citronellal, citronellol e trans-geraniol, em %, de diferentes tratamentos, sem desbaste completo das folhas

<b>TRATAMENTOS</b>	<b>CITRONELLAL</b>	<b>CITRONELLOL</b>	<b>TRANS-GERANIOL</b>
1 – 0%	12,3264	17,4306	11,1908
2 – 25%	4,9288	2,3066	3,7205
3 – 50%	8,3238	10,8651	8,2405
4 – 75%	9,8806	11,9981	8,4102
5 – 100%	8,9508	6,7929	10,9920



Quadro 6 - Valores médios percentuais de citronellal, citronellol e trans-geraniol, em %, de diferentes tratamentos, com desbaste completo das folhas

<b>TRATAMENTOS</b>	<b>CITRONELLAL</b>	<b>CITRONELLOL</b>	<b>TRANS-GERANIOL</b>
1 – 0%	11,5322	14,0139	10,6930
2 – 25%	10,9359	13,2784	11,5059
3 – 50%	10,8264	7,3839	11,8684
4 – 75%	11,8126	9,5415	11,6161
5 – 100%	10,4821	6,3886	11,7620

## 6. CONCLUSÕES

Conclui-se que:

- nas condições em que o trabalho foi executado, a condutividade elétrica pode ser mensurada utilizando-se cortes das folhas da parte aérea com tamanho de 0,02 m;
- quando não se realiza o corte nas raízes, independente do desbaste das folhas da parte aérea, é possível obter maiores valores de condutividade elétrica quando comparado à diferentes percentuais de corte.
- a condutividade elétrica pode vir a ser utilizada como parâmetro quantitativo quanto aos teores de marcadores químicos do capim citronela desde que o experimento seja executado com alta precisão e maior detalhamento, adotando ou não diferentes tipos de manejo.
- a solubilidade dos componentes químicos orgânicos deve ser melhor estudado, em função dos solventes, pois em alguns casos a água destilada é inapropriada para a embebição, podendo fornecer informações erradas quanto a condutividade elétrica.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, M.A; Óleos essenciais de *Cinnamomum zeylanicum*, *Cymbopogon nardus* e *Zingiber officinale*: Caracterização química, atividade antioxidante e antibacteriana. Dissertação (Mestrado Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, UFLA - Lavras-MG., 83 p., 2010.
- BAUER,K; GARBE,D; SURBURG,H. Common fragrance and flavor materials. Prepration, properties and uses fourth completely revised edition. Wiley-CH.Germany. 2001.
- BENETI, S.C. Fracionamento de óleos essenciais em coluna de destilação a vácuo em modo batelada. 2009. Dissertação (Mestrado Engenharia de Alimentos) – Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missoes-URI, Erechim-RS, 2009.
- CASTRO, L. O. de ; RAMOS, R. L. D. Principais gramíneas produtoras de óleos essenciais: *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. , capim-cidrô, *Cymbopogon martinii* (Rox.) J.F. Watson, palma-rosa, *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle, citronela, *Elyonurus candidus* (Trin.) Hack, capim-limão, *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash, vetiver. Porto Alegre: FEPAGRO, 2002. 31 p. (Boletim FEPAGRO, 11)
- CARVALHO, A. C. B. et al. Regulation of herbal medicines in Brazil: advances and perspectives. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, São Paulo, v. 47, n. 3, jul./set. 2011, p. 467-473, 2011.
- CASTRO, H. G. et al. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (L.). Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, Botucatu, v. 09, n. 04, p. 55-61, 2007.
- CASTRO, H. G. et al Avaliação do teor e composição do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (L.) em diferentes épocas de colheita. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v.41 n.2, p. 308 – 314, Apr./June. 2010.
- FERNANDES, TM. Plantas medicinais: memória da ciência no Brasil (online) Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2004. ISBN 978-85-7541-348-7. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.Available from SciELO Books.

- HAYNES, W.M. et al., CRC Handbook of Chemistry and Physics. 96th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2015-2016, p. 3-216
- HAYNES, W.M. et al., CRC Handbook of Chemistry and Physics. 96th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2015-2016, p. 3-282
- LENARDÃO, E.J. et al., Citronellal as key compound in organic synthesis. Tetrahedron. V. 63, p. 6671 – 6712, Abr. 2007.
- MARTINS, C.R.; LOPES, W.A.; ANDRADE, J.B. Solubilidade das substâncias orgânicas, Química Nova. Bahia, v. 36, n.8, p. 1248-1255, 2013.
- PEREIRA, R. C. A.; MOREIRA, A. L. M. Manjerição: cultivo e utilização, Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical. Fortaleza, 2011.
- PIMENTEL, F.A. et al., Método para determinação de umidade de plantas aromáticas. EMBRAPA: Comunicado técnico online, Fortaleza, n. 136, 2008.
- ROCHA, R.P.; Avaliação do teor e da composição do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* e *Thymus vulgaris* submetidos a processos de secagem e armazenamento. 2011.149f. Tese: (Doutorado) – Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 2011.
- RODRIGUES, A. G.; AMARAL, A. C. F. Aspectos sobre o desenvolvimento da fitoterapia. Práticas integrativas e complementares: plantas medicinais e fitoterapia na Atenção Básica. Brasília: Ministério da Saúde. 156 p. pt. 1, cap. 1, p. 13-17, 2012.
- ROLIM, G.S.; CAMARGO, M.B.P.; LANIA, D.G.; MORAES, J.F.L. Classificação climática de köppen e de thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, v.66, n.4, p.711-720, 2007
- SIMÕES, C.M.O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. Farmacognosia: da planta ao medicamento. Porto Alegre/Florianópolis: UFRGS/UFSC, 2000. Cap.18
- VALÉCIO, M. Fitoterápicos: crescer e aparecer. Disponível em:<http://www.guiadafarmacia.com.br/fito-2013/fitoterapicos-crescer-e-aparecer>. Acesso em 23 de setembro de 2013.
- WOLFFENBUTTEL, A.N. Óleos essenciais. Informativo CRQ-V, ano XI, n.º105, p. 06-7. nov/dez. 2007.