



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE  
UNIDADE ACADÊMICA DE BIOLOGIA E QUÍMICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

**ALZENI DAMÁSIO SANTOS**

**EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DA ESPÉCIE *Corymbia citriodora* E SUA  
CARACTERIZAÇÃO POR CROMATOGRAFIA GASOSA ACOPLADA AO  
ESPECTRÔMETRO DE MASSA**

**CUITÉ - PB**

**2016**

AIZENI DAMÁSIO SANTOS

**EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DA ESPÉCIE *Corymbia citriodora* E SUA  
CARACTERIZAÇÃO POR CROMATOGRAFIA GASOSA ACOPLADA AO  
ESPECTRÔMETRO DE MASSA**

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em  
Química da Universidade Federal de Campina Grande,  
*Campus* Cuité, como forma de obtenção do grau de  
Licenciada em Química.

Orientadora: Prof<sup>fa</sup>. Dr<sup>a</sup>. Jacqueline do Carmo Barreto

Co-orientador: Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas

CUITÉ - PB

2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA NA FONTE

Responsabilidade Msc. Jesiel Ferreira Gomes – CRB 15 – 256

S237e Santos, Alzeni Damásio.

Extração do óleo essencial da espécie corymbia citriodora e sua caracterização por cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massa. / Alzeni Damásio Santos. – Cuité: CES, 2016.

53 fl.

Monografia (Curso de Licenciatura em Química) – Centro de Educação e Saúde / UFCG, 2016.

Orientadora: Jacqueline do Carmo Barreto.

Coorientador: Juliano Carlo Rufino de Freitas.

1. Cromatografia. 2. Espectroscopia. 3. Óleo. I. Título.

Biblioteca do CES - UFCG

CDU 543.544

ALZENI DAMÁSIO SANTOS

**EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DA ESPÉCIE *Corymbia citriodora* E SUA  
CARACTERIZAÇÃO POR CROMATOGRAFIA GASOSA ACOPLADA AO  
ESPECTRÔMETRO DE MASSA**

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Campina Grande, *campus* Cuité, como forma de obtenção do grau de Licenciada em Química.

Aprovada em / / \_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Jacqueline do Carmo Barreto – CES/UFCG  
Orientadora

---

Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – CES/UFCG  
Co-orientador

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Joana Maria de Farias Barros – CES/UFCG  
Examinadora

---

Prof. Dr. Marciano Henrique de Lucena Neto – CES/UFCG  
Examinador

## **DEDICATÓRIA**

Dedico a Deus por tornar possível essa realização e por nunca desistir de mim. Dedico a mim mesma pois muitas vezes pensei em desistir e apesar das dificuldades não desistir segui em frente e consegui chegar até aqui. Dedico este trabalho a mim não pelo que eu sou, mas pelo que tudo isso representa na minha vida o final de mais uma etapa, em que eu lutei, chorei, noites sem dormir e não desisti e hoje só agradeço imensamente aqueles que direta e indiretamente participaram desta conquista me apoiando com palavras choros, alegrias.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente e imensamente ao nosso **DEUS** por nunca desistir de mim e por sempre iluminar os meus caminhos fazendo com que eu conclua esta jornada acadêmica. Obrigado Senhor por me fazer a pessoa mais realizada e por ter me dado a força de lutar, a sabedoria, a paciência e principalmente a saúde.

Aos meus pais, **Antônio Francisco dos Santos** e **Divaneide Damásio de Souto Santos**, que me deram a vida, me apoiaram nos momentos que mais precisei, por me amarem incondicionalmente e principalmente por ter me dado a oportunidade de ser a pessoa que sou.

As minhas queridas irmãs, **Alcione Damásio e Ângela Maria**, por está ao meu lado, pelo carinho. Ao meu sobrinho **Anderson José**, com seu jeitinho de criança alegre meus dias...A toda minha **família (primos, tios, avós)**, que sempre acreditaram em mim, em especial ao meu saudoso avô **José Pequeno** que pelos momentos que estive ao seu lado me fez acreditar nos meus sonhos. Também a minha tia **Maria das Dores** que me acolheu quando eu mais precisei a ela a minha eterna gratidão...

A professora **Dr.<sup>a</sup> Jacqueline do Carmo Barreto** que me apoiou e me recebeu com todo o carinho, que mostrou o caminho da realização de estar hoje aqui concluindo mais uma etapa. A Jacqueline a minha eterna admiração tanta pessoa como profissional.

Ao meu amigo-especial **Arnaldo Bezerra**, por toda a confiança depositada sobre mim, pelo incentivo e carinho, por me ouvir nos momentos de angustias e principalmente por não ter deixado eu desistir.

Ao meu namorado **João Maria** que mesmo ter entrado em minha vida há tão pouco tempo é para mim uma pessoa muito especial, e que me fortalece a cada dia mais.

Aos meus amigos e amigas da faculdade que estiveram do meu lado no dia-a-dia, aos quais passamos por tantos momentos gratificantes, momentos únicos assim como também passamos por dificuldades mas superamos juntos com toda a nossa garra, determinação. Agradeço imensamente por Deus ter colocados vocês na minha vida, em especial as minhas amigas do coração **Aline S. Silva, Ana Paula Costa, Lidiane Macêdo, Danielly Santos, Anatúzia**, aos quais dividimos tantos momentos, rimos choramos, estudamos, conversamos e não esqueço jamais cada palavra de consolo quando

mais precisava, que ficarão para sempre em minha história. Aos demais **amigos**, pelo apoio, carinho e admiração. **Aos companheiros da turma de química da UFCG**, que durante esses cinco anos vivenciamos experiências que nos fizeram ser pessoas melhores e acima de tudo realizados.

Agradeço em especial **UFCG/CES**, ao qual abriu as portas sem medo de errar, onde trilhei meus sonhos e posso dizer que me sinto honrada em ter tido a oportunidade de realizar minha formação neste curso de graduação em Química. Não poderia deixar de lembrar das pessoas que transformam o mundo **a todos os professores de química** a minha eterna gratidão pela paciência, pelo carinho e principalmente por me ensinar a ser uma pessoa melhor, cada momento que passamos juntos, cada aprendizagem cada troca de experiência foram oportunidades únicas que jamais serão esquecidos.

*Sem sonhos, a vida não tem brilho. Sem metas, os sonhos não têm alicerces. Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais. Sonhe, trace metas, estabeleça prioridades e corra riscos para executar seus sonhos. Melhor é errar por tentar do que errar por se omitir!*

*Augusto Cury*



## RESUMO

Os óleos essenciais são complexos orgânicos conhecidos como óleos etéreos ou simplesmente essências. São obtidos de partes de espécies vegetais como folhas, flores e frutos, através da destilação por arraste com vapor de água e outros tipos de extração. São constituídos por vários componentes voláteis, apresentam aspecto oleoso, são dotados de aroma forte, quase sempre agradável. Sua aplicabilidade em áreas industriais atinge vários setores tais como indústrias de perfumes e essências (aromaterapia), farmacêuticas e alimentícias. Neste trabalho foi realizada a extração de óleo essencial das folhas de *Corymbia citriodora*, planta esta que está presente no cotidiano do povo da região na forma de medicamentos caseiros, chás, emplastos, infusões, assim como na dieta alimentar. No presente estudo foram estudados os óleos essenciais extraídos da folha da espécie *Corymbia citriodora*, obtido pelo método de hidrodestilação, no qual foi utilizado um aparato do tipo Clevenger modificado. Foram realizados 11 experimentos com datas e horários distintos com o objetivo de avaliar o rendimento e diferenças na composição química. Observou-se que em determinados períodos e horários, como o período da tarde, o rendimento do óleo extraído era maior. Foi possível a identificação e quantificação de um total de 25 constituintes presentes no óleo de *C. citriodora* na qual o constituinte químico citronelal ocorreu abundantemente em todas as amostras tratando-se do componente majoritário das análises. A maioria dos constituintes químicos caracterizados no óleo essencial de *C. citriodora* nesta pesquisa foram monoterpenos, seguidos de hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, sesquiterpenos, ácidos orgânicos monocarboxílicos, álcool e cetona. Verificamos, pois, que a unidade experimental bem como a metodologia empregada apresentaram-se eficientes para extração do óleo essencial da espécie *Corymbia citriodora*, uma vez que os dados obtidos se mostraram em conformidade com dados da literatura.

**Palavras-chave:** Eucalipto; Óleo essencial; Cromatografia Gasosa; Espectroscopia de Massa.

## ABSTRACT

Essential oils are organic complexes known as ethereal oils or just essences. They obtained from parts of the plant species leaves, flowers and fruits, by distillation with steam drag and other types of extraction. They consist of several volatile components, present oily appearance, are endowed with strong aroma, almost always pleasant. Its applicability in industrial areas reaches various sectors such as perfumes and essences industries (aromatherapy), pharmaceutical and food. This work was carried out the essential oil extraction of *Corymbia citriodora* leaves, plant this that is present in the daily lives of the people of the region in the form of home remedies, teas, poultices, infusions, as well as in the diet. In this study we studied the essential oils extracted from the *Corymbia citriodora* species leaf, obtained by hydrodistillation method, which was used an apparatus of the type modified Clevenger. 11 experiments were performed with dates and different times in order to evaluate the performance and differences in chemical composition. It was observed that in certain periods and times, as the afternoon, the yield of extracted oil was higher. It was possible to identify and quantify a total of 25 constituents present in the oil of *C. citriodora* wherein the chemical constituent citronellal was abundantly in all samples in the case of the majority component analysis. Most chemical constituents characterized in the essential oil of *C. citriodora* in this study were monoterpenes followed aliphatic and aromatic hydrocarbons, sesquiterpenes, monocarboxylic organic acid, alcohol and ketone. We noted, therefore, that the experimental unit and the methodology used were efficient for the extraction of essential oil of *Corymbia citriodora* species, since the data obtained were in accordance with literature data.

**Key words:** Eucalyptus; Essential oil; Gas Chromatography; Mass Spectrometry.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Folhas <i>Corymbia citriodora</i> .....	17
Figura 2: <i>Corymbia citriodora</i> .....	17
Figura 3: Origem dos Terpenóides a partir do isopropeno .....	22
Figura 4: Origem dos Fenilpropanóides a partir do ácido chiquímico .....	22
Figura 5: Exemplos de monoterpenos e sesquiterpenos.....	23
Figura 6: Espectro de massas da amostra 6 de óleo essencial da <i>Corymbia citriodora</i> .	41
Figura 7: Espectro de massas apresentando números de íons detectados como uma função de sua razão m/z do citronelal presente no óleo essencial da <i>Corymbia citriodora</i> .....	42
Figura 8: Constituintes majoritários do óleo de <i>C. citriodora</i> : citronelal (A); citronelol (B); isopulegol (C); ácido pentanóico (D);.....	47
Figura 9: Porcentagens dos principais constituintes químicos presentes no óleo essencial obtido da espécie de <i>Corymbia citriodora</i> , coletados em diferentes períodos no município de Jaçanã-RN, Brasil .....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação taxonômica do gênero <i>Corymbia</i> .....	19
Tabela 2: Classificação dos constituintes voláteis dos óleos essenciais segundo ao grupo funcional a que pertencem.....	25
Tabela 3: Principais espécies de eucalipto utilizadas para a produção de óleo essencial medicinal – rendimento em base de peso de folha seca, classificação conforme uso e teor principal.....	26
Tabela 4: Principais espécies de eucalipto utilizadas para a produção de óleo essencial industrial – rendimento em base de peso de folha seca, classificação conforme uso e teor principal.....	26
Tabela 5: Principais espécies de eucalipto utilizadas para a produção de óleo essencial de perfumaria – rendimento em base de peso de folha seca, classificação conforme uso e teor principal.....	27
Tabela 6: Descrição do material coletado para a extração dos óleos essenciais das folhas da espécie <i>Corymbia citriodora</i> <i>OECCM</i> = óleo essencial da <i>Corymbia citriodora</i> extraído no período da manhã; <i>OECCT</i> = óleo essencial da <i>Corymbia citriodora</i> extraído no período da tarde.....	35
Tabela 7: Massas de material coletado de acordo com o dia e hora da coleta. <i>OECCM</i> = óleo essencial da <i>Corymbia citriodora</i> extraído no período da manhã; <i>OECCT</i> = óleo essencial da <i>Corymbia citriodora</i> extraído no período da tarde .....	38
Tabela 8: Resultados dos rendimentos do óleo essencial em % de acordo com o horário e período de extração. ....	39

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Constituintes químicos do óleo essencial da *Corymbia citriodora* presentes nas amostras analisadas nesta pesquisa..... 44

Quadro 2: Rendimento dos constiuintes quimicos presentes nas amostras de oleo essencial extraído da *Corymbia citriodora* em ordem alfabética ..... 47

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
2.1	GERAL .....	16
2.2	ESPECÍFICOS.....	16
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
3.1	Considerações botânicas da <i>Corymbia Citriodora</i> .....	17
3.2	Aspectos econômicos da espécie <i>Corymbia citriodora</i> e suas utilizações.....	19
3.3	Óleos Essenciais .....	20
3.4	Métodos de extrações do óleo essencial.....	27
3.5	Utilidades dos Óleos Essenciais no Mercado .....	29
3.6	Fatores de influência na produção e qualidade do óleo essencial de eucalipto	30
3.7	Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas para caracterização de Óleos Essenciais .....	32
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>34</b>
4.1	Obtenção do material vegetal .....	34
4.2	Extração do óleo essencial de <i>Corymbia citriodora</i> por Hidrodestilação.....	35
4.3	Análise do óleo essencial por Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM).....	37
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>37</b>
5.1	Obtenção do material vegetal e extração do óleo essencial .....	37
5.2	<b>Rendimento do óleo essencial extraído da <i>Corymbia citriodora</i>.....</b>	<b>39</b>
5.3	Caracterização dos Constituintes Químicos do Óleo Essencial da <i>Corymbia citriodora</i> .....	40
5.4	Rendimento dos constituintes químicos do óleo essencial da <i>Corymbia citriodora</i> .....	45
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>49</b>
6.1	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>49</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>50</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A espécie *Corymbia citriodora*, a qual é popularmente conhecida como eucalipto-cidró, eucalipto-cheiroso ou mesmo eucalipto-limão, pertence à família botânica Myrtaceae e é caracterizada por suas árvores de médio à grande porte e de rápido crescimento em que normalmente apresentam alturas de 35 a 50 metros.

Ao longo do tempo, os botânicos realizaram uma alteração na taxonomia do *Eucalyptus citriodora* para *Corymbia citriodora*. A espécie *Eucalyptus citriodora* era pertencente ao sub-gênero *Corymbia* e foi verificado que as plantas de *Symphomyrtus* (a maioria dos eucaliptos) não conseguiam se cruzar com as de *Corymbia*. Este fator indicava a existência de discordância na reprodução desses grupos e, desta forma, o antigo gênero que contava com mais de 500 espécies, teve nova classificação de acordo com a proposta dos botânicos australianos, Ken Hill e Lawrie Johnson, reduzindo o novo gênero em exatas 113 espécies (KUMODE, 2008).

Atualmente é uma das principais espécies cultivadas no Brasil pelos pequenos e médios produtores para os setores energéticos e construções (SILVA et al., 2009). No entanto, o destaque de suas aplicações é voltado para a produção de óleos essenciais, os quais, segundo a International Standard Organization (ISO) são misturas muito complexas de hidrocarbonetos, álcoois e aromáticos que são encontrados na casca, nas flores, nas folhas, nos rizomas e nas sementes, contendo também substâncias voláteis, lipofílicas, odoríferas e líquidas. Tratam-se de misturas complexas de compostos voláteis, muitas vezes, com centenas de constituintes de todas as classes funcionais, onde coexistem isômeros, geométricos, posicionais e ópticos, com propriedades físicas e químicas similares.

Normalmente os óleos essenciais são incolores e amarelados quando recém-extraídos e alguns possuem cor natural. Possuem sabor picante e ácido, são instáveis na presença de ar, luz, calor e umidade e, em sua maioria, possuem índice de refração e são opticamente ativos (propriedade importante para sua identificação e controle de qualidade) (SIMÕES; SPITZER, 1999).

As denominações dadas a estes óleos são devidas à suas características físico-químicas e odores, que variam segundo a localização no vegetal. São considerados óleos por serem, geralmente, líquidos de aparência oleosa à temperatura ambiente. São chamados de óleos voláteis por apresentarem volatilidade. Por serem solúveis em solventes pouco polares (por exemplo, éter), são denominados de óleos etéreos e devido ao seu aroma agradável, são conhecidas como essenciais.



A extração de óleos essenciais nos fornece os componentes voláteis presentes nas espécies vegetais e muitos desses compostos, possuem atividades biológicas e farmacológicas cientificamente comprovadas. Esse método de extração nos fornece componentes químicos de elevada importância, por tratar-se de compostos aromáticos de interesse industrial e farmacêutico. O processo de destilação para obtenção do óleo essencial é realizado por arraste em vapor, em dornas de aço inoxidável, onde são dispostas as folhas e galhos da copa de eucalipto (ROSSI, 2009).

Em termos de análises, a Cromatografia Gasosa Acoplada a Espectrometria de Massas (CG/EM), é uma técnica para separação e análise de misturas de substâncias voláteis e é recomendada para analisar óleos essenciais por dar maior segurança na identificação dos picos individuais e controlar a pureza de um pico cromatográfico. Os métodos cromatográficos são os procedimentos de separação e isolamento mais amplamente utilizados atualmente, servindo também para fins de identificação e análise de misturas e de substâncias isoladas.

Uma vez que a *Corymbia citriodora* é uma espécie constante na região do Vale do Curimataú e está presente no cotidiano do povo da região na forma de medicamentos caseiros, chás, emplastros, infusões, sentiu-se a necessidade de investigar a referida espécie de modo oferecer a possibilidade de disponibilizar para a população e o público acadêmico, informações sobre a composição química e atividades biológicas e/ou farmacológicas dos óleos em estudo, enriquecendo o conteúdo de informações que poderão ser acessadas através deste trabalho.

Diante disto, este trabalho tem como objetivo o estudo dos óleos essenciais extraídos da folha da espécie *Corymbia citriodora*, popularmente conhecido como Eucalipto que possui ampla utilização na medicina popular está abundantemente presente na região. Extração e caracterização da composição química do óleo essencial obtido das folhas de *Corymbia citriodora* por meio de Cromatografia Gasosa Acoplada a Espectrometria de Massas.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Extrair e caracterizar a composição química do óleo essencial obtido das folhas de *Corymbia citriodora* por meio de Cromatografia Gasosa Acoplada a Espectrometria de Massas (CG/EM).

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Descrever botanicamente a espécie *Corymbia citriodora* a partir dos dados encontrados da literatura;
- Realizar a extração do óleo essencial da espécie *Corymbia citriodora* em diferentes dias e horários como forma de avaliar o rendimento do mesmo;
- Obter o óleo essencial coletado no município de Jaçanã – RN por hidrodestilação utilizando o aparelho Clevenger modificado;
- Estudar a composição química desses óleos através de cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas;
- Avaliar o rendimento do óleo essencial e de seus constituintes majoritários da espécie *Corymbia citriodora*.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

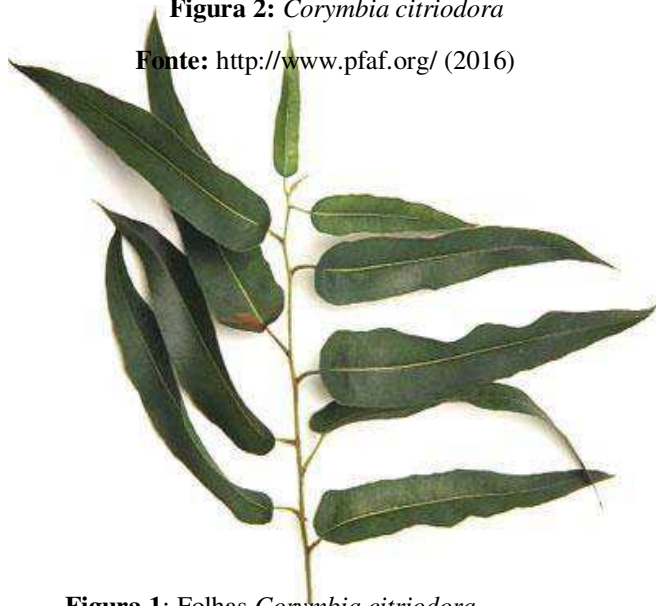
#### 3.1 Considerações botânicas da *Corymbia Citriodora*

Segundo Lamprecht (1990), o gênero *Corymbia* pertence à família Myrtaceae (subfamília Leptospermoideae), amplamente difundida nos trópicos, porém, está quase totalmente circunscrito à flora australiana (PEREIRA, 2010). A *Corymbia citriodora* é espécie botânica caracterizada por suas árvores de médio a grande porte, ocasionalmente podendo atingir 50 m de altura com excelente forma do tronco e folhagem rala (ATHERTON et al., 2008).

As árvores da espécie apresentam ritidoma suave, de coloração uniforme ou ligeiramente manchada, esbranquiçada a acobreado no verão. A copa é conspícua com folhas estreitas (Figura 1) e com uma forte fragrância de limão. A casca é lisa ao longo da altura da árvore (Figura 2), por vezes com aspecto pulverulento e com tiras muito finas e encaracoladas. As gemas, em forma de pera, surgem em grupos de três na axila de cada folha. Os frutos são cápsulas em forma de urna. A floração ocorre na primavera e verão. A espécie prefere solos ligeiramente francos e limosos, em bosques esclerófilos e encostas.

**Figura 2:** *Corymbia citriodora*

Fonte: <http://www.pfaf.org/> (2016)



**Figura 1:** Folhas *Corymbia citriodora*



(2016)

O rápido crescimento e a elevada produção de massa de muitas espécies não são consequência de uma fotossíntese especialmente intensa por umidade de superfície foliar, mas sim da capacidade de desenvolver com grande rapidez uma grande superfície foliar. Também este fenômeno está relacionado com uma peculiaridade do crescimento.

A madeira da *C. citriodora* é muito utilizada para construções, estruturas, caixotaria, postes, dormentes, mourões, lenha e carvão. No Estado de São Paulo a espécie apresenta susceptibilidade à geadas e boa resistência à deficiências hídrica. Em solos pobres pode haver alta incidência de bifurcações ligadas a deficiências nutricionais (principalmente boro). A espécie apresenta, ainda, como característica a capacidade de regenerar-se muito bem por brotações das cepas. Em função das características básicas da espécie e dos resultados obtidos em São Paulo, deve-se sempre considerar as geadas severas como fator limitante.

Segundo Lorenzi et al. (2003), citado por Reis (2013), a sua ramagem é longa, a qual permite a formação de uma copa aberta. Na idade juvenil, as folhas são alternas, estreitas a largo-lanceoladas, às vezes peltadas, pecioladas, hirsutas, de margens onduladas, podendo ser arroxeadas na face inferior. As folhas maduras são alternas, estreito-lanceoladas, pecioladas, verde-escuras em ambas as faces, de 10 cm a 20 cm de comprimento, com as nervuras secundárias, divergindo em 45 graus em relação à principal.

As inflorescências apresentam de três a cinco flores brancas em panículas terminais e suas sementes possuem cor negra (LORENZI et al., 2003 citado por REIS, 2013). Os botões florais são ovoides e possuem ápice hemisférico pontiagudo, de 7 mm a 8 mm de diâmetro. As cápsulas dos frutos têm formato também ovoide e são deiscentes, com valvas inclusas, de cerca de 10 mm de diâmetro. As sementes, apesar de deiscentes, permanecem em suas cápsulas quando ainda maduras, o qual permite o planejamento de coletas de cápsulas em áreas de produção de sementes, seguida de secagem e obtenção de sementes (ELDRIDGE et al., 1993 citado por REIS, 2013).

A Tabela 1 apresenta a classificação taxonômica do gênero *Corymbia* segundo Cronquist (1988) e Engler (1964) citados por Pereira (2010).

<b>Táxon</b>	<b>CRONQUIST (1988)</b>	<b>ENGLER (1964)</b>
<b>Divisão</b>	Magnoliophyta	Angiospermae
<b>Classe</b>	Magnoliopsida	Dicotyledoneae
<b>Subclasse</b>	Rosidae	Archichlamydeae
<b>Ordem</b>	Myrtales	Myrtiflorae
<b>Família</b>	Myrtaceae	Myrtaceae
<b>Gênero</b>	Corymbia	Corymbia

**Tabela 1:** Classificação taxonômica do gênero *Corymbia*

**Fonte:** Cronquist (1988); Engler (1964) citados por Pereira (2010).

### 3.2 Aspectos econômicos da espécie *Corymbia citriodora* e suas utilizações

A *C. citriodora* é uma das mais importantes espécies do popular eucalipto, sendo cultivada em todo o mundo. No Brasil, seus plantios foram iniciados com vistas à adaptação fisiológica, crescimento e produção de madeira para produção de carvão vegetal. No decorrer do tempo, os objetivos dos plantios foram ampliados no intuito de produção de madeira para serraria, energia e exploração de folhas para extração de óleo essencial (VITTI; BRITO, 1999).

Em geral, observa-se que tem sido plantada principalmente por pequenos e médios proprietários rurais, para usos múltiplos (VIEIRA, 2004), sendo que as principais razões para a sua utilização no Brasil são a boa adaptação às diferentes regiões, relativo incremento volumétrico de madeira, boa forma e capacidade de brotação (XAVIER, 1993; VITTI; BRITO, 2003; BOLAND et al., 2006 citados por PEREIRA, 2010). Ressalta-se que a espécie é recomendada para reflorestamento em quase todo o Brasil central, além de norte do Paraná, São Paulo, Minas Gerais e no litoral da Região Nordeste.

A sua madeira é utilizada na produção de carvão vegetal, cabos de ferramentas, cercas, cruzetas, dormentes, lenha, mourões, pontaletes, postes, serraria (vigas, caibros e móveis), dentre outros usos (GOLFARI et al., 1978; FERREIRA, 1979; BOLAND et al., 2006).

O óleo essencial, citronelal, extraído de suas folhas, tem sido usado na aromatização de ambientes e produção de desinfetantes, detergentes, sabões, mascarantes

industriais, ceras, saponáceos, pedras sanitárias e como matéria prima. Em virtude de seu belo aspecto paisagístico, tem sido também utilizada na arborização de parques e avenidas. Na apicultura constitui-se em excelente fonte de néctar e pólen (LORENZI et al., 2003 citado por REIS, 2013).

O óleo essencial do "eucalipto-limão" contém citronelal (80%), produzido principalmente no Brasil e China e é utilizado como repelente de insetos e em perfumaria. Contudo, uma investigação recente demonstrou que não é muito efetivo como repelente de insetos, mas foi demonstrado que o seu efeito contra os mosquitos é similar ao dos repelentes contendo baixas concentrações de dietil-toluamida ou benzamida (MF RURAL, 2016).

Além de seu uso tradicional em monocultivos, a inclusão dessa espécie em sistemas integrados, com vistas à diversificação da produção, pode se tornar uma importante alternativa de renda aos pequenos e médios produtores rurais. Esse aspecto torna-se ainda mais evidente ao se considerar o potencial da espécie para usos múltiplos.

Na medicina popular, as folhas e ramos do eucalipto representam para a população uma importante fonte de propriedades curativas, uma vez que a planta é rica em propriedades antibacterianas. O óleo essencial extraído do eucalipto é considerado um dos que possuem as maiores propriedades antissépticas dentre todos os óleos essenciais. Durante o último século, os médicos populares americanos usaram o óleo do eucalipto para desinfetar o equipamento médico e para fazer a assepsia de feridas.

O óleo essencial do eucalipto é usado para tratar herpes e feridas e sua indicação estende-se, ainda, para problemas respiratórios, reduzindo o muco, inchaço e a inflamação, além de aliviar dores musculares, reumatismo e dor de cabeça. É amplamente utilizado em remédios comerciais para combater resfriados e preparações para alívio das dores. O eucalipto faz com que o nariz solte muco, facilitando para que o mesmo seja expelido mais fácil (HARADA, 2016).

### **3.3 Óleos Essenciais**

Os óleos essenciais são compostos naturais, voláteis e complexos, caracterizados por um forte odor sendo sintetizados por plantas aromáticas durante o metabolismo secundário, e normalmente extraídas de plantas encontradas em países quentes, como as do mediterrâneo e dos trópicos, onde representam parte importante da farmacopeia tradicional. (BAKKALI et al., 2008 citado por MACHADO et al. 2011).

De acordo com Silva (1998), citado por Machado e Fernandes Júnior (2011), foi o médico suíço-alemão Paracelso quem introduziu o termo óleo essencial durante a Renascença e este designava “a alma da planta”, a quintessência para a cura. Anteriormente a este período, Roma após invadir territórios, como o Egito, disseminou o uso de plantas aromáticas em banho, sendo que os romanos chegaram a ter mais de 1000 mil casas de banho por volta de 753 a.C. (MACHADO; FERNANDES JÚNIOR, 2011).

As plantas aromáticas, bem como seus respectivos óleos essenciais, são utilizadas desde o início da história da humanidade, para saborear comidas e bebidas; empiricamente usadas para disfarçar odores desagradáveis, atrair outros indivíduos e controlar problemas sanitários, contribuindo também para a comunicação entre os indivíduos e influenciando o bem-estar dos seres humanos e animais, demonstrando assim uma antiga tradição sociocultural, e socioeconômica da utilização destes produtos (FRANZ, 2010).

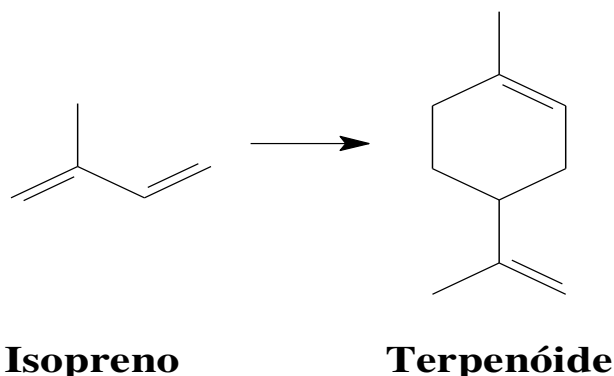
A presença de óleo essencial não ocorre de forma homogênea na planta, podendo se concentrar em diversas partes como, raízes, rizomas, caules, folhas, flores e sementes. Contém substâncias voláteis, lipofílicas, odoríferas e líquidas. Também são chamados de óleos etéreos, essências ou óleos voláteis. Eles podem ser líquidos a temperatura ambiente, e em alguns casos semissólidos. Quando recentemente extraídos são geralmente incolores ou ligeiramente amarelados. Na fase de extração, os óleos mudam de incolor a coloridos, tais como amarelo, vermelho (benzoína) e azul (camomila), podendo em seguida alterar a coloração em função de reações químicas como oxidação.

A volatilidade some facilmente em função de suas moléculas pequenas, o que os distingue dos óleos fixos ou graxos. Em geral, esses óleos não são muito estáveis, principalmente na presença de ar, luz, calor, umidade e metais. Os óleos essenciais são instáveis na presença de luz, calor, umidade, metal e oxigênio. Esses fatores podem desencadear processos de polimerização, ciclização, dimerização e oxidação, resultando em alterações na composição química original da molécula durante o processo de manuseio e armazenagem. O sabor é geralmente acre (ácido) e picante e o aroma agradável e intenso, relevando a denominação essência ou aromático.

A denominação de óleo se dá devido a algumas características físico-químicas como a de serem voláteis; lipofílicas; na maioria das vezes odoríferas e líquidas (SIMÕES et al., 2007).

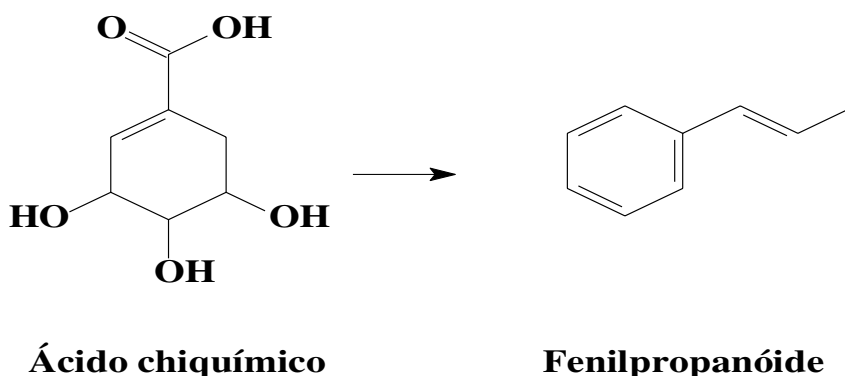
Os óleos essenciais são constituídos principalmente por derivados de fenilpropanóides e terpenóides, com predominância deste último. O termo “terpenóide”

é empregado para indicar todas as substâncias cuja origem Biosintética deriva de unidades de isopreno (Figura 3), composto com cinco átomos carbonos.



**Figura 3:** Origem dos Terpenóides a partir do isopropeno  
**Fonte:** oetnobotanico.wordpress.com (2016)

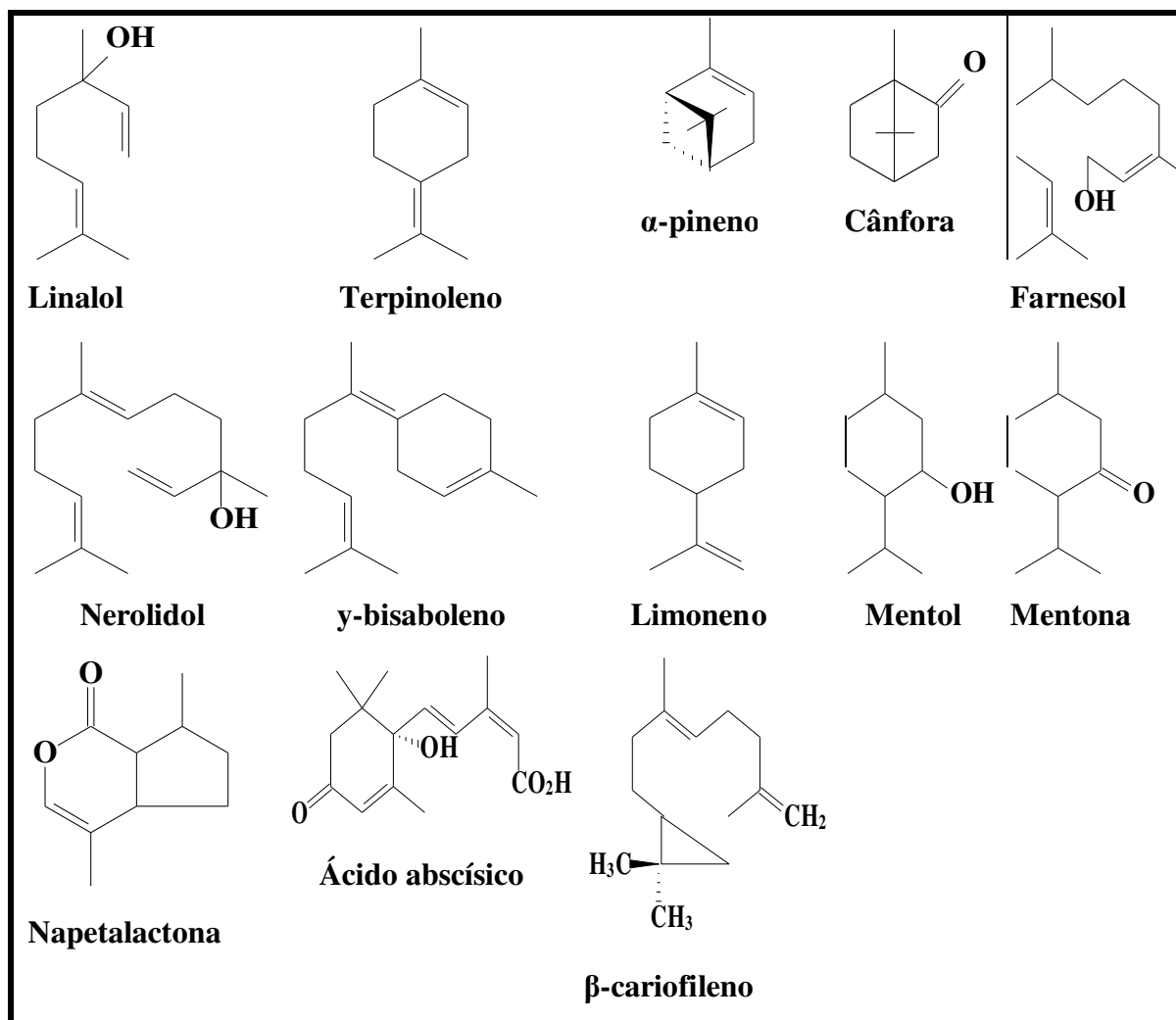
Os fenilpropanóides formam-se a partir do ácido chiquímico (figura 4), que forma as unidades básicas dos ácidos cinâmico e p-cumárico. Esses últimos, por meio de reduções enzimáticas produzem propenilbenzenos e/ou alilbenzenos e, por meio de oxidações com degradação das cadeias laterais, geram aldeídos aromáticos (PASSOS, 2009).



**Figura 4:** Origem dos Fenilpropanóides a partir do ácido chiquímico  
**Fonte:** oetnobotanico.wordpress.com (2016)

Os terpenóides mais frequentes em óleos essenciais são membros das classes dos monoterpenos e sesquiterpenos (Figura 5), compostos que apresentam em suas estruturas uma e duas unidades de isopreno, respectivamente. Os monoterpenos são os mais representativos constituindo 90% dos óleos essenciais e com uma grande variedade estrutural e funcional (BAKKALI et al., 2008).

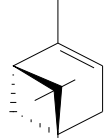


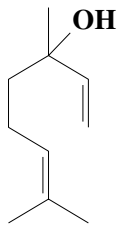
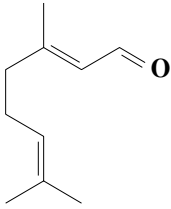
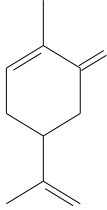
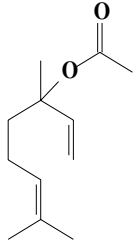
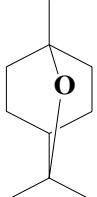
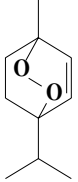
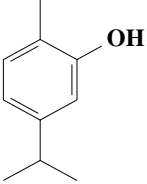


**Figura 5:** Exemplos de monoterpenos e sesquiterpenos.

Fonte: Simões & Spitzer, 2003.

A tabela 2 apresenta como os óleos essenciais consistem em constituintes pertencentes à várias funções orgânicas.

<b>HIDROCARBONETOS</b>	<b>Exemplo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acíclico: mirceno, ocimento, etc.</li> <li>• Monocíclico: terpinenos, <i>p</i>-cimeno, felandrenos, etc.</li> <li>• Bicíclico: pirenos, <math>\alpha</math>-3-careno, canfeno, sabineno, etc.</li> </ul>	 <b><math>\alpha</math>-pineno</b>

<p style="text-align: center;"><b>ALCOÓIS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acíclico: geraniol, linalol, citronelol, lavandulol, nerol, etc.</li> <li>• Monocíclico: mentol, <math>\alpha</math>-terpineol, carveol.</li> <li>• Bicídico: bomeol, fenchol, crisantenol, tuan-3-ol, etc.</li> </ul>	 <p style="text-align: center;">Linalol</p>
<p style="text-align: center;"><b>ALDEÍDOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acíclico: geranial, neral, citronelal, etc.</li> </ul>	 <p style="text-align: center;">Geranial</p>
<p style="text-align: center;"><b>CETONA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acíclica: tagetona</li> <li>• Monocíclico: mentonas, carvona, pulegona, piperitona, etc.</li> <li>• Bicídico: cânfora, fenchona, tuiona, ombelulona, pinocanfona, pinocarvona, etc.</li> </ul>	 <p style="text-align: center;">Carvona</p>
<p style="text-align: center;"><b>ÉSTERES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acíclico: propianato ou acetato de linálila, acetato de citronelila, etc.</li> <li>• Monocíclico: acetato de mentila ou acetato de terpinila, etc.</li> <li>• Bicídico: acetato de isorbonila, etc.</li> </ul>	 <p style="text-align: center;">Acetato de linalila</p>
<p style="text-align: center;"><b>ÉTERES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,8 – cineol, mentofurano, etc.</li> </ul>	 <p style="text-align: center;">1,8-cineol</p>
<p style="text-align: center;"><b>PERÓXIDOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ascaridol, etc.</li> </ul>	 <p style="text-align: center;">Ascaridol</p>
<p style="text-align: center;"><b>FENÓIS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Timol, carvacrol, etc.</li> </ul>	 <p style="text-align: center;">Carvacrol</p>

**Tabela 2:** Classificação dos constituintes voláteis dos óleos essenciais segundo ao grupo funcional a que pertencem.

**Fonte:** RODRIGO (2014)

Os óleos essenciais de eucalipto estão divididos, basicamente, em três grupos principais, em função do seu uso final, quais sejam: óleos medicinais, óleos industriais e óleos para perfumaria. Os óleos medicinais são aqueles que apresentam como componente principal o cineol, em quantidade mínima de 70 %, e são destinados à fabricação de produtos farmacêuticos (inalantes, estimulantes de secreção nasal, produtos de higiene bucal ou, simplesmente, com função de dar sabor e aroma aos medicamentos). A principal espécie produtora deste tipo de óleo no Brasil é a *Corymbia globulus* havendo também algumas referências de extração a partir da *Corymbia smithii*.

Os óleos industriais têm como componente principal o felandreno, que é usado com solvente e matéria prima na produção de desinfetantes e desodorizantes, e a piperitona, a partir da qual é fabricado o timol (preservativo para gomas, pastas, colas, etc.) e o mentol (usado como aromatizante de produtos medicinais). No Brasil, não ocorre uma exploração intensiva de espécies que produzem este tipo de óleo. Os óleos de eucalipto também estão presentes nas indústrias de perfumaria, fazendo parte da composição de perfumes para diversos fins, sendo mais usado nos produtos de limpeza, como sabões e desinfetantes.

A *Corymbia citriodora* é a principal espécie explorada no Brasil para a produção deste tipo de óleo, apresentando como componente principal o citronelal. O rendimento na produção de óleo no *C. citriodora* é de aproximadamente 1,6% (aproximadamente 250 kg ha<sup>-1</sup>) sendo que possui em suas folhas um teor de óleo contendo de 65% a 85% de citronelal, muito usado na indústria de perfumaria. Estes rendimentos e o teor de citronelal são dependentes de alguns fatores externos, tais como: clima, condições de plantio, solo, origem das plantas, presença de macro nutrientes e boro no crescimento das plantas, entre outros (CINIGLIO, 1993) (MAFEIS et al., 2000).

Na composição do óleo do *C. citriodora* encontra-se, além do citronelal, geraniol, cineol, isopulegol, pinenol e sesquiterpenos. Segundo Mafeis et al. (2000), o teor de óleo que pode ser extraído do *C. citriodora* é afetado pela omissão de alguns macros e micronutrientes, por exemplo, a ausência de nitrogênio e boro comprometem a produção de folhas o que leva a uma redução na produtividade de óleo. No caso da ausência de potássio (K) e boro (B) o teor de citronelal não chega a 70%.

Entre as mais de 900 espécies e subespécies de eucalipto descritas na literatura, pouco mais de 200 foram examinadas com relação à produção e teor de óleos essenciais, e menos de 20 têm sido citadas como usadas na exploração comercial (DORAN, 1991). Segundo estes autores os óleos essenciais de eucalipto estão divididos, basicamente, em três grupos: de uso medicinal (Tabela 3), uso industrial (Tabela 4) e uso para perfumaria (Tabela 5).

Espécies	Componente Principal		Rendimento
	Nome	Teor (%)	(%)
<i>E. camaldulensis</i>	Cineol	80-90	0,3 a 2,8
<i>E. cneorifolia</i>	Cineol	40-90	2,0
<i>E. dives</i> var. cineol	Cineol	60-75	3,0 a 6,0
<i>E. dumosa</i>	Cineol	33-70	1,0 a 2,0
<i>E. elaeophara</i>	Cineol	60 a 80	1,5 a 2,5
<i>E. globulus</i>	Cineol	60 a 85	0,7 a 2,4
<i>E. lecoxylon</i>	Cineol	65 a 75	0,8 a 2,5
<i>E. oleosa</i>	Cineol	45 a 52	1,0 a 2,1
<i>E. polybractea</i>	Cineol	60 a 93	0,7 a 5,0
<i>E. radiata</i> subesp. radiata var. cineol	Cineol	65 a 75	2,5 a 3,5
<i>E. sideroxylon</i>	Cineol	60 a 75	0,5 a 2,5
<i>E. smithii</i>	Cineol	70 a 80	1,0 a 2,2
<i>E. tereticornis</i>	Cineol	45	0,9 a 1,0
<i>E. viridis</i>	Cineol	70-80	1,0 a 1,5

**Tabela 3:** Principais espécies de eucalipto utilizadas para a produção de óleo essencial medicinal – rendimento em base de peso de folha seca, classificação conforme uso e teor principal.

**Fonte:** Lassak (1988) e Doran (1991) citados por Vieira (2004).

Espécies	Componente Principal		Rendimento
	Nome	Teor (%)	(%)
<i>E. dives</i> (var. felandreno)	Felandreno	60 a 80	1,5 a 5,0
<i>E. dives</i> (var. piperitona)	Piperitona	40 a 56	3,0 a 6,5
<i>E. elata</i> (var. piperitona)	Piperitona	40 a 55	2,5 a 5,0
<i>E. radiata</i> subesp. radiata var. felandreno	Felandreno	35 a 40	3,0 a 4,5

**Tabela 4:** Principais espécies de eucalipto utilizadas para a produção de óleo essencial industrial – rendimento em base de peso de folha seca, classificação conforme uso e teor principal.

**Fonte:** Lassak (1988) e Doran (1991) citados por Vieira (2004).

Espécies	Componente Principal		Rendimento
	Nome	Teor (%)	(%)
<i>C. citriodora</i> (var. citronelal)	Citronelal	65 a 80	0,5 a 2,0
<i>E. macarthurii</i>	Ác.de geraniil	60 a 70	0,2 a 1,0
<i>E. staigerana</i>	Citral (a+b)	16 a 40	1,2 a 1,5

**Tabela 5:** Principais espécies de eucalipto utilizadas para a produção de óleo essencial de perfumaria – rendimento em base de peso de folha seca, classificação conforme uso e teor principal.

**Fonte:** Lassak (1988) e Doran (1991) citados por Vieira (2004).

O estudo dos óleos essenciais pode ser bastante árduo, uma vez que surgem diversas dificuldades como, por exemplo, a existência de um elevado número de componentes minoritários e vestigiários, que por vezes podem ser os responsáveis pelas propriedades biológicas e/ou sensoriais atribuídas às plantas.

### 3.4 Métodos de extrações do óleo essencial

Outro aspecto importante quanto aos óleos essenciais refere-se à forma de obtenção. Os óleos essenciais podem ser extraídos através de inúmeras técnicas e suas propriedades dependem do tipo de extração. O método de extração depende da localização do óleo volátil na planta, a proposta de utilização do mesmo e de características próprias dos constituintes.

Podem-se destacar os métodos amplamente utilizados em: enfloração, extração por arraste a vapor, hidrodestilação, extração por solventes orgânicos, prensagem e extração por CO<sub>2</sub> supercrítico (LASZLO, 2001).

O método enfloração ou enfleurage foi muito utilizado no passado, mas atualmente é empregado em apenas algumas indústrias de perfumes. Consiste na composição de pétalas a temperatura ambiente sobre uma camada de gordura durante um período de tempo suficiente para o óleo essencial se depositar nela. Posteriormente, essas pétalas esgotadas são substituídas por novas até a saturação total. A gordura é então tratada com álcool, que em seguida é destilado a baixas temperaturas e o produto final possui alto valor comercial.

O processo de arraste a vapor é o processo de extração mais utilizado e consiste em colocar o material vegetal no destilador, que, através da passagem do vapor pelo material vegetal, extrai os compostos aromáticos voláteis da planta; passa através do

sistema de condensação e coletado em um recipiente de decantação, onde a água separa-se naturalmente do óleo assim formado. O óleo essencial, assim que obtido é colocado em funil de decantação para que haja uma separação minuciosa da água. Posteriormente é envasado em vidro âmbar e mantido em locais abrigados de temperaturas elevadas e luminosidades (CASTRO, et al., 2005).

Na extração com solventes orgânicos, os óleos voláteis são extraídos, preferencialmente, com solventes apolares (éter, éter de petróleo ou diclorometano) que, além dos óleos voláteis, extraem outros compostos lipofílicos. O processo consiste em se colocar o solvente orgânico em contato com a matriz vegetal por um intervalo de tempo suficiente para que ocorra a transferência dos constituintes solúveis presentes na planta para o solvente. Separa-se então a fase sólida da líquida e por evaporação do solvente se obtêm o óleo essencial (SILVEIRA, et al. 2012).

Na extração por fluídos supercríticos, por sua vez, os gases, acima de uma determinada temperatura e pressão, passam para um estado intermediário entre o líquido e o gasoso, ou seja, tornam-se “supercríticos”, podendo então agir como solventes. Diversas substâncias podem ser utilizadas como solventes supercríticos como, por exemplo, metano, etano e etileno. No entanto o CO<sub>2</sub> é o de escolha mais abrangente, pois apresenta facilidade de separação de soluto, por ser extremamente volátil, não tóxico, não inflamável, relativamente barato e não apresenta odor.

O método mais simples e que foi utilizado nesta pesquisa é a hidrodestilação. Consiste em um sistema onde a matéria prima é colocada juntamente com água, em seguida, o balão contendo a mistura é ligado a um condensador por onde há fluxo de água para refrigeração. A mistura água e matéria prima são aquecidas diretamente e o vapor produzido na destilação condensa-se no condensador e é recolhido. A separação se faz facilmente pelo fato do óleo e água não serem miscíveis. O óleo volátil obtido, após separar-se da água, deve ser seco com Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anidro (LASZLO, 2001).

Distinguem-se três tipos de técnicas de destilação: a destilação em água, também designada por hidrodestilação, a destilação em água com arrastamento de vapor e a destilação por arrastamento de vapor. A hidrodestilação e a destilação em água com arrastamento de vapor são técnicas que são mais utilizadas nos destiladores mais simples. A simplicidade do equipamento, o baixo custo e sua versatilidade que são características que levam a maioria das indústrias de menor dimensão a optarem por essas técnicas.

A hidrodestilação com retorno da fase aquosa destilada para a caldeira fundamenta a técnica homologada pelas principais farmacopeias ocidentais para

isolamento de óleos essenciais, com vista ao seu doseamento em plantas aromáticas. A simplicidade e funcionalidade do aparelho de Clevenger modificado, inscrito na farmacopeia Portuguesa VIII, fez com que ele seja adotado pela maioria dos investigadores.

### **3.5 Utilidades dos Óleos Essenciais no Mercado**

No mercado internacional o Brasil é o décimo maior importador de óleos essenciais e o quarto maior exportador somando US\$ 98 bilhões em 2004. Existem hoje aproximadamente 3.000 óleos conhecidos e 300 comercializados, sendo os seis principais produzidos e exportados os óleos de laranja, limão Taiti, eucalipto, pau rosa, lima e capim-limão (BARATA, 2007).

A indústria brasileira de cosméticos é a principal responsável pelo volume de produção e consumo de óleos essenciais no Brasil. O faturamento com esse comércio passou de 4,9 bilhões de reais em 1996 para 21,7 bilhões de reais em 2008, com isso, tornou-se a terceira maior indústria cosmética do mundo, atrás apenas de EUA e Japão (FERRAZ et al., 2009). Em 2010 o mercado de perfumes, cosméticos e produtos de higiene foi de R\$ 27,3 bilhões. A estimativa para o ano de 2015 foi de aproximadamente R\$ 50 bilhões. Em termos de produção de óleo essencial, o Brasil tem lugar de destaque ao lado de Índia, China e Indonésia, que são considerados os grandes produtores mundiais (BIZZO et al., 2009).

O uso de extratos e óleos essenciais na indústria de cosméticos e, em particular, no ramo de perfumes remonta à Antiguidade. Na China, na Índia e no Oriente Médio, as plantas aromáticas, os óleos, as águas perfumadas e preparações cosméticas eram utilizadas na cozinha, em cosméticos, na medicina e nas práticas religiosas. A indústria de cosméticos moderna foi procurar na sabedoria milenar da fitoterapia as receitas para hidratação e relaxamento da pele e do cabelo (SIMÕES et al., 2007)

Os produtos vindos de fontes naturais como, por exemplo, os óleos essenciais, são muito requisitados pelos consumidores das indústrias de cosméticos, perfumes, farmacêuticas entre outras. Para garantir a autenticidade desses produtos o teor e a composição química são geralmente avaliados. Outro parâmetro imprescindível é a análise da pureza enantiomérica de compostos quirais.

As substâncias químicas responsáveis pelo efeito terapêutico das plantas medicinais são o ponto de partida para a síntese de produtos químicos e farmacêuticos movimentando milhões de dólares por ano (SIMÕES et al., 2007).

Além dos óleos essenciais obtidos de plantas, produtos sintéticos são localizados no mercado. Esses óleos sintéticos podem ser imitações dos naturais ou composições de fantasia. Para o uso farmacêutico, somente os naturais são aceitos pelas farmacopeias. Exceções são aqueles óleos que contém somente uma substância, como o óleo de baunilha, que contém vanilina. Nesses casos, algumas farmacopeias admitem também os equivalentes sintéticos (SIMÕES, et al., 2007).

### **3.6 Fatores de influência na produção e qualidade do óleo essencial de eucalipto**

São vários os fatores que têm sido citados por exercerem influência na obtenção de óleos essenciais de eucalipto. Os mais típicos são: a variabilidade genética, a idade da folha, as condições ambientais, o tipo de manejo florestal, e os métodos utilizados para amostragem das folhas, os processos de extração e de análise do óleo.

A variabilidade genética, de forma geral, é considerada um instrumento valioso para a realização de trabalhos de melhoramento, visando o incremento na produção de óleo e o aumento da quantidade do componente químico desejado. Ela tem sido um fator bastante estudado e, talvez, o que apresenta o maior número de referências de resultados, em se tratando de óleos essenciais de eucalipto. Alguns estudos fazem referências de ganhos significativos na produção de determinadas espécies. De acordo com Vitti e Brito (2003), Donalísio (1986) menciona que trabalhos de melhoramento realizados com *C. citriodora* permitiram ganhos de rendimento de óleo, em torno de 1 %, o que significa cerca de 10 kg de óleo a mais para cada tonelada de folha destilada.

Barton et al. (1991) estudando *E.kochii*, observou que, em populações naturais da espécie, o rendimento em óleo era de 2 %, enquanto que, na população melhorada, o valor saltou para de 2,8 %, ou seja, 8 kg de óleo a mais por tonelada de folha destilada. Além disso, relata a possibilidade de se obter aumento no teor de cineol, mediante a seleção de material genético (VITTI; BRITO, 2003).

Vitti e Brito (1999) observaram a ocorrência de comportamentos distintos na produção de biomassa foliar, rendimento em óleo e teor de citronelal, entre grupos de procedências de *C. citriodora* com origem norte e sul do Estado de Queensland, Austrália,



e raças locais cultivadas no Brasil. O grupo de origem norte australiano apresentou as maiores médias, tornando-se o mais indicado para a produção de óleo essencial na região de Itatinga, Estado de São Paulo. O autor conclui ser possível aumentar-se a produção de óleo e de citronelal por meio de seleção de procedências de sementes.

Doran (1991) em revisão realizada sobre o tema, comenta que existiria uma maior variação genética natural no rendimento em óleo essencial do que em relação à sua composição química. Com isso, segundo o autor, seria mais fácil trabalhar-se geneticamente no sentido do aumento da quantidade de óleo presente nas folhas do que na tentativa de se obter um maior teor do componente químico desejado no óleo. Esta afirmação, no entanto, deve ser analisada com bastante cautela, sobretudo, no sentido de não haver a interpretação florestal de que a qualidade do óleo não deva ser considerada nos trabalhos de melhoramento. Tal avaliação é sempre necessária, para a garantia da seleção de um óleo com propriedades cada vez mais adequadas ao uso final. Além da possibilidade da seleção de materiais que apresentem maior rendimento em óleo e maior teor do componente principal, a variabilidade genética das espécies produtoras de óleo de eucalipto pode ainda ser usada em chaves de identificação de espécies, subespécies e/ou variedades.

Segundo Brooker, et al. (1988) e Doran (1991) sobre a idade da folha, de um modo geral, para as espécies de eucaliptos produtoras de óleo, observa-se a presença de glândulas desde o início do desenvolvimento destas, existindo a expectativa de que os teores e as características do produto obtido variem com a evolução da idade das mesmas. Na tentativa de permitir uma melhor compreensão sobre o assunto, Penfold e Willis (1961) propõem a existência de 5 tipos morfológicamente distintos de folhas durante o tempo de vida da árvore, cada um correspondendo a um estágio de desenvolvimento.

Desse modo, na planta poderiam existir:  $\frac{3}{4}$  folhas cotiledonares;  $\frac{3}{4}$  folhas de plântulas, num total aproximado de 5 a 10 pares de folhas acima dos cotilédones;  $\frac{3}{4}$  folhas juvenis, que apresentam características morfológicas diferentes das folhas adultas e podem persistir por alguns anos;  $\frac{3}{4}$  folhas intermediárias, que ocorrem numa transição gradual entre os estágios 3 e 5, e  $\frac{3}{4}$  folhas adultas, que são a maioria das folhas de uma árvore madura. Ainda segundo os autores, tais fases ocorreriam de formas bem distintas, e não deveriam ser confundidas com a idade fisiológica da folha. Neste caso, seriam chamadas de "folhas jovens", aquelas que apresentam idade de aproximadamente um mês ou menos, e, em geral, estão localizadas nas extremidades; as "folhas maduras" seriam

aquelas com idade de aproximadamente 6 meses e as "folhas velhas" estariam situadas entre 12 e 18 meses de idade.

Ainda segundo Penfold e Willis (1961), a média de vida normal das folhas de eucalipto é de aproximadamente 18 meses, o que pode estar sujeito a uma ampla variação, existindo folhas que permanecem somente poucos meses, nos casos de espécies de crescimento rápido, e por 3 a 4 anos, no caso das espécies de crescimento mais lento.

Boland et al. (1982) relatam que para o *E. delegatensis*, o rendimento de óleo de folhas de plântulas é invariavelmente muito menor que os observados nas demais outras fases. Afirma ainda que a comparação entre as fases juvenil, intermediária e a adulta são inconstantes e parecem depender muito da espécie. Por outro lado, Mwangi et al. (1981) trabalhando com amostras de folhas de *C. citriodora* de diferentes locais no Quênia, concluíram que o rendimento em óleo essencial e a sua composição química não estão relacionados com a variação sazonal e também não dependem da idade da árvore. Pelo exposto, verifica-se que não existe uma tendência muito clara sobre a influência da idade da folha sobre a produção de óleo essencial de eucalipto, havendo necessidade de mais estudos para melhores definições sobre o assunto.

### **3.7 Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas para caracterização de Óleos Essenciais**

A cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas é recomendada para analisar óleos essenciais por dar maior segurança na identificação dos picos individuais e controlar a pureza de um pico cromatográfico e é um importante método na análise de substâncias orgânicas. Enquanto a cromatografia gasosa separa os componentes de uma mistura, a espectroscopia de massa irá caracterizar cada um dos componentes, individualmente. A combinação dessas duas técnicas permite tanto uma análise qualitativa como quantitativa e avalia uma solução contendo uma série de produtos químicos.

Assim, esse método permite a separação dos componentes e ainda fornece um espectro de massas para cada pico, que geralmente indica a massa molecular e o padrão de fragmentação. Esse último pode ser comparado com aqueles constantes numa biblioteca de espectros de massa que geralmente é instalada no computador (LASZLO, 2001).

Na análise da CG/EM, uma quantidade pequena da amostra a ser analisada é injetada no cromatógrafo a gás. A amostra é vaporizada e introduzida em um fluxo de um gás adequado denominado de fase móvel (FM) ou gás de arraste – específico para cada detector. Este fluxo de gás com a amostra vaporizada passa por um tubo contendo a fase estacionária FE (coluna cromatográfica), onde ocorre a separação da mistura. A FE pode ser um sólido adsorvente (Cromatografia Gás-Sólido) ou, mais comumente, um filme de um líquido pouco volátil, suportado sobre um sólido inerte (Cromatografia Gás-Líquido com Coluna Empacotada ou Recheada) ou sobre a própria parede do tubo (Cromatografia Gasosa de Alta Resolução).

As substâncias são separadas da coluna dissolvida no gás de arraste e passam por um detector; dispositivo que gera um sinal elétrico proporcional à quantidade de material eluído. O registro deste sinal em função do tempo é o cromatograma, sendo que as substâncias aparecem nele como picos com área proporcional à sua massa, o que possibilita a análise quantitativa. A CG é aplicável para separação e análise de misturas cujos constituintes tenham pontos de ebulição de até 300°C e que sejam termicamente estáveis.

Esta técnica foi idealizada desde o início por Martin e Synge. Um dos últimos princípios utilizados foi o da cromatografia por troca iônica. Um trocador de íons é um composto que porta íons relativamente móveis, que podem, em presença de uma solução, serem trocados pelos íons livres da solução. Em 1856, Thompson colocou este fenômeno em evidência. Depois, em 1907, Gans preparou trocadores de íons artificiais. Em 1976, foi introduzido o conceito de cromatografia a média pressão para a separação de diastereoisômeros de oxazolidinas.

As técnicas de separação diminuem a complexidade da amostra, “amplificando” a informação no domínio do tempo, por isso se tornam particularmente valiosas para análises *fingerprint*. No entanto, em amostras biológicas é comum encontrar compostos polares, juntamente com apolares, ionizáveis e não ionizáveis. Assim sendo, torna-se trabalhoso o desenvolvimento de um método de análise que admita a detecção de todos esses compostos em uma única corrida cromatográfica (CHEN et al., 2009).

Analisada como uma das mais adequadas abordagens para a avaliação da qualidade das plantas medicinais, a técnica de *fingerprint* cromatográfico fornece o perfil de uma amostra extraída. Assim, métodos para análise dessas “impressões digitais” químicas (*fingerprint*) têm sido ampliados para avaliar a qualidade das plantas

comercializadas. A cromatografia líquida tem sido aceita pela OMS para a avaliação da qualidade de medicamentos fitoterápicos.

Outra aplicação da análise de um perfil cromatográfico diz respeito ao estabelecimento de parâmetros químicos que permitam avaliar, entre outras coisas, a diferenciação entre espécies botanicamente semelhantes, os efeitos da sazonalidade, a diferenciação de amostras por espécie ou origem geográfica e a alcance de diferentes condições de cultivo.

Sabendo que o conteúdo de metabólitos secundários em uma planta é afetado pela sua afinidade com o meio ambiente, tais como: sazonalidade, temperatura, disponibilidade hídrica, exposição à radiação ultravioleta, altitude, composição atmosférica, solo, entre outras; e que esta variação pode afetar seus efeitos terapêuticos, torna-se necessário, para uma caracterização completa da planta estudada, uma análise total dos seus constituintes químicos.

## **4 METODOLOGIA**

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Pesquisa em Química Orgânica no Centro de Educação e Saúde – CES *Campus* Cuité da Universidade Federal de Campina Grande e teve duração de sete meses compreendendo meses entre maio de 2014 a setembro de 2015. As análises da composição química dos óleos essenciais foram realizadas por meio de Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massa (CG-EM) na Central Analítica do Departamento de Química da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

### **4.1 Obtenção do material vegetal**

Para a obtenção do material vegetal, foram utilizadas folhas frescas da espécie *Corymbia citriodora* da família *Myrtaceae* coletados no Sítio Linha dos Pereiras, município de Jaçanã – RN, localizado na microrregião da Borborema Potiguar. As folhas foram coletadas e o processo de extração do óleo essencial ocorreu no mesmo dia para evitar a perda de constituintes voláteis do mesmo. As coletas foram efetuadas em duas etapas entre os meses de maio, junho e julho de 2014 e os meses de junho, julho, agosto e setembro de 2015 totalizando 11 amostras conforme a Tabela 6. As coletas foram realizadas em diferentes datas e períodos com o intuito de se investigar a diferença do rendimento do óleo de acordo com o horário e período de extração.

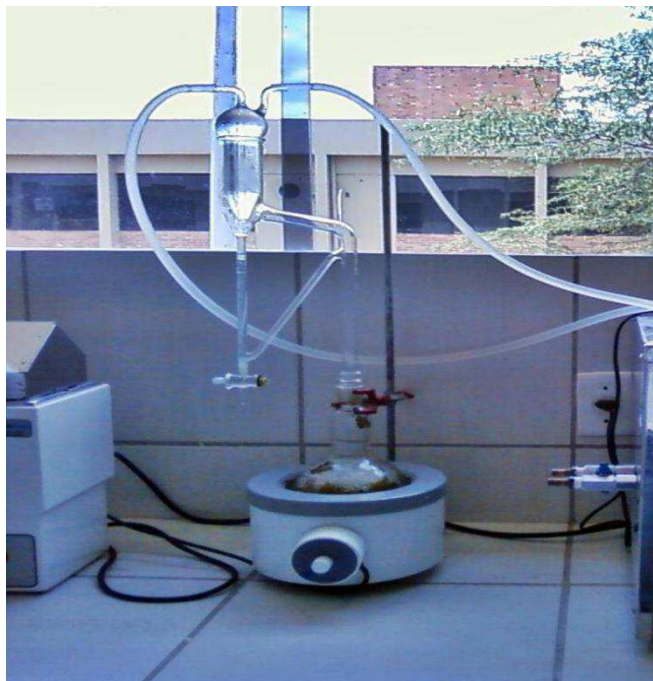
Amostras	Data da coleta	Hora da coleta
Amostra 1 (OECCM)	23/05/2014	06:00 h
Amostra 2 (OECCT)	18/06/2014	13:00 h
Amostra 3 (OECCT)	27/06/2014	13:00 h
Amostra 4 (OECCM)	04/07/2014	07:00 h
Amostra 5 (OECCT)	09/07/2014	13:00 h
Amostra 6 (OECCM)	05/06/2015	06:00 h
Amostra 7 (OECCM)	02/07/2015	06:30 h
Amostra 8 (OECCT)	06/07/2015	13:30 h
Amostra 9 (OECCM)	30/07/2015	07:00 h
Amostra 10 (OECCT)	21/08/2015	14:00 h
Amostra 11 (OECCT)	03/09/2015	14:30 h

**Tabela 6:** Descrição do material coletado para a extração dos óleos essenciais das folhas da espécie *Corymbia citriodora* OECCM = óleo essencial da *Corymbia citriodora* extraído no período da manhã; OECCT = óleo essencial da *Corymbia citriodora* extraído no período da tarde.

**Fonte:** a Autora (2016)

## 4.2 Extração do óleo essencial de *Corymbia citriodora* por Hidrodestilação

A extração do óleo essencial das folhas frescas da espécie vegetal *Corymbia Citriodora* ocorreu no mesmo dia de coleta de cada amostra e foi realizada no Laboratório de Pesquisa em Química Orgânica da UFCG *campus* Cuité por meio do método de hidrodestilação no qual utilizamos um aparato do tipo Clevenger modificado (TREVISAN *et al.*, 2006). Este método consiste em uma manta aquecedora, balão de fundo redondo com capacidade de um litro e sistema de condensação a vapor com circulação de água gelada, conforme mostrado na figura 6.



**Figura 6:** Sistema de Hidrodestilação Tipo Clevenger modificado

**Fonte:** a Autora (2016).

Após a pesagem do material vegetal fresco em balança analítica, o qual variou de 98,2 g a 103,0 g de acordo com cada amostra, o mesmo foi inserido no balão de fundo redondo em contato direto com aproximadamente 400 mL de água destilada sob aquecimento até ebulição e permanecendo na mesma temperatura por duas horas, com circulação de água gelada no condensador.

O óleo obtido foi retirado com auxílio de pipeta de Pasteur e foi adicionado, ao mesmo, sulfato de sódio anidro para remoção da água. O óleo foi, então, armazenado em recipiente de vidro limpo, devidamente pesado, identificado com o frasco envolto em papel alumínio para evitar degradação de seus componentes por energia luminosa e mantidos a baixas temperaturas devido à sua característica de volatilidade.

A partir da equação 1 foi calculado o rendimento do óleo essencial da *Corymbia citriodora*.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{massa do óleo extraído (g)}}{\text{massa de folhas frescas do balão (g)}} \times 100$$

**Equação 1:** Cálculo do rendimento de óleo essencial da *Corymbia citriodora*

### 4.3 Análise do óleo essencial por Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM)

As análises por cromatografia gasosa foram realizadas na Central Analítica do Departamento de Química da UFPE, através da técnica de Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas em espectrômetro do tipo Hewlett-Packard (HP) 5971 com detector seletivo de massa acoplado a um cromatógrafo gasoso HP 5890.

Para a quantificação dos componentes dos óleos essenciais, amostras de 1 µL foram injetadas no cromatógrafo gasoso e a separação dos analitos foi obtida por uma coluna capilar de sílica fundida HP dimetilpolisiloxano DB-1 (30 m x 0.25 mm). A amostra foi vaporizada e arrastada por um fluxo do gás Hélio para dentro da coluna capilar com velocidade linear de 1 mL/min. O programa de temperatura do forno foi: temperatura inicial 35°C, 35-180°C a 4°C/min, seguido por 180-250°C a 10°C/min. A temperatura do injetor é 250°C, a temperatura da linha de transferência foi ajustada para 280°C.

Na proporção de saída de cada componente da mistura pela coluna de CG, eles foram transportados para o espectrômetro de massas, onde as moléculas foram bombardeadas por elétrons de alta energia levando à formação dos íons e dos fragmentos, gerando o espectro de massas (RONSANI, 2010). Os parâmetros do espectrômetro de massas foi de 200°C, o processo de ionização foi por impacto de elétrons (IE) com energia de 70 eV e a corrente do filamento foi de 34.6 µA.

A identificação dos compostos foi realizada pela comparação dos espectros de massas obtidos experimentalmente com os espectros que estão disponíveis na base de dados do equipamento utilizado. Comparamos também o tempo de retenção relativo calculado com aqueles da literatura (ADAMS, 1995 citado por PEREIRA, 2010).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Obtenção do material vegetal e extração do óleo essencial

Em termos de obtenção, os resultados das amostras que foram obtidas estão apresentados na tabela 7 a qual mostra as respectivas massas de acordo com o dia e horário em que foram coletados.

	Data da coleta	Hora da coleta	Massa de material coletado (g)
Amostra 1 (OECCM)	23/05/2014	6:00 h	103,0
Amostra 2 (OECCT)	18/06/2014	13:00 h	99,0
Amostra 3 (OECCT)	27/06/2014	13:00 h	103,0
Amostra 4 (OECCM)	04/07/2014	07:00 h	101,0
Amostra 5 (OECCT)	09/07/2014	13:00 h	97,02
Amostra 6 (OECCM)	05/06/2015	6:00 h	99,03
Amostra 7 (OECCM)	02/07/2015	6:30 h	101
Amostra 8 (OECCT)	06/07/2015	13:30 h	98,2
Amostra 9 (OECCM)	30/07/2015	7:00 h	102,2
Amostra 10 (OECCT)	21/08/2015	14:30 h	101,1
Amostra 11 (OECCT)	03/09/2015	14:10 h	99,05

**Tabela 7:** Massas de material coletado de acordo com o dia e hora da coleta. *OECCM* = óleo essencial da *Corymbia citriodora* extraído no período da manhã; *OECCT* = óleo essencial da *Corymbia citriodora* extraído no período da tarde.

**Fonte:** Dados da pesquisa (2016).

As amostras foram coletadas à temperatura ambiente, com uma boa umidade relativa e, por meio de teste de pH, verificamos que as amostras apresentavam pH constante entre 4,5 e 5,0. O método de hidrodestilação utilizado para obtenção dos óleos essenciais por meio do aparato do tipo Clevenger modificado (TREVISAN et al., 2006), nos forneceu resultados que podem ser resumidos na Tabela 8, apresentada no item 5.2, a qual mostra os dados resultantes da extração com os respectivos rendimentos.

O óleo foi extraído das folhas de *Corymbia citriodora* em datas e horas diferentes. Isto permitiu a investigação da diferença do rendimento do óleo de acordo com o horário e período de extração. Foi verificado que no período da tarde, o rendimento do óleo extraído foi maior.

Este dado era esperado, uma vez que, segundo Azambuja (2016), períodos secos oferecem menores teores de umidade nas folhas e, conseqüentemente, maior rendimento em óleo e citronelal. Para Vitti; Brito (2003) a respeito de relatos obtidos junto a produtores, há a indicação da ocorrência de variações na produção em função dos diferentes ambientes, sendo mencionada influência do tipo de solo, da época do ano e da



temperatura. Oliveira et al. (2014) também destacam esta informação defendendo que o melhor período de coleta ocorre pela manhã até o início da tarde e na estação mais seca a fim de obter maiores rendimentos. Os detalhes sobre o rendimento do óleo essencial estão detalhados do item 5.2 a seguir.

### 5.2 Rendimento do óleo essencial extraído da *Corymbia citriodora*

A partir da análise realizada e por meio dos cálculos realizados por meio da formula 1 descrita no item 4.1 deste trabalho, obtivemos que as amostras 9, 3 e 10 apresentaram os três maiores rendimentos de óleo essencial, respectivamente e, como podemos observar conforme mostra a tabela 8, a variação de horário e período do ano influenciou no rendimento do óleo.

Amostras	Data da coleta	Hora da coleta	Rendimento de óleo essencial em %
9	30/07/2015	13:00 h	1,57
3	27/06/2014	13:00 h	1,51
10	21/08/2015	14:30 h	1,49
4	04/07/2014	07:00 h	1,41
11	03/09/2015	14:10 h	1,41
5	09/07/2014	13:00 h	1,36
8	06/07/2015	13:30 h	1,25
6	05/06/2015	6:00 h	1,23
7	02/07/2015	6:30 h	1,16
1	23/05/2014	6:00 h	0,58
2	18/06/2014	13:00 h	0,35
<b><i>Corymbia citriodora</i> – Vieira (2004)</b>			<b>1,3% à 1,8%</b>

**Tabela 8:** Resultados dos rendimentos do óleo essencial em % de acordo com o horário e período de extração.

**Fonte:** Dados da pesquisa (2016)

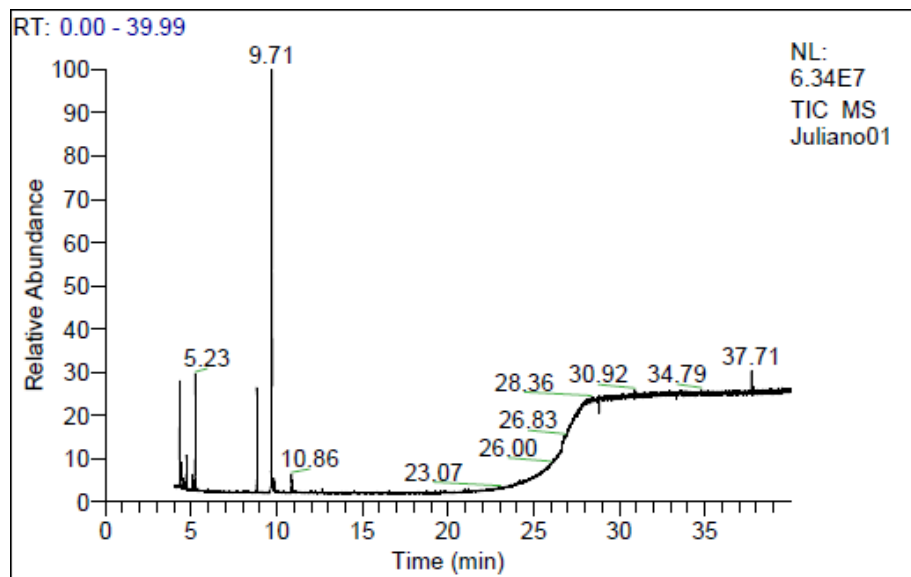
Como podemos notar, os rendimentos foram distintos nos diferentes períodos de coleta indicando que houve diferença significativa associada à estação do ano. Os maiores rendimentos foram observados no início da tarde, havendo apenas poucas exceções, como na amostra 4 que foi coletada no período da manhã e apresentou alto rendimento e a amostra 2 que foi coletada no início da tarde e apresentou o menor rendimento. Em suma,

os resultados obtidos assemelham-se aos encontrados na literatura, entretanto, em termos práticos, a possibilidade de desvios do padrão é existente e conclusões sobre essas diferenças nos rendimentos só poderão ser feitas a partir de dados da composição química destes óleos.

Ainda observando a tabela 8, de acordo com Vieira (2004) o óleo de eucalipto costuma apresentar um rendimento de 1,3% a 1,8% de óleo. Em outros artigos sobre o gênero analisados na literatura, foram observados rendimentos variando entre 0,5 a 2% de óleo (VILAÇA et al., 2005, FELIZARDO et al., 2016, CASTRO et al., 2008, VITTI; BRITO, 1999). Em comparação a estes dados, o rendimento obtido em nosso experimento de óleo de essencial extraído da espécie *Corymbia citriodora* encontradas, que variou de 0,35 a 1,57%, na microrregião da Borborema Potiguar apresentou resultados coincidentes com os obtidos na literatura.

### **5.3 Caracterização dos Constituintes Químicos do Óleo Essencial da *Corymbia citriodora***

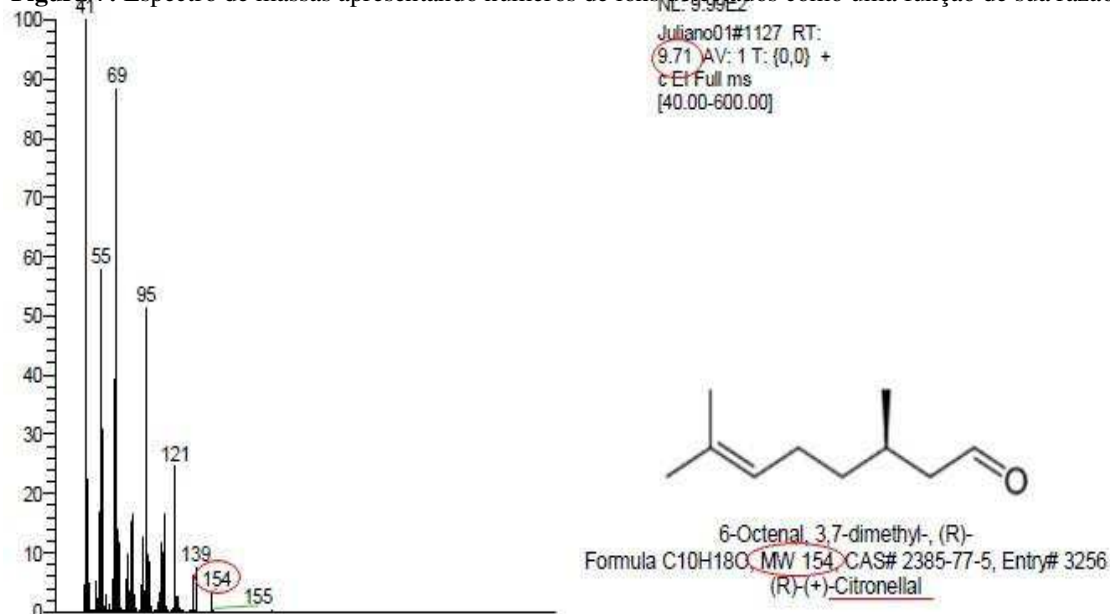
Através dos dados espectrométricos e de cromatografia foi possível a identificação e quantificação de um total de 25 constituintes presentes no óleo de *C. citriodora*. A partir da análise verificamos diferenças qualitativas e quantitativas ao comparar os diferentes meses. A caracterização foi realizada com base no tempo em que cada composto levou para movimentar-se. Este tempo é descrito como tempo de retenção, o qual é expresso nos gráficos do espectrômetro de massa. A figura 6 apresenta o cromatograma do óleo essencial da amostra 6.



**Figura 6:** Espectro de massas da amostra 6 de óleo essencial da *Corymbia citriodora*  
**Fonte:** Central Analítica do Departamento de Química – UFPE (2015)

A partir da análise do espectro de massas de cada amostra, foi possível identificar todos os componentes químicos presentes por meio do tempo de retenção apresentado em cada pico do espectro. Comparando os espectros de massas obtidos experimentalmente com os espectros que estão disponíveis na base de dados do equipamento utilizado, e verificando a massa molecular de cada componente, observamos que o pico de tempo de retenção em ênfase no espectro (9,71) corresponde à presença do composto citronelal (Figura 7).

**Figura 7:** Espectro de massas apresentando números de íons detectados como uma função de sua razão



**Fonte:** Central Analítica do Departamento de Química – UFPE (2015)

Foi verificado que o constituinte químico citronelal estava presente em todas as amostras e, como veremos no item 5.3, trata-se do componente majoritário das análises. Este resultado era esperado, uma vez que, segundo Braga (1971), o óleo essencial do *Corymbia citriodora* extraído a partir de folhas, apresenta, como componente principal de seu óleo, o citronelal, utilizado em indústrias de perfumaria, produtos de limpeza, de alimentos e farmacêuticas (OLIVEIRA et al., 2014).

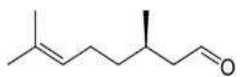
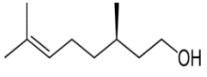
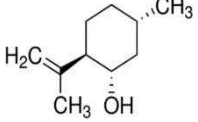
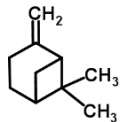
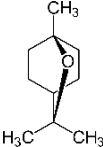
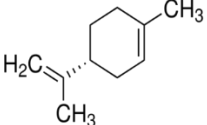
Salientamos que a análise descrita ao longo deste item foi realizada semelhantemente para todas as amostras de óleo extraído e utilizamos o exemplo do citronelal devido sua maioritariamente buscando evitar repetitividade nas explicações a respeito dos fragmentos gerados por cada componente químico.

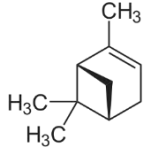
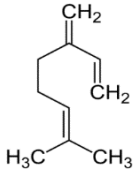
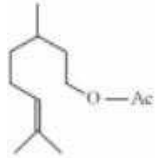
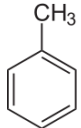
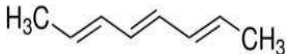
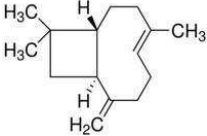
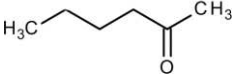

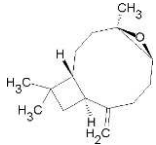

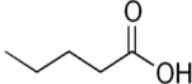
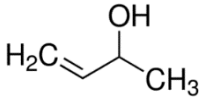
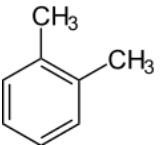
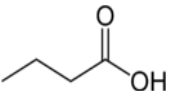
A maioria dos constituintes químicos caracterizados no óleo essencial de *C. citriodora* nesta pesquisa são monoterpenos, em seguida tem-se hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, sesquiterpenos, ácidos orgânicos monocarboxílicos, álcool e cetona. Estes compostos eram esperados uma vez que são verificados em muitos artigos

a respeito na literatura como, por exemplo, Pereira (2010) que caracteriza o óleo essencial do eucalipto como uma mistura complexa de uma variedade de monoterpenos e sesquiterpenos, fenóis, éteres, álcoois, ésteres, aldeídos e cetonas.

O citronelal e o citronelol foram caracterizados em todas as amostras. Ácido butanoico e Isopulegol estavam presentes em, pelo menos, mais de seis amostras. Os demais constituintes químicos foram caracterizados em cinco ou menos amostras.

Desta forma, o quadro 1 apresenta qualitativamente e de um modo geral quais foram os constituintes químicos caracterizados nas amostras analisadas de óleo essencial nesta pesquisa.

NOME DO COMPONENTE QUÍMICO/ ESTRUTURA QUÍMICA		
<p>Citronelal</p> 	<p>Citronelol</p> 	<p>Isopulegol</p> 
<p><math>\beta</math>-pineno</p> 	<p>Eucaliptol</p> 	<p>D-limoneno</p> 

<p><math>\alpha</math>-pineno</p> 	<p><math>\beta</math>-mirceno</p> 	<p>Acetato de Citronelol</p> 
<p>Tolueno</p> 	<p>2,4,6-Octatrieno</p> 	<p>Cariofileno</p> 
<p>2-hexanona</p> 	<p>Cis-2,6-dimetil-2,6-octadieno</p> 	<p>Oxido de cariofileno</p> 
<p>1-decano</p> 	<p>Ácido pentanóico</p> 	<p>3-buten-2-ol</p> 
<p>Xileno</p> 	<p>Ácido butanoico</p> 	

**Quadro 1:** Constituintes químicos do óleo essencial da *Corymbia citriodora* presentes nas amostras analisadas nesta pesquisa.

**Fonte:** a Autora (2016)

Além dos constituintes químicos apresentados no quadro 1, foram encontrados, em algumas amostras da análise, outros componentes que, por sua vez, não foram identificados.

A presença dos monoterpenos nos óleos essenciais de *C. citriodora* é verificada em inúmeros artigos sobre esta abordagem. Tomaz et al., (2014) em estudo realizado com óleo essencial de eucalipto obtido de plantas cultivadas em região diferente da utilizada neste estudo, descreveu a presença de hidrocarbonetos monoterpenos e monoterpenos oxigenados. Os hidrocarbonetos monoterpenos identificados pelos autores foram  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno, p-cimeno,  $\gamma$ -terpineno. Os monoterpenos oxigenados foram o 1,8-

cineol, acetato de  $\alpha$ -terpinila, acetato de citronelila, iso-isopulegol, neo-isopulegol, linalol, citronelal e citronelol.

Dongeski (2013), Pereira (2010) e Tomaz (2014) verificaram em seus estudos sobre o eucalipto a presença de sesquiterpenos como o cariofileno e óxido de cariofileno encontrados em nossas análises. A presença de ácidos orgânicos monocarboxílicos como o ácido butanoico e o ácido pentanóico; hidrocarbonetos como 1-decano, xileno, 2,4,6-octatrieno; a cetona 2-hexanona e álcoois como 3-buten-2-ol também são constituintes químicos do óleo essencial de *C. citriodora* de acordo com diversos estudos encontrados na literatura evidenciando que os resultados desta pesquisa foram apropriados frente à proposta de caracterização dos constituintes químicos das amostras de óleo essencial do eucalipto.

#### **5.4 Rendimento dos constituintes químicos do óleo essencial da *Corymbia citriodora***

Uma vez caracterizados os constituintes químicos do óleo essencial da *Corymbia citriodora*, utilizamos a equação 1 descrita no item 4.3 deste trabalho para obtermos o rendimento dos constituintes químicos presentes nos analitos. De acordo com esta análise, verificamos que cada amostra apresentou cerca de 5 a 17 componentes identificados mais os componentes não identificados, com tempo de retenção variando entre 3,52 e 26,61.

As cinco primeiras amostras foram analisadas no ano de 2014 e as demais no ano de 2015. Foi verificado que as análises de 2014 apresentaram mais constituintes químicos do que as análises de 2015. As diferenças de resultados de uma análise para outra devem-se a fatores como sazonalidade, condições edafoclimáticas tais como o clima, o relevo, a litologia, a temperatura, a humidade do ar, a radiação, o tipo de solo, o vento, a composição atmosférica e a precipitação pluvial. Sendo assim, estas variações na composição química e no teor dos constituintes presentes no óleo essencial podem estar relacionadas aos fatores em questão.

Os maiores tempos de retenção verificados na análise referiam-se sempre ao citronelal e os menores, em sua maioria, referiam-se ao ácido butanoico ou a compostos não identificados. Como já mencionado no item 5.2 o citronelal apresentou-se frequente e majoritariamente em todas as amostras evidenciado pela presença do tempo de retenção 9.71 em todos os espectros de massas.

Em suma, o rendimento dos componentes presentes no óleo essencial da *Corymbia citriodora* estão expressos no quadro 2.

Substância	Amostra/ Rendimento em %										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>1-decano</b>	-	-	-	-	-	8,01	-	4,24	5,44	7,12	-
<b>2,4,6-Octatrieno</b>	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>2-Hexanona</b>	0,75	0,99	1,48	0,67	0,65	-	-	-	-	-	-
<b>3-buten-2-ol</b>	0,28	0,37	0,52	0,25	0,24	-	-	-	-	-	-
<b>Acetato de citronelol</b>	-	-	-	-	-	-	-	0,66	0,53	-	1,25
<b>Ácido butanóico</b>	0,04	-	-	0,08	-	-	2,55	4,39	5,57	7,47	-
<b>Ácido pentanóico</b>	-	-	-	-	-	9,03	2,71	4,64	6,10	7,80	-
<b>Cariofileno</b>	0,33	0,12	0,76	0,15	-	-	-	-	-	-	-
<b>cis-2,6-dimetil-2,6-octadieno</b>	1,27	1,14	1,42	0,85	0,85	-	-	-	-	-	-
<b>Citronelal</b>	83,63	76,79	76,82	81,86	79,60	32,49	69,31	59,04	53,52	50,15	54,54
<b>Citronelol</b>	4,78	6,95	6,17	5,96	9,23	1,78	5,24	5,01	3,34	3,05	16,05
<b>D-limoneno</b>	0,08	-	-	-	0,10	-	-	-	-	-	-
<b>Eucaliptol</b>	0,36	0,21	0,25	0,29	0,91	-	-	-	-	-	-
<b>Isopulegol</b>	3,25	7,50	4,50	5,26	4,16	-	3,79	-	-	-	8,59
<b>N.I.</b>	0,25	-	-	0,28	-	0,74	-	0,17	-	-	0,60
<b>N.I.</b>	0,11	-	0,31	-	-	-	-	-	-	-	0,32
<b>N.I.</b>	0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>N.I.</b>	0,05	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-
<b>Neoisopulegol</b>	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Óxido de cariofileno</b>	-	0,14	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-
<b>Tolueno</b>	3,50	4,18	6,23	2,84	2,78	-	-	-	-	-	-
<b>Xileno</b>	0,06	0,07	-	0,04	-	3,28	-	-	-	-	-
<b><math>\alpha</math>-pineno</b>	0,10	-	0,15	0,11	0,10	-	-	-	-	-	-
<b><math>\beta</math>-mirceno</b>	0,05	-	-	-	0,06	-	-	-	-	-	-

*Continua...*

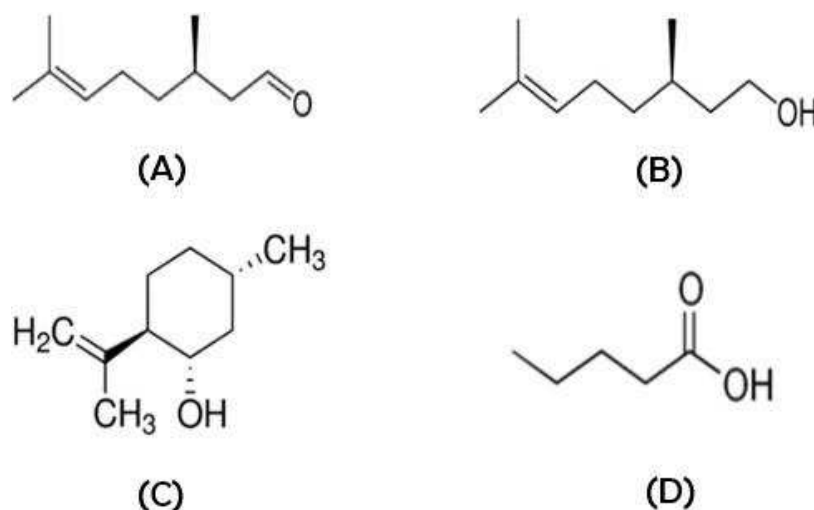


<b><math>\beta</math>-pineno</b>	0,66	0,38	0,81	0,70	0,34	-	-	-	-	-	-
----------------------------------	------	------	------	------	------	---	---	---	---	---	---

**Quadro 2:** Rendimento dos constituintes químicos presentes nas amostras de óleo essencial extraído da *Corymbia citriodora* em ordem alfabética

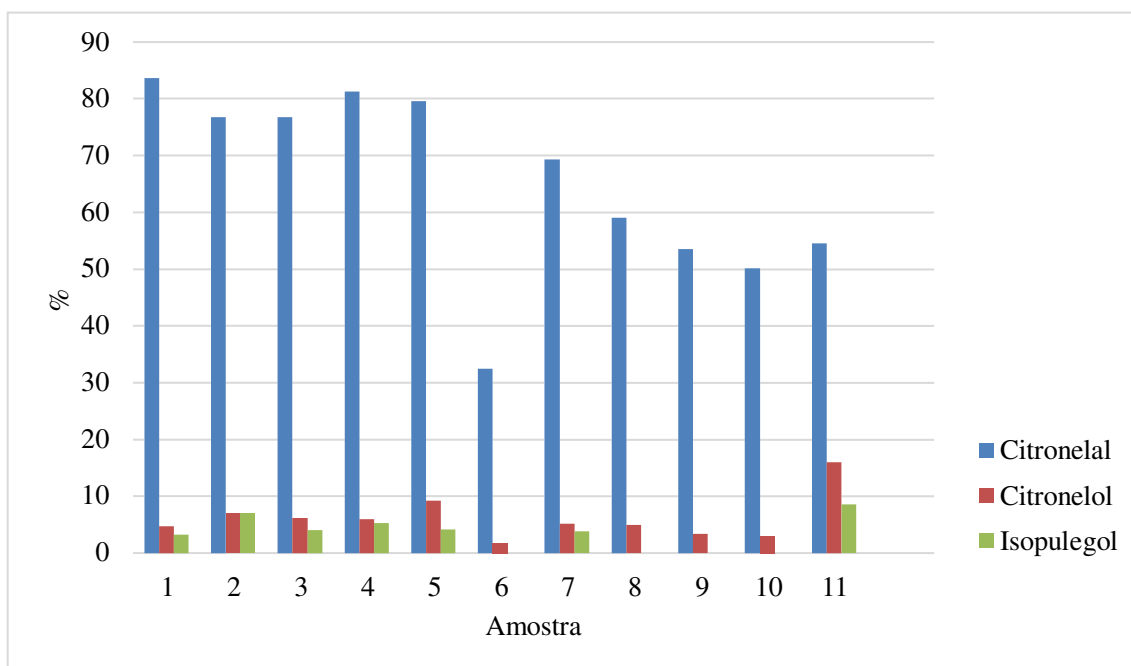
**Fonte:** Dados da pesquisa (2016)

Em conformidade com os resultados obtidos nesta pesquisa, com relação à presença de citronelal no óleo essencial da *C. citriodora*, Silva et al. (2009) relatam que a composição química do óleo de eucalipto é constituída, principalmente, pelo monoterpenóide citronelal, que corresponde a aproximadamente 75% do óleo que é constituído por mais de 20 componentes voláteis. A presença de citronelol, ácido butanóico e Isopulegol como majoritários também foi verificada (figura 8).



**Figura 8:** Constituintes majoritários do óleo de *C. citriodora*: citronelal (A); citronelol (B); isopulegol (C); ácido pentanóico (D);

**Fonte:** a Autora (2016)



**Figura 9:** Porcentagens dos principais constituintes químicos presentes no óleo essencial obtido da espécie de *Corymbia citriodora*, coletados em diferentes períodos no município de Jaçanã-RN, Brasil.

**Fonte:** Dados da pesquisa (2016)

Segundo Ribeiro (2013), diversos estudos demonstraram que o citronelal é o principal constituinte de *C. citriodora* (BATISH et al., 2008) e tem sido atribuído a este composto as diversas atividades do óleo de *C. citriodora* (CLEMENTE et al., 2010). O autor apresenta que o citronelal pode apresentar-se em diferentes concentrações de acordo com alguns estudos investigados: 94,9% (CHAGAS et al., 2002), 71,77% (MACEDO et al., 2011), 60,66% (SINGH et al., 2012), 83,5% (GBENOU et al., 2013). Tendo como demais constituintes citronelol (12,58%) e isopulegol (8,19%) (SINGH et al., 2012 citado por RIBEIRO, 2013).

Estes resultados apresentam-se coincidentes aos resultados obtidos em nossa pesquisa uma vez que, verificando os dados do quadro 2 acima, os constituintes citados pelos autores também foram os constituintes majoritários desta pesquisa, sendo que o citronelal apresentou um rendimento médio de 65,25%, o citronelol apresentou rendimento médio de 6,14% e o Isopulegol apresentou rendimento médio de 5,29%. Souza Filho et al. (2009) relatam que as variações na composição dos constituintes do óleo essencial de certas espécies de plantas podem ser da diferença entre indivíduos de diferentes populações ou mesmo de uma mesma população que diferencia os resultados obtidos por diferentes pesquisas.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos nesta análise, vimos que fatores como sazonalidade, condições edafoclimáticas tais como o clima, o relevo, a litologia, a temperatura, a humidade do ar, a radiação, o tipo de solo, o vento, a composição atmosférica e a precipitação pluvial afetam diretamente nos resultados em termos de extração e rendimento dos constituintes químicos.

Foi verificado que em determinados períodos e horários, como o período da tarde, por exemplo, o rendimento do óleo extraído era maior. Este resultado foi confirmado por autores que realizaram estudos semelhantes e também observaram este fator.

Os rendimentos obtidos do óleo essencial de eucalipto foram distintos nos diferentes períodos de coleta. Esta foi uma indicação de que a diferença associada à estação do ano refletiu no rendimento do óleo. Os maiores rendimentos foram observados no início da tarde. Em comparação a dados encontrados na literatura, o rendimento obtido em nosso experimento, que variou de 0,35 a 1,57%, apresentou resultados coincidentes com os obtidos na literatura.

Com relação aos dados espectrométricos e de cromatografia, vimos que foram identificados e quantificados em nossas amostras um total de 25 constituintes presentes no óleo de *C. citriodora*. A análise nos permitiu verificar que a maioria dos constituintes químicos caracterizados nesta pesquisa foram monoterpenos. Os demais constituintes identificados foram hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, sesquiterpenos, ácidos orgânicos monocarboxílicos, álcool e cetona.

O componente majoritário em nossas análises foi o citrônella o qual se apresentou frequente em todas as amostras evidenciado pela presença do tempo de retenção 9.71 em todos os espectros de massas tendo um rendimento médio de 65,25%. A presença de citrônella, ácido butanóico e Isopulegol como majoritários também foi verificada.

Verificamos, pois, que a unidade experimental bem como a metodologia empregada apresentaram-se eficientes para extração e análise dos componentes químicos do óleo essencial da espécie *Corymbia citriodora*, uma vez que os dados obtidos mostraram-se em conformidade com dados da literatura.

### 6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Avaliar o potencial antioxidante por dois métodos de caracterização dessa atividade: método da hipoxantina/xantina oxidase e método do DPPH;
- Realizar ensaios *in vitro* para investigação do potencial inibidor da enzima acetilcolinesterase;
- Promover um estudo de composição química *versus* atividade dos óleos em estudo;
- Disponibilizar para a população e o público acadêmico, informações sobre a composição química e atividades biológicas e/ou farmacológicas dos óleos em estudo, através da página do Horto Florestal do CES, enriquecendo o conteúdo de informações que poderão ser acessadas através dessa importante ferramenta.

## REFERÊNCIAS

ATHERTON et al. 2008, disponível em:  
<<http://www.ipef.br/identificacao/cief/especies/citriodora.asp>>, acesso em 20 de maio de 2016.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. **Biological effects of essential oils – A review**. Food and Chemical Toxicology, v. 46, p. 446–475. 2008.

BARATA, L. E. S. **Estudo da composição química de óleos essenciais de plantas aromáticas da Amazônia**. Campinas/RJ : 2007. 12 f. dissertação de mestrado (licenciatura em química), Instituto De Química, Universidade Estadual De Campinas.

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: Aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 588- 594, 2009.

BOLAND, D. J.; BROPHY, J. J.; FLYNN, T.M.; LASSAK, E.V. Volatile leaf oils of *E. delegatensis* seedlings. **Phytochemistry**, n.21, p.2467-2469, 1982.

BROOKER, M. I. H.; BARTON, A. F. M.; ROCKEL, B. A. [et al.] The cineole content and taxonomy of *Eucalyptus kochii* Maiden & Blakely and *E. plenissima* (Gardner) Brooker, with an appendix establishing these two taxa as subspecies. **Australian journal of botany**, n.36, p.119-129, 1988.

CASTRO, N.E.A.1; [et al.] **Avaliação de rendimento e dos constituintes químicos do óleo essencial de folhas de Eucalyptus citriodora Hook. colhidas em diferentes épocas do ano em municípios de Minas Gerais**. Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu, v.10, n.1, p.70-75, 2008.

CHEN, H. C., KUO, H. W. & DING, W. H., Determination of estrogenic compounds in wastewater using liquid chromatography-tandem mass spectrometry with electrospray and atmospheric pressure photoionization following desalting extraction. **Chemosphere**, v.74, p.508-514, 2009.

CINIGLIO, G. **Eucalipto para a produção de óleos essenciais**. ESALQ-USP, Piracicaba, 1993.

DORAN, J. C. **Commercial Souces, uses, formation, and biology**, in: BOLAND, D.J; BROPHY, J. J . HOUSE, A. P.N. 1991.

FELIZARDO, M. P. **Extração de óleos essenciais do Eucalyptus citriodora**. In.: Simpósio Internacional de Iniciação Científica e Tecnológica da USP – SIICUSP, 2016.

FERRAZ, João B. S. et al . Perfumes da floresta Amazônica: em busca de uma alternativa sustentável. **Cienc. Cult.**, São Paulo, v. 61, n. 3, 2009 .

FERREIRA, M. **Escolha de espécie de eucalipto**. Piracicaba: IPEF, 1979.

FRANZ, C. M. **Essential oil research: past, present and future.** Flavour Fragrance Journal, v. 25, p. 112-113, 2010.

HARADA, E. T. Benefícios e uso do Eucalipto. Disponível em <<https://www.oficinadeervas.com.br/informativo.php?id=106&t=beneficios-e-uso-do-eucalipto>>. Acesso em 12 de maio de 2016.

KUMODE, M. M. N. **Análise das causas da deterioração precoce dos postes de madeira tratada na ilha do mel.** Curitiba, 2008, 108 f. Dissertação [mestrado] (Concentração Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais). Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

LASSAK, E.V. **The Australian Eucalyptus Oil industry, past and present.** Chemistry in Australia, 1988.

LASZLO, **Extração de óleos essenciais.** Disponível em <<http://laszlo.ind.br/admin/artigos/arquivos/extracaooe.pdf>>. Acesso em 12 de maio de 2016.

MACHADO, B. F. M. T. **Atividade antimicrobiana de óleos essenciais usados em aromaterapia diluídos em água e salina para simular banho de imersão.** Cad. acad. Universidade do Sul de Santa Catarina, Santa Catarina, ISSN 2175-2532 v. 3, n. 2, 2011.

MACHADO, B. F. M. T.; FERNANDES JÚNIOR, A. **Óleos Essenciais: Aspectos Gerais E Usos Em Terapias Naturais.** Cad. acad., Tubarão, v. 3, n. 2, p. 105-127, 2011.

MAFFEIS, A.R., SILVEIRA, R.L.V.A. E BRITO, J.O., **Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em Eucalyptus citriodora,** Scientia Florestalis, 57, 87-98, 2000.

MF RURAL, Eucalipto Citriodora. Disponível em <<http://quero-comprar-vender.vendasementes.com.br/arvores-704/sementes-de-jatoba/165697>>. Acesso em 12 de maio de 2016.

MORAIS, A. R. **Caracterização De Espectroscopia De Infravermelho De Extratos Orgânicos De *Aspidosperma pyrifolium* mart. (Pereiro).** In.: IX Congresso de Iniciação científica do IFRN – Tecnologia e inovação para o semiárido, 2013.

MWANGI, J.W.; GUANTAI, A.N.; MURIUKI, G. *Eucalyptus citriodora*: essential oil content and chemical varieties in Kenya. **East African agricultural forestry journal**, v.46, n.4, p. 89-96, 1981.

OLIVEIRA, T. M. de [et al.] **Viabilidade econômica de extração de óleo essencial de *Corymbia citriodora* em Gilbués – PI.** Nativa, Sinop, Pesquisas Agrárias e Ambientais v. 02, n. 03, p. 175-179, jul. /set. 2014.

PASSOS, L.O. **Estudo da variação nos constituintes do óleo essencial de *Calyptanthes restingae* Sobral (Myrtaceae).** [Dissertação] 132 f. Núcleo de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Sergipe, 2009.

PEREIRA, J. L. **Composição química dos óleos essenciais de espécies de *Eucalyptus L' Herit* ( Myrtaceae)** [Dissertação] 69 f. Universidade Federal de Viçosa, 2010.

REIS, C. A. F. ***Corymbia citriodora*: estado da arte de pesquisas no Brasil.** Recurso eletrônico. Dados eletrônicos – Colombo: Embrapa Florestas, 2013.

RIBEIRO, J. de C. **Ação Do Óleo Essencial De *Eucalyptus Citriodora* Nanoencapsulado Sobre Nematoides Gastrintestinais De Pequenos Ruminantes.** Fortaleza, 2013. 54 f. Dissertação [mestrado]. Universidade Estadual Do Ceará - Programa De Pós-Graduação Em Ciências Veterinárias.

RODRIGO, R.D. **Contribuição para o estudo etnobotânico de *Lippia alba* Mill e estudo da composição química do óleo essencial das folhas por CG/EM.** Universidade Federal de Campina Grande UFCG, 2014.

RONSANI, T. C. **Técnica De CG/EM Utilizada Para Análise Forense.** Criciúma, 2010. 66 f. Dissertação [mestrado]. Universidade Do Extremo Sul Catarinense – Unesc Curso De Farmácia.

ROSSI, T. **Estudo do potencial do uso de resíduo efluente gerado da destilação do óleo de folhas de eucalipto *Corymbia citriodora* ( Hook). Pryor e Johnson. 1976, como corante natural p/ o tingimento têxtil de algodão-** Piracicaba: 2009. 107 f. Dissertação, Universidade de São Paulo.

SILVA, P. H. M. da **Produção de óleo essencial e balanço nutricional em *Corymbia citriodora* adubado com lodo de esgoto em diferentes espaçamentos.** In.: **CERNE**, v.15, n.3, p.346-354, 2009.

SILVEIRA, A.M. [et al.] **Relatório da visita a Dierberger óleos Essenciais.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 2012.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; PETROVICK, L. A. **Farmacognosia: da planta ao medicamento.** Porto Alegre: UFRGS, 2007.

SIMÕES, C.M.O; V. SPITZER. **Óleos voláteis.** In C.M.O. Simões, **Farmacognosia da planta ao medicamento.** Porto Alegre/ Florianópolis, UFRS/UFSC, 416p. 1999.

TOMAZ, M. A. Composição Química E Atividade Alelopática Do Óleo Essencial De Eucalipto. In.: **Biosci. J.**, Uberlandia, v. 30, supplement 2, p. 475-483, Out./14

TREVISAN, M. T. S. ; SILVA, M. G. V. ; FUNDSTEIN, B. ; SPIEGELHALDER, B. ; OWEN, R. Characterization of the Volatile Pattern and Antioxidant Capacity of Essential Oils from Different Species of the Genus *Ocimum*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 4378-4382, 2006.

VIEIRA, I, G. **Estudos caracteres Silviculturais e de produção de óleos essenciais de progenies de corymbia citriodora ( HOOK)**. k.D. Hill e S. Jhonson prodecende De Anhembi SP Brasil, Ex, Atherton QLD- Austrália. Piracicaba: ESALQ, 2004 (tese de mestrado).

VILAÇA, A. C.; BERNADES, E. A.; MELO, V. Q. Extração de óleo essencial de *Eucalyptus citriodora*. In.:**FAZU em Revista**, Uberaba, n. 2, p .10 7 -117, 2005.

VITTI, A.M.S., BRITO, J.O., **Avaliação do rendimento e do teor de citronelal do óleo essencial de procedência e raças locais de Eucalyptus citriodora**. Scientia Florestalis, 56, 145-154, 1999.

VITTI, A.M.S.; BRITO, J.O. **Óleo essencial de eucalipto. Documentos Florestais**, N°-17, P.1-26, Agosto 2003.