

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS PATO BRANCO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
CURSO DE QUÍMICA BACHARELADO

LUDMILLA DA COSTA FERREIRA

**IDENTIFICAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL OBTIDO DE FOLHAS E  
GALHOS RESIDUAIS DE *Eucalyptus viminalis* COLETADOS NA  
REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ – AGREGANDO VALOR A  
CADEIA DE PRODUÇÃO DA MADEIRA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO  
2014

**LUDMILLA DA COSTA FERREIRA**

**IDENTIFICAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL OBTIDO DE FOLHAS E GALHOS RESIDUAIS DE *Eucalyptus viminalis* COLETADOS NA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ - AGREGANDO VALOR A CADEIA DE PRODUÇÃO DA MADEIRA**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado à Comissão de Diplomação do Curso de Bacharelado em Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Química.

Orientador: Prof. Dra. Sirlei Dias Teixeira  
Co-orientador: Prof. Dr. Vanderlei Aparecido de Lima

PATO BRANCO  
2014

## TERMO DE APROVAÇÃO

### TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

O trabalho de diplomação intitulado **Identificação do óleo essencial obtido de folhas e galhos residuais de *Eucalyptus viminalis* coletados na Região Sudoeste do Paraná - agregando valor a cadeia de produção da madeira** foi considerado APROVADO de acordo com a ata da banca examinadora N° 6.1.2014-B de 2014.

Fizeram parte da banca os professores.

Profa. Dra. Sirlei Dias Teixeira  
Orientadora

Profa. Dra. Tatiane Luiza Cadorin Oldoni

Prof. Dr. Davi Costa Silva

## DEDICATÓRIA

*A minha mãe, Maria da Conceição,  
minha dindinha Mônica e avó, Adelina, pelos  
exemplos e incentivos dados.  
À eles, que diante das dificuldades, me apoiaram  
e me aconselharam a seguir sempre em frente.  
Muito obrigada!*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, agradeço pelo dom da vida e por mais essa vitória! À Nossa Senhora, por estar comigo nas dificuldades e por ser o meu amparo.

Às três mosqueteiras: minha mãe Maria, pelo apoio e amor dedicados; a minha Dindinha Mônica pelo incentivo e força; e a minha amada avó Adelina, pela sabedoria e perseverança na fé. Meu irmão Luiz, agradeço pelo companheirismo e alegria. Meu tio Toninho, adotado como pai, pelos ensinamentos desde pequena e na busca contínua pelo caminho do bem. Padrinho Everaldo, que me levou pra tão longe, me guiou e incentivou pela busca de oportunidades. Amo muito vocês!

A todos os meus familiares e amigos que ficaram na torcida, pelas orações e carinho. Aos amigos e amigas que na querida Pato construí, pela amizade, convivência, partilha, pelas grandes e boas histórias vividas, e claro, por cuidarem sempre de mim. Vocês estarão comigo, aonde eu for. Às minhas lindas amigas Lívia e Narielle, pelos conselhos, amizade antiga e verdadeira.

Aos grandes mestres e doutores pela partilha de conhecimento, dedicação e ensinamentos diários. Sem vocês, isso não seria possível. À minha orientadora Sirlei Dias Teixeira e co-orientador Vanderlei Aparecido de Lima, pela paciência e orientação do trabalho.

A cada um, que de alguma forma fez esse sonho crescer e se realizar, obrigada! São muitos especiais. Essas palavras são poucas para expressar a imensa gratidão que vive em mim. Essa conquista é NOSSA! E é apenas o começo!

A ciência será sempre uma busca e jamais uma descoberta.

É uma viagem, nunca uma chegada. (Karl Popper).

## RESUMO

FERREIRA Ludmilla C.; TEIXEIRA, Sirlei D. Identificação do óleo essencial obtido de folhas e galhos residuais de *Eucalyptus viminalis* coletados na Região Sudoeste do Paraná - agregando valor a cadeia de produção da madeira. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

O gênero *Eucalyptus* abrange um grande número de espécies e cada uma com características de adaptações em relação ao clima e tipo de solo, diferentes. Sua utilização como madeira no setor de ornamentação vem crescendo, ocupando cada vez mais espaço na indústria. Como consequência, cresce a quantidade de resíduos gerados, folhas, galhos, cascas e sementes; que na maioria, são usados na queima de fornos, o que agrega pouco valor à madeira. Com isso, há necessidade de estudos e planejamento para uma melhor utilização desses resíduos, como gomas, resinas, óleos essenciais, que podem apresentar importante potencial de aplicação. Em função desse contexto, o estudo deu continuidade ao trabalho feito anteriormente em que foi realizado um planejamento fatorial visando otimização das condições de obtenção, via hidrodestilação, de óleo essencial de folhas e galhos residuais de *Eucalyptus viminalis*. Nesse trabalho foi identificado o eucaliptol, como componente majoritário. Portanto, dando continuidade ao referido trabalho, cinco amostras obtidas a partir do planejamento fatorial, tiveram seus componentes químicos identificados e quantificados, além de receberem tratamento estatístico: análise de agrupamentos e de componentes principais. Como resultado, obtivemos 74 componentes identificados (80,68%) a partir das análises em CG/EM, presentes no óleo de *E. viminalis*, em amostras com condições diversificadas de extração. Esses compostos pertencem à classe dos terpenos, presença constante em óleos essenciais. O trabalho apresentou grande importância, já que visou a identificação, análise de dados, interpretação e ampliação da visibilidade dos resultados, com auxílio do tratamento estatístico, levando a futuras possibilidades de utilização de aplicação do material vegetal (folhas e galhos).

**Palavras-chave:** Biomassa residual, Química verde, Análise multivariada.

## ABSTRACTS

FERREIRA Ludmilla C.; TEIXEIRA, Sirlei D. Identification of essential oil obtained from leaves and twigs of *Eucalyptus viminalis* waste collected in the Southwest Region of Paraná - adding value to the production chain of wood. 2014. Work of Course Completion - Bachelor of Chemistry, Federal Technological University of Paraná, Pato Branco, 2014.

The genus *Eucalyptus* includes a large number of species, each with distinct adaptations in relation to climate and soil type, different. Their use as wood in ornamental sector is growing, occupying more and more space in the industry. As a consequence, increases the amount of waste generated, leaves, twigs, bark and seeds; which mostly are used in burning furnaces, which adds little value to the wood. Thus, we need studies and planning for better use of the waste, as gums, resins, essential oils, which may have important application potential. Given this context, the study continued the work done previously in which we performed a factorial design aimed at optimizing the conditions for obtaining, via hydrodistillation of essential oil of leaves and twigs of *Eucalyptus viminalis* waste. In this work eucalyptol was identified as a major component. So, continuing the above work, five samples obtained from the factorial design, had its chemical components identified and quantified, in addition to receiving statistical analysis: cluster analysis and principal components. As a result, we obtained 74 identified components (80.68%) from the analyzes in GC/MS, present in the oil of *E. viminalis*, in samples with different conditions of extraction. These compounds belong to the class of terpenes, constant presence in essential oils. The work presented great importance, since it was directed at identifying, analyzing data, interpreting and expanding the visibility of results, with the aid of statistical analysis, leading to future possibilities of use for the application of plant material (leaves and twigs).

**Keywords:** Residual biomass, Green chemistry, Multivariate analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Árvore, flor, fruto e folha do <i>Eucalyptus viminalis</i> .....	16
Figura 2 – Estruturas de alguns terpenos. ....	17
Figura 3 – Sistema de obtenção de óleo essencial por hidrodestilação, utilizando 4 aparelhos de Clevenger. ....	18
Figura 4 – Estrutura do 1,8- cineol ou eucaliptol .....	23
Figura 5 – Cromatograma da amostra 1 do óleo essencial de <i>Eucalyptus viminalis</i> .....	30
Figura 6 – Exemplo de um espectro de massas do 1,8- cineol, presente em todas as amostras .....	30
Figura 7 – Espectro de massas do eucaliptol da literatura (Adams, 1995). ....	31
Figura 8 – Espectro de massas do dihydro-Linalool acetate, na amostra 3, obtido do CG/EM.....	32
Figura 9 – Espectro de massas gerado no CG/EM, da amostra 3, sendo o dihydro- Linalool acetate .....	32
Figura 10 – Espectro de massas do dihydro- Linalool acetate retirado da literatura (Adams, 1995).....	33
Figura 11 – Correlações das variáveis dos componentes principais 1 e 2.....	34
Figura 12 – Gráfico de amostragem dos descritores agrupados de acordo com semelhanças e/ou diferenças existentes entre eles .....	35
Figura 13 – Estruturas de monoterpenos, hidrogenado e oxigenado, respectivamente .....	37
Figura 14 – Estruturas de sesquiterpenos, hidrogenado e oxigenado, respectivamente .....	37
Figura 15 – Dendograma obtido pela análise de agrupamento.....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis e valores utilizados no delineamento fatorial $2^4$ para avaliação dos fatores que influenciam a obtenção de óleos essenciais de <i>E. viminalis</i> .....	19
Tabela 2 – Matriz completa contendo todas as combinações de tratamentos no estudo da otimização do processo de obtenção de óleos essenciais de <i>E. viminalis</i> por hidrodestilação. ....	20
Tabela 3 – Amostras selecionadas e suas condições.....	25
Tabela 4 – Componentes identificados em cinco amostras de óleo essencial de <i>E. viminalis</i> e percentual do componente presente em cada amostra. ....	26
Tabela 5 – Quantidade de monoterpenos e sesquiterpenos nos grupos. ....	36

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
3.1 APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA MADEIREIRA.....	15
3.2 <i>Eucalyptus</i> .....	15
3.3 ÓLEOS ESSENCIAIS.....	16
3.4 HIDRODESTILAÇÃO .....	18
3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	19
3.6 CROMATOGRAFIA GASOSA ACOPLADA AO ESPECTRÔMETRO DE MASSAS (CG/EM) .....	21
3.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO POR MEIO DE ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS HIERÁRQUICOS E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS.....	22
3.8 APLICAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eucalyptus</i> .....	22
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
4.1 ANÁLISE DO ÓLEO ESSENCIAL.....	24
4.2 TRATAMENTO ESTATÍSTICO .....	24
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>25</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>39</b>
<b>7 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que no Brasil, a madeira é uma das principais matérias-primas utilizadas para a produção de painéis de aglomerado e provém, em sua maioria, de florestas plantadas, a grande maioria se constitui de plantações de *Pinus* e *Eucalyptus*. Segundo o IBGE (2008), o Paraná teve destaque na produção de madeira para outras finalidades (madeira para artefatos mobiliários e construção civil) sendo responsável por cerca de um terço da produção nacional (34,4%).

O gênero *Eucalyptus* envolve um vasto número de espécies, que podem ser utilizados em jardins, ou para fins comerciais. O valor comercial vem aumentando, pois o eucalipto é muito utilizado na indústria, no setor madeireiro e na utilização das folhas para extração de óleo essencial (PEREIRA, 1987 apud CANZI, 2009).

A caracterização e quantidade de resíduos de madeira e de outros resíduos gerados na indústria madeireira possibilita indicar modelos de gestão destes resíduos. Porém não há tantas informações sobre tal assunto. Muitas empresas utilizam esses resíduos na queima em fornos ou para geração de energia, através da combustão. Sendo que, essas formas, agregam pouco valor ao produto final.

É importante ressaltar, por exemplo, que as folhas de *Eucalyptus* são na maioria das vezes inutilizadas, ou seja, não há nenhum fim produtivo. Em grande parte das plantações de eucaliptos, o interesse maior é no tronco da árvore, sendo que, as folhas são desperdiçadas, daí, a possibilidade de aproveitamento da planta por completo (STAPE, 1997 apud VIVAN et al, 2011).

Há necessidade de contínuo estudo das matérias-primas utilizadas, incluindo o amplo leque de produtos florestais não-madeireiros associados, obtidos de raízes, tronco, cascas, folhas, sementes, frutos, caracterizados pelas gomas, resinas, extratos, óleos essenciais, etc., que podem apresentar importantes potenciais de aplicações, bem como dos resíduos gerados.

Em função desse contexto, o grande desafio é a continuidade do desenvolvimento, diminuindo os danos causados ao meio ambiente. Tal fato requer uma nova conduta química para o aprimoramento dos processos, com o

objetivo fundamental da geração cada vez menor de resíduos e efluentes tóxicos, bem como da menor produção de gases indesejáveis ao ambiente.

Este novo caminho a ser delineado pela química é denominado como química sustentável ou química verde: “A criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias tóxicas, bem como os resíduos” (PRADO, 2003).

Óleos essenciais são metabólitos secundários voláteis que as plantas produzem para suas necessidades não nutricionais, com fins de proteção ou de atratividade (KÉÏTA et al., 2000). Relata-se que cerca de 60% dos óleos essenciais possuem propriedades antifúngicas e 35% exibem propriedades antibacterianas (OLIVEIRA, 2006).

São encontrados vários trabalhos de análise química de óleo essencial de eucalipto na literatura. A maioria, obtidos via hidrodestilação e utilizando as partes aéreas da planta.

Este estudo dará continuidade a trabalho anterior em que foi realizado um planejamento fatorial visando otimização das condições de obtenção, via hidrodestilação, de óleo essencial de folhas e galhos residuais de *E. viminalis*. Portanto, as amostras obtidas anteriormente tiveram seus componentes químicos identificados e quantificados, e receberam tratamento estatístico: análise de agrupamentos e de componentes principais.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar e quantificar os componentes do óleo essencial de folhas e galhos residuais, de *Eucalyptus viminalis*, obtidos via hidrodestilação e analisados em Cromatografia gasosa/Espectrômetro de massas (CG/EM).

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e quantificar outros componentes do óleo essencial de folhas e galhos residuais do *E. viminalis*, já que o componente majoritário, o eucaliptol, já foi identificado;
- Analisar a composição química dos óleos essenciais extraídos de *E. viminalis* por meio de análise de agrupamentos e de componentes principais.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA MADEIREIRA

A indústria madeireira tem tido um importante papel na economia, utilizando a madeira de diversas formas e abrangendo um grande leque na fabricação de produtos comercializáveis, desde painéis de aglomerado a mobiliários na construção civil.

Grande parte do resíduo de madeira é gerado no processamento da madeira serrada, e que o percentual gerado em relação à madeira processada depende, além dos fatores tipo de processo empregado, tipo de matéria-prima utilizada e produto final obtido, das condições tecnológicas empregadas. Mais ainda, a abundância de matéria-prima em determinadas regiões contribui para o baixo aproveitamento. Por essas razões, os rendimentos obtidos por serrarias no desdobro da madeira variam de uma região para outra e de uma indústria para outra, sendo o diagnóstico fundamental para estabelecer as possibilidades de aproveitamento (HILLIG, 2006).

Verifica-se que é considerável a utilização dos troncos das árvores para diversos fins. Porém, é possível considerar outras possibilidades de utilização, como a obtenção de óleos essenciais a partir das folhas e galhos residuais de *pinus* e de *eucalyptos*. Influenciando assim, na mudança de gestão desses resíduos e agregando valor aos produtos florestais.

Há necessidade de contínuo aprimoramento nos estudos para aproveitamento de produtos florestais não-madeireiros associados, obtidos de raízes, cascas, folhas, sementes e frutos, que podem apresentar importantes potenciais de aplicações.

#### 3.2 *Eucalyptus*

Pertence a família *Myrtaceae*, e inclui mais de 650 espécies, quase todas originárias da Austrália, existindo apenas um pequeno número de espécies próprias dos territórios vizinhos da Nova Guiné e Indonésia, mais uma espécie no norte das Filipinas. São adaptados a praticamente todas as condições climáticas. Esta planta está presente nos cinco continentes e em

todos os estados brasileiros, segundo informações da Sociedade Brasileira de Silvicultura (2011).

O desenvolvimento da humanidade está intimamente relacionado ao uso das florestas, cuja destruição tem provocado, muitas vezes, danos irreversíveis a alguns ecossistemas. É nesse contexto que surge o eucalipto, uma árvore da maior importância para o mundo, em virtude de seu rápido crescimento, produtividade, grande capacidade de adaptação e por ter inúmeras aplicações em diferentes setores (SILVEIRA, 2010).

O cultivo do eucalipto é diversificado, com fins industriais no ramo do papel e celulose, lenha, carvão, aglomerado, serraria, ornamentação e óleos na indústria farmacêutica. O gênero *Eucalyptus* apresenta propriedades antifúngica, antiséptica, adstringente, antiinflamatória, antibacteriana, cicatrizante e desinfetante com um grande potencial (CARDOSO, 2006).

O *Eucalyptus viminalis* é uma planta natural da Austrália, mais especificamente dos estados da Tasmânia, Victória e Nova Gales do Sul. É encontrada em regiões de altitude e baixas temperaturas, sendo assim, adapta-se bem em algumas regiões do Brasil (POGGIANI, et al., 1997). Na figura 1 é possível observar as diferentes partes da planta que podem ser utilizadas para extração de óleo essencial.



**Figura 1 - Árvore, flor, fruto e folha do *Eucalyptus viminalis*.**

**Fonte: Yarra Ranges, 2013.**

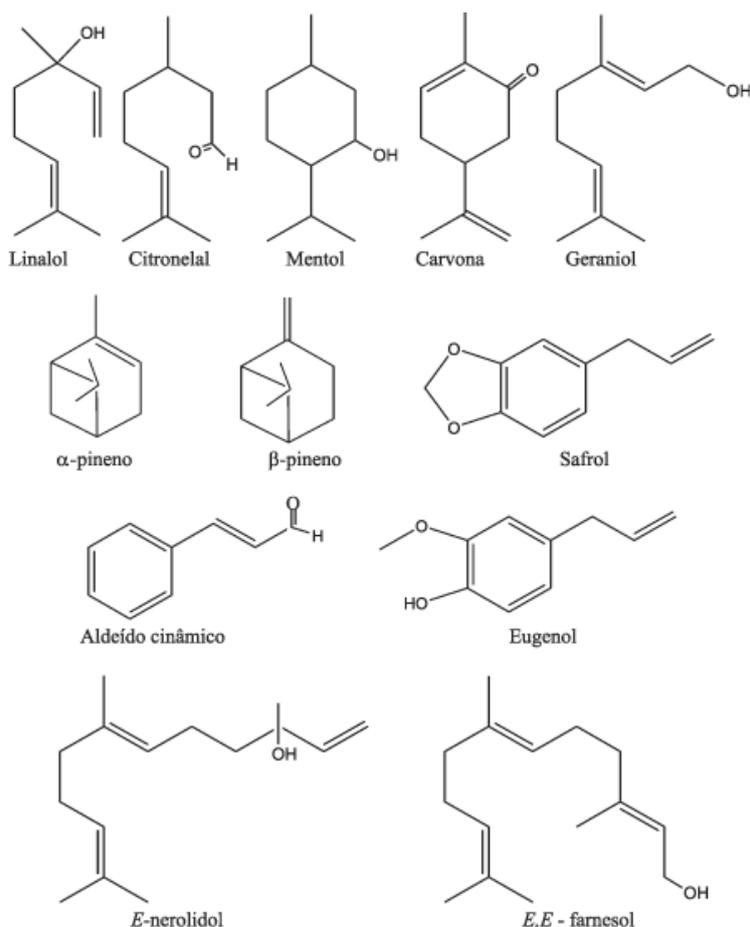
### 3.3 ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais constituem os elementos voláteis contidos em vários órgãos das plantas. Segundo Hili (2007), os “Óleos essenciais são

resultantes do metabolismo secundário das plantas, normalmente formados em células ou grupos de células especializadas, geralmente encontradas nos caules e folhas. Sua composição química varia significativamente com diversos fatores, desde o cultivo da planta até o método de extração” (COSTA, et al, 2009).

Quimicamente, em sua maioria, são constituídos de substâncias terpênicas, acrescidos de moléculas menores, como álcoois, ésteres, aldeídos e cetonas de cadeia curta. O perfil terpênico apresenta normalmente substâncias constituídas de moléculas de dez e de quinze carbonos (monoterpenos e sesquiterpenos), mas, dependendo do método de extração e da composição da planta, terpenos menos voláteis podem aparecer na composição do óleo essencial (assim como podem se perder os elementos mais leves) (SIANI, et. al, 2013).

Na figura 2 podem ser observadas algumas estruturas de terpenos.



**Figura 2 – Estruturas de alguns terpenos.**

**Fonte: Prado, 2006.**

A origem biossintética dos óleos essenciais de eucalipto está relacionada com seu metabolismo secundário, que não é considerado fundamental para a manutenção da vida do organismo, porém confere às plantas a capacidade de adaptação às condições do meio em que vivem. No caso dos eucaliptos, as referências são de que as ocorrências de óleos essenciais estariam relacionadas com a defesa da planta contra insetos, resistência ao frio quando no estágio de plântula, ao efeito alelopático e à redução da perda de água (VITTI, 2003).

Os compostos presentes no óleo essencial encontram-se em uma mistura, apresentam-se em concentrações diferentes, normalmente um deles é majoritário, ou seja, os outros compostos encontram-se em menores teores, alguns em baixas quantidades, chamados de traços (SIMÕES; SPITZER, 2003 apud GARLET, 2007).

### 3.4 HIDRODESTILAÇÃO

Uma forma de obtenção dos óleos voláteis é através de destilação por arraste a vapor d'água, hidrodestilação, realizado em projeto anterior, utilizando o aparelho de Clevenger, como mostra a figura 3.



**Figura 3 - Sistema de obtenção de óleo essencial por hidrodestilação, utilizando 4 aparelhos de Clevenger.**

**Fonte: Francyne e Priscila, 2013.**

A biomassa, tempo de extração, superfície de contato e o tempo de secagem foram seguidos conforme planejamento fatorial. O volume de água utilizada no balão seguia uma proporção, ou seja, a cada 60 g de biomassa/ 700 mL de água destilada.

### 3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Ao realizar um planejamento de um experimento é necessário fazer a seleção dos fatores, ou seja, as variáveis que poderão interferir na resposta de interesse. Podendo ser qualitativos ou quantitativos. Depois de selecionados os fatores e respostas, é necessário definir com muita clareza o objetivo que pretende-se alcançar com os experimentos, pois assim é possível escolher o planejamento mais apropriado (NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2010).

No trabalho inicial, TCC das acadêmicas Priscila Cogo e Francyne Ferrari, foi realizado o delineamento fatorial  $2^4$ , utilizado como estratégia para se investigar a composição de óleos essenciais em folhas e galhos residuais de *E. viminalis*. Esse delineamento foi feito com 19 combinações possíveis para os dois níveis estudados. As variáveis independentes e os valores utilizados nos ensaios do planejamento fatorial  $2^4$  estão apresentados nas tabelas 1 e 2.

**Tabela 1 – Variáveis e valores utilizados no delineamento fatorial  $2^4$  para avaliação dos fatores que influenciam a obtenção de óleos essenciais de *E. viminalis*.**

Variáveis	(-1)	(0)	(+1)
Tempo de extração (h)	2	3	4
Tempo de secagem (h)	24	48	72
Biomassa (g)	20	40	60
Superfície de contato (cm)	1	8	15

**Tabela 2 – Matriz completa contendo todas as combinações de tratamentos no estudo da otimização do processo de obtenção de óleos essenciais de *E. viminalis* por hidrodestilação.**

<b>Extração</b>	<b>Tempo de extração (h)</b>	<b>Tempo de secagem (h)</b>	<b>Biomassa (g)</b>	<b>Superfície de contato (cm)</b>
1	2	24	20	1,0
2	4	24	20	1,0
3	2	72	20	1,0
4	4	72	20	1,0
5	2	24	60	1,0
6	4	24	60	1,0
7	2	72	60	1,0
8	4	72	60	1,0
9	2	24	20	15
10	4	24	20	15
11	2	72	20	15
12	4	72	20	15
13	2	24	60	15
14	4	24	60	15
15	2	72	60	15
16	4	72	60	15
17	3	48	40	8,0
18	3	48	40	8,0
19	3	48	40	8,0

Foram utilizados três níveis para as variáveis independentes: -1; 0 e +1, explicitados na tabela 1. As variáveis independentes estudadas foram as seguintes: tempo de extração, tempo de secagem, biomassa e superfície de contato do material vegetal, folhas e galhos residuais de *E. viminalis*.

### 3.6 CROMATOGRAFIA GASOSA ACOPLADA AO ESPECTRÔMETRO DE MASSAS (CG/EM)

A cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas é uma técnica muito utilizada na identificação de compostos de óleos essenciais. Segundo Bandoni (2008), “a cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas permite realizar em uma só operação, para uma amostra da ordem de 1µL, uma análise qualitativa junto com uma indicação das proporções em que se encontram os componentes. Quando se dispõe de substância padrão, a calibração do equipamento permite uma análise quantitativa exata da amostra (STEFFENS, 2010).

Os índices de Kovats são padrões de comparação entre substâncias que estão sendo identificadas. São usados geralmente para análises cromatográficas gasosas. Na cromatografia, se estabelece tempos de retenção primeiramente para uma mistura de uma série de alcanos, com números crescentes de carbonos. Esses tempos de retenção são usados como referências (SOLOMONS, 1982). Para cromatografia com temperatura programada, o índice de Kovats é calculado usando a equação:

$$I = 100 \times \left[ n + (N - n) \frac{t'_{r(\text{unknown})} - t'_{r(n)}}{t'_{r(N)} - t'_{r(n)}} \right]$$

Onde:

$I$  = Índice de Kovats,

$n$  = o número de átomos de carbono do n-alcano de menor cadeia,

$N$  = o número de átomos de carbono do n-alcano de maior cadeia,

$t'_{r(\text{unknown})}$  = tempo de retenção do composto a ser identificado,

$t'_{r(n)}$  = tempo de retenção do composto com o menor número de átomos de carbono,

$t'_{r(N)}$  = tempo de retenção do composto com o maior número de átomos de carbono.

### 3.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO POR MEIO DE ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS HIERÁRQUICOS E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Análise de componentes principais (ACP) é uma técnica que visa explicar ou modelar a estrutura de variância e covariância de um vetor aleatório composto por variáveis, através da construção de combinações lineares das variáveis originais (COUTO et. al., 2013). Esta técnica multivariada permite a redução da dimensionalidade através da representação do conjunto de dados em um novo sistema de eixos, denominados componentes principais (PC), permitindo a visualização da natureza multivariada dos dados em poucas dimensões (SOUZA et. al., 2012).

A análise de agrupamentos é um método que tem como objetivo reunir as informações em grupos com base em suas características, de tal maneira que os elementos do mesmo grupo são semelhantes, enquanto em diferentes grupos são heterogêneos, quanto às características relevantes de interesse (COUTO et. al., 2013).

### 3.8 APLICAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus*

Os óleos essenciais extraídos de plantas são utilizados há algum tempo, em perfumes, cosméticos e fármacos de uso medicinal.

As espécies de *Eucalyptus* possuem em sua composição substâncias monoterpênicas. Dentre as espécies, as utilizadas para fins medicinais são ricas em cineol, as que possuem um alto teor de felandreno e piperitona são aplicadas na indústria e para a perfumaria destacam-se as que possuem em sua composição citronelal, citral ou acetato de geranila (VITTI; BRITO, 2003).

O composto majoritário do óleo essencial de *Eucalyptus* é o eucaliptol (1,8-cineol), encontrado também em outras plantas como gengibre, alecrim, hortelã e canela. Sua aplicação envolve produtos farmacêuticos, loções para uso local (anestésico) e antisséptico. Possui também ação interna, como ação secretora em vias respiratórias (ESFPM, 2012). Na figura 4 é possível observar a estrutura do 1,8-cineol ou eucaliptol.

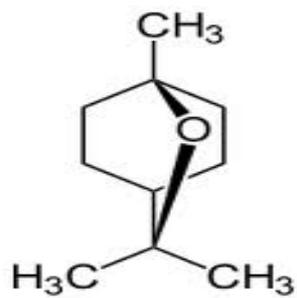


Figura 4 - Estrutura do 1,8-cineol ou eucaliptol.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 ANÁLISE DO ÓLEO ESSENCIAL

As amostras de óleo essencial foram analisadas no laboratório da UTFPR – câmpus Pato Branco, Paraná – Central de Análises – com o auxílio de um cromatógrafo a gás Varian 431/CP-3800 acoplado a um detector de massa Varian 210 íon trap MS, faixa de aquisição: 50-250 u; energia de ionização: 70 eV; modo de aquisição normal (impacto de elétrons; transferline coluna/MS a 200 °C; íon trap à 170 °C. A identificação dos constituintes foi realizada com base nos índices de retenção (Adams, 2007), obtidos da co-injeção de uma mistura de *n*-alcanos, e por comparação de seus espectros de massas, nas seguintes condições: coluna capilar Rtx-5MS (30 x 0,25 x 0,25), temperatura do injetor 250 °C, rampa de aquecimento 60 °C – 3,5 °C/min – 240 °C, hélio como gás de arraste, fluxo de 1 mL/min)

### 4.2 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

O perfil da identificação e quantificação dos componentes dos óleos essenciais de *E. viminalis* foram submetidos à análise estatística multivariada. A análise de agrupamentos hierárquicos foi feita, utilizando-se a distância Euclidiana como medida para os agrupamentos, e a análise de componentes principais, realizada sobre o mesmo conjunto de dados. Nesta, alguns fatores foram utilizados para se representar a qualidade dos dados. Ambas análises foram realizadas no software STATISTICA, versão 8.0 StatSoft.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre as 19 amostras provenientes do planejamento fatorial realizado anteriormente, 5 foram selecionadas com diferentes condições de tempo de extração, tempo de secagem, biomassa, e superfície de contato do material vegetal, das folhas e galhos residuais de *E. viminalis*. Além de maior e menor volume obtido de óleo essencial, e seus intermediários. Essa seleção foi realizada com base na busca de diversificação das condições empregadas, com futuras análises dos resultados. A tabela 3 apresenta as cinco amostras com suas respectivas condições.

**Tabela 3 – Amostras selecionadas e suas condições.**

Amostras	Extração	Tempo de extração (h)	Tempo de secagem (h)	Biomassa (g)	Superfície de contato (cm)	Volume de óleo essencial (mL)
1	1	2	24	20	1	0,2
2	8	4	72	60	1	1,0
3	11	2	72	20	15	0,4
4	12	4	72	20	15	0,4
5	17	3	48	40	8	0,5

A partir da seleção foi realizada a identificação e quantificação dos componentes das cinco amostras, utilizando o cálculo do índice de Kovats (item 3.5). Foram obtidos 74 componentes, correspondendo a 80,68% de substâncias identificadas e o restante, 19,32% as não identificadas. A tabela 4 mostra a relação dos compostos identificados e suas porcentagens nas cinco amostras estudadas.

**Tabela 4 – Componentes identificados em cinco amostras de óleo essencial de *E. viminalis* e percentual do componente presente em cada amostra.**

NOME	IRL	IRC	COMPOSTO	Composição (%)				
				Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
S1	1017	1017,968	$\alpha$ - Terpinene	-	-	0,079	-	-
S2	1029	1031,873	$\beta$ - Phellandrene	-	0,801	-	-	-
S3	1030	1029,606	Sylvestrene	-	-	-	-	0,330
S4	1031	1031,209	1,8- Cineole	47,702	59,296	61,066	70,315	72,249
S5	1037	1039,862	(Z)- $\beta$ - Ocimene	-	0,299	-	-	-
S6	1072	1082,516	<i>p</i> - Mentha-3,8-Diene	-	1,062	-	-	-
S7	1082	1074,471	Camphenilone	1,151	-	-	-	-
S8	1085	1073,034	<i>meta</i> - Cymenene	-	-	-	-	1,230
S9	1110	1100,843	1,3,8- <i>p</i> - Menthatriene	-	-	-	-	0,094
S10	1137	1129,786	<i>cis-p</i> -Mentha-2,8-dien-1-ol	-	-	-	-	0,117
S11	1141	1133,849	<i>cis</i> - Verbenol	-	-	0,036	-	-
S12	1144	1144,741	neo-allo- Ocimene	-	-	1,330	-	-
S13	1159	1161,603	Sabina ketone	-	0,958	-	-	-
S14	1162	1152,951	<i>trans</i> -Pinocamphone	0,517	-	-	-	-
S15	1164	1158,203	<i>cis</i> - Chrysanthenol	-	-	0,007	0,151	-
S16	1171	1177,747	Umbellulone	-	-	-	-	0,110
S17	1187	1186,234	<i>trans-p</i> - Mentha-1(7),8-dien-2-ol	-	-	0,005	0,073	-
S18	1196	1200,450	Methyl heptine carbonate	0,886	-	-	-	-
S19	1196	1205,352	<i>meta</i> - Anisaldehyde	-	-	0,036	0,557	-
S20	1216	1204,523	Linalool formate	-	0,287	-	-	-
S21	1217	1222,143	4-methylene- Isophorone	-	-	0,201	0,239	-
S22	1232	1240,924	<i>exo</i> - Fenchyl acetate	-	-	0,005	0,489	-

NOME	IRL	IRC	COMPOSTO	Composição (%)				
				Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
S23	1243	1232,422	Carvone	-	-	-	-	0,129
S24	1247	1248,597	Carvotanacetone	-	-	-	-	0,674
S25	1248	1244,926	Car-3-en-2-one	-	-	0,642	-	-
S26	1261	1261,385	<i>trans</i> - Myrtenol	-	0,529	0,008	1,633	-
S27	1262	1263,825	(Z)- Cinnamyl alcohol	-	-	0,006	0,103	-
S28	1275	1275,548	dihydro- Linalool acetate	-	-	0,020	0,115	-
S29	1286	1286,560	3,4,5,5-tetramethyl-1,3- Cyclopentadiene carboxylic acid	-	-	0,031	0,190	-
S30	1293	1302,072	(2E,4Z)- Decadienal	-	-	0,001	0,102	-
S31	1302	1306,075	<i>o</i> - Vanillin	-	-	0,005	0,024	-
S32	1337	1331,131	Methyl <i>o</i> -anisate	-	-	0,001	0,023	-
S33	1352	1347,140	Thymol acetate	-	-	0,008	0,144	-
S34	1375	1372,931	Linalool isobutanoate	-	-	0,005	-	-
S35	1409	1408,063	$\alpha$ - Gurjunene	-	-	0,047	0,073	-
S36	1425	1425,507	Mefranal	-	-	0,181	-	-
S37	1444	1442,304	6,9- Guaiadiene	1,309	-	1,520	0,398	-
S38	1450	1448,786	<i>cis</i> - Muurola-3,5-diene	-	2,817	-	-	-
S39	1455	1452,955	Khusimene	-	-	0,049	0,028	-
S40	1466	1463,656	<i>cis</i> - Muurola-4(14),5-diene	-	-	0,289	0,235	-
S41	1476	1476,322	Methyl vanillin	11,586	-	-	-	-
S42	1477	1475,700	$\gamma$ - Gurjunene	-	-	5,127	2,041	-
S43	1479	1474,182	$\gamma$ - Muurolene	-	-	2,005	-	-
S44	1481	1483,066	Amorpha-4,7(11)-diene	-	9,461	-	-	-
S45	1482	1478,587	$\gamma$ - Himachalene	-	-	0,085	0,102	-
S46	1487	1488,416	Phenyl ethyl 2-methylbutanoate	-	-	-	-	0,677
S47	1490	1492,099	$\beta$ - Selinene	-	4,543	-	-	-
S48	1493	1492,920	<i>cis</i> - $\beta$ - Guaiene	1,273	-	0,997	0,669	-

NOME	IRL	IRC	COMPOSTO	Composição (%)				
				Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
S49	1496	1504,840	Valencene	-	1,694	-	-	-
S50	1497	1503,024	Sandalore	0,258	-	-	-	-
S51	1502	1511,260	<i>trans</i> - $\beta$ - Guaiene	-	-	-	-	0,379
S52	1509	1510,365	$\alpha$ - Bulnesene	-	0,328	-	-	-
S53	1513	1525,171	$\gamma$ - Cadinene	-	0,007	-	-	-
S54	1515	1515,541	(Z)- $\gamma$ - Bisabolene	-	-	1,662	0,265	-
S55	1528	1520,916	Lilial	-	-	0,192	0,082	-
S56	1535	1528,655	Silphiperfol-5-en-3-ol B	-	2,435	-	-	-
S57	1538	1535,772	$\beta$ -(E)- Ionol acetate	-	-	0,103	0,070	-
S58	1538	1547,841	$\alpha$ - Cadiene	-	0,501	-	-	-
S59	1546	1540,202	Selina-3,7(11)-diene	-	-	0,332	0,181	-
S60	1567	1572,627	Maaliol	-	-	0,133	-	-
S61	1575	1585,243	Silphiperfol-5-em-3-one A	-	-	-	-	0,597
S62	1578	1580,341	Spathulenol	-	-	0,308	1,342	-
S63	1592	1587,582	Viridiflorol	-	-	3,023	0,650	-
S64	1594	1598,532	Salvial-4(14)-em-1-one	-	0,531	-	-	-
S65	1622	1613,691	$\beta$ - Cedrene epoxide	-	2,247	1,989	-	-
S66	1630	1638,169	5- Cedranone	-	1,929	-	-	-
S67	1640	1649,260	epi- $\alpha$ - Cadinol	-	-	2,046	0,178	-
S68	1650	1643,645	$\beta$ -Eudesmol	-	1,867	-	-	-
S69	1653	1653,962	$\alpha$ -Eudesmol	-	1,660	-	-	-
S70	1654	1661,541	$\alpha$ - Cadinol	-	-	0,917	0,264	0,254
S71	1658	1663,532	Valerianol	-	0,505	-	-	-
S72	1671	1663,892	epi- $\beta$ - Bisabolol	-	-	-	-	0,306
S73	1729	1725,515	4-hydroxy-3-methoxy- Cinnanaldehyde	-	-	0,070	0,138	-
S74	1778	1775,826	Z- $\alpha$ - Santalol acetate	-	-	0,036	0,040	-

IRC = Índice de Retenção Calculado; IRL = Índice de Retenção da Literatura.

A diversidade química presente nas cinco amostras de *Eucalyptus viminalis*, sob diferentes condições de tratamento, está representada por 74 substâncias. Estas fazem parte da classe dos terpenos, compostos naturais presentes em plantas: monoterpenos hidrogenados, monoterpenos oxigenados, sesquiterpenos hidrogenados e sesquiterpenos oxigenados.

O composto eucaliptol foi encontrado em todas as amostras, sendo o componente em porcentagem mais elevada, (47,702%; 59,296%; 61,066%; 70,315% e 72,249%), respectivamente, nas cinco amostras identificadas. Em relação às diferentes condições empregadas, foi verificado que o mesmo, apresentou maior valor (72,249%) na amostra 5, onde todas as condições empregadas apresentaram valores intermediários: tempo de secagem das folhas e galhos (48 horas), o tempo de extração do óleo essencial (3 horas), a quantidade de biomassa utilizada (40 gramas), a superfície de contato (8 cm) e 0,5 mL de óleo essencial obtido. Pode-se dizer, que essas são condições favoráveis para a obtenção desse componente. Já o menor volume de óleo essencial, foi obtido na primeira amostra, onde uma das condições foi o menor tempo de secagem (24h) do material vegetal. Para exemplificação, a figura 5 mostra um cromatograma de uma das amostras, e nas figuras 6 e 7, são mostrados os espectros de massas do eucaliptol, presente nas amostras e o da literatura.

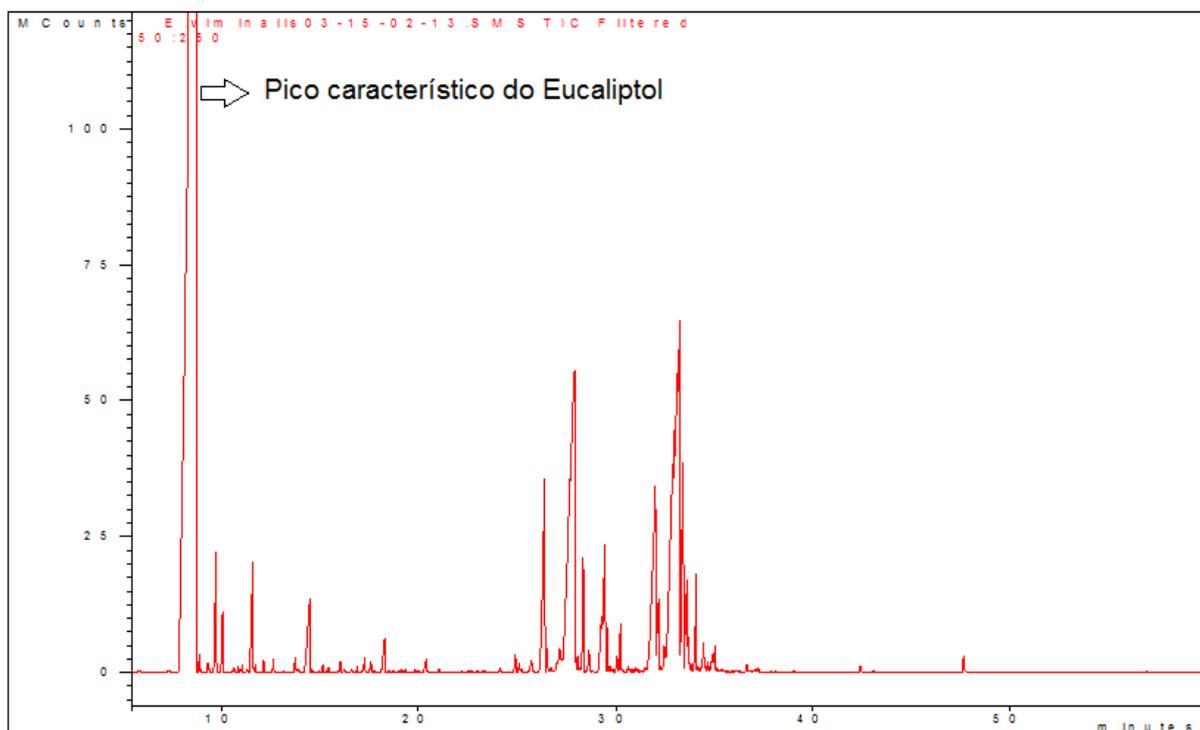


Figura 5 - Cromatograma da amostra 1 do óleo essencial de *Eucalyptus viminalis*.

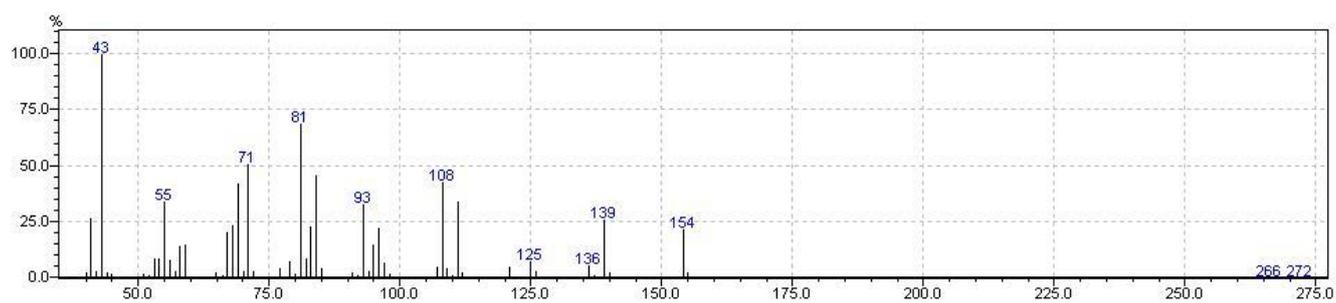
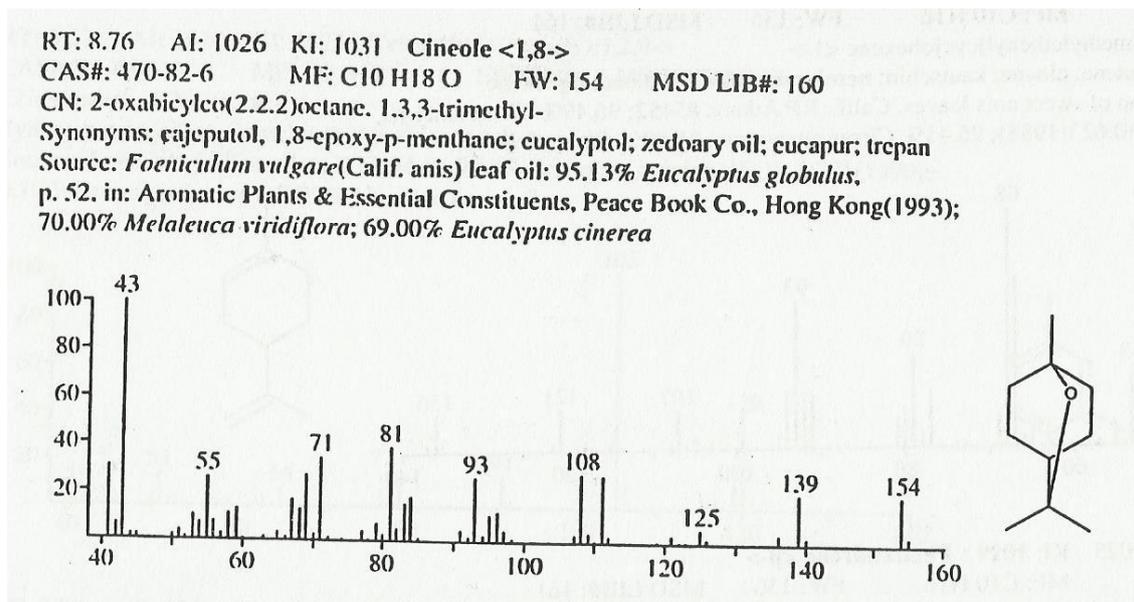


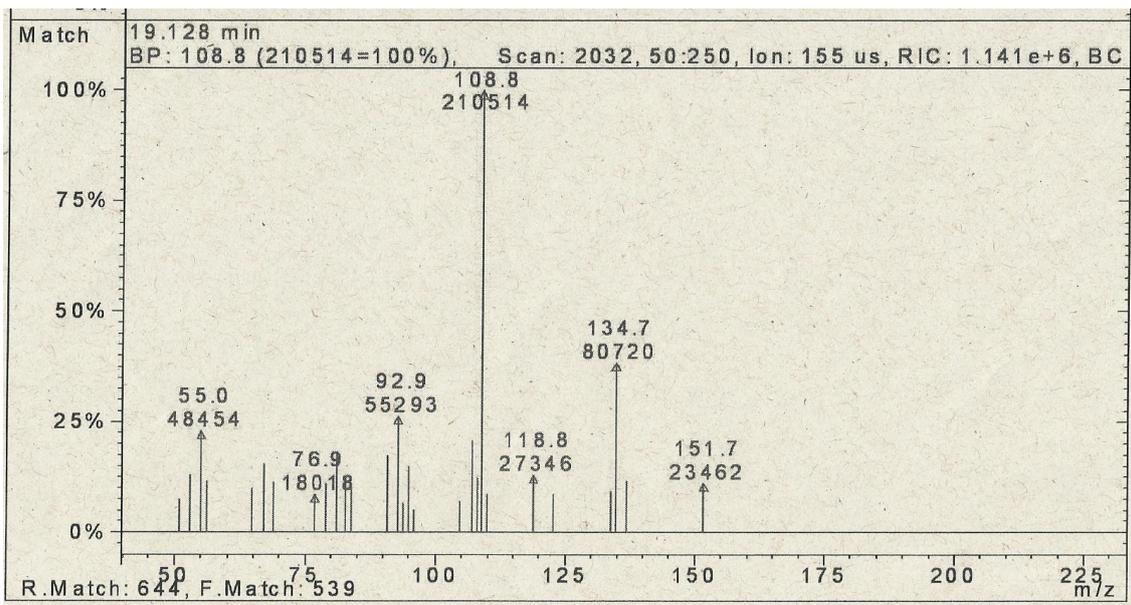
Figura 6 – Exemplo de um espectro de massas do 1,8- cineol, presente em todas as amostras.



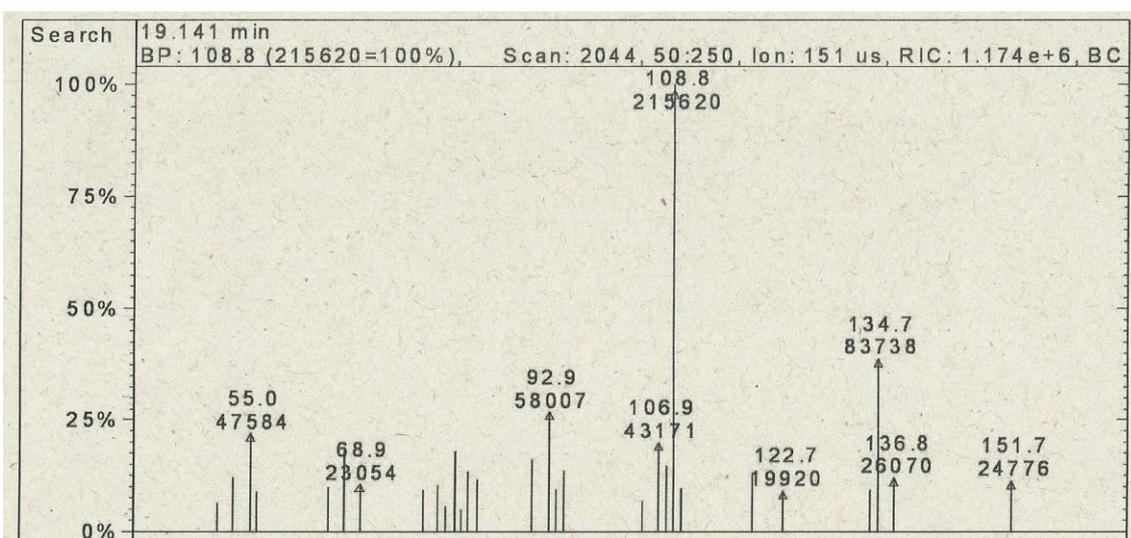
**Figura 7 – Espectro de massas do eucaliptol da literatura (Adams, 2007).**

Pode-se notar que os seguintes compostos foram identificados em três das cinco amostras, sendo eles: *trans*- Myrtanol, nas amostras 2, 3 e 4; 6,9-Guaiadiene e *cis*- $\beta$ - Guaiene, nas amostras 1, 3 e 4; e o  $\alpha$ - Cadinol, presentes nas amostras 3, 4 e 5.

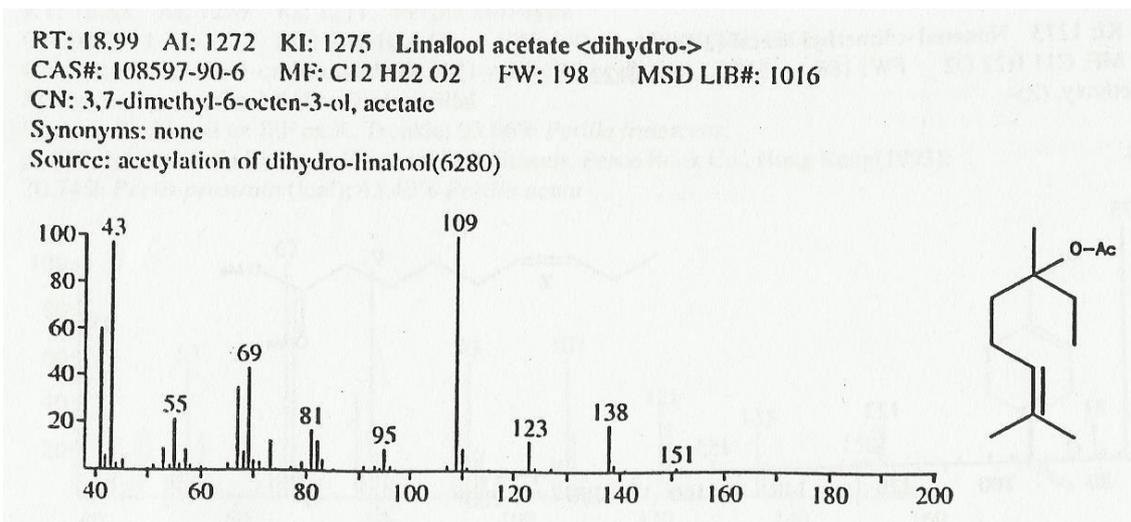
Entre a quantidade de compostos a serem identificados em cada amostra, a amostra 2 apresentou maior porcentagem desses identificados, somando 93,772% onde foi obtido maior volume de óleo essencial (1 mL), nas condições: maior tempo de secagem (72h), menor superfície de contato (1 cm) e maior quantidade de biomassa utilizada. Foi verificado também que 31 compostos identificados, estão presentes em pelo menos duas amostras, 3 e a 4, e que a única condição diferente foi o tempo de extração (amostra 3, 2h e amostra 4, 4h). As figuras 8 e 9 mostram os espectros de massas do dihydro-Linalool acetate, um dos compostos presentes em duas amostras, 3 e 4, e a figura 10, o espectro da literatura.



**Figura 8 – Espectro de massas do dihydro- Linalool acetate, na amostra 3, obtido do CG/EM.**



**Figura 9 – Espectro de massas gerado no CG/EM, da amostra 3, sendo o dihydro- Linalool acetate.**



**Figura 10 – Espectro de massas do dihydro- Linalool acetate retirado da literatura (Adams, 2007).**

Na análise de componentes principais (ACP), as 74 substâncias químicas são chamadas de descritores. Neste tipo de análise estatística multivariada, a separação dos grupos descritores ocorre em função das semelhanças e/ou diferenças existentes entre eles. O número de respostas (descritores) pode ser redimensionado em componentes principais que explicam a variabilidade dos dados (COUTO et. al., 2013). Neste trabalho a ACP foi aplicada ao conjunto de dados padronizados e a componente principal 1 e 2 (CP1 e CP2) explicam 64,07% da variabilidade dos dados. A ACP para esse conjunto de dados mostrou a formação de três grupos: amostra 2 (I quadrante, TE4TS72B60SC1), amostras 3 e 4 (II quadrante, TE2TS72B20SC15 e TE4TS72B20SC15, respectivamente) e amostras 1 e 5 (IV quadrante, TE2TS24B20SC1 e TE3TS48B40SC8, respectivamente), apresentadas nas figuras 11 e 12. Onde:

TE4TS72B60SC1 = Tempo de extração 4h, Tempo de secagem 72h, Biomassa 60g e superfície de contato 1cm.

TE2TS72B20SC15 = Tempo de extração 2h, Tempo de secagem 72h, Biomassa 20g e superfície de contato 15cm.

TE4TS72B20SC15 = Tempo de extração 4h, Tempo de secagem 72h, Biomassa 20g e superfície de contato 15cm.

TE2TS24B20SC1 = Tempo de extração 2h, Tempo de secagem 24h, Biomassa 20g e superfície de contato 1cm.

TE3TS48B40SC8 = Tempo de extração 3h, Tempo de secagem 48h, Biomassa 40g e superfície de contato 8cm.

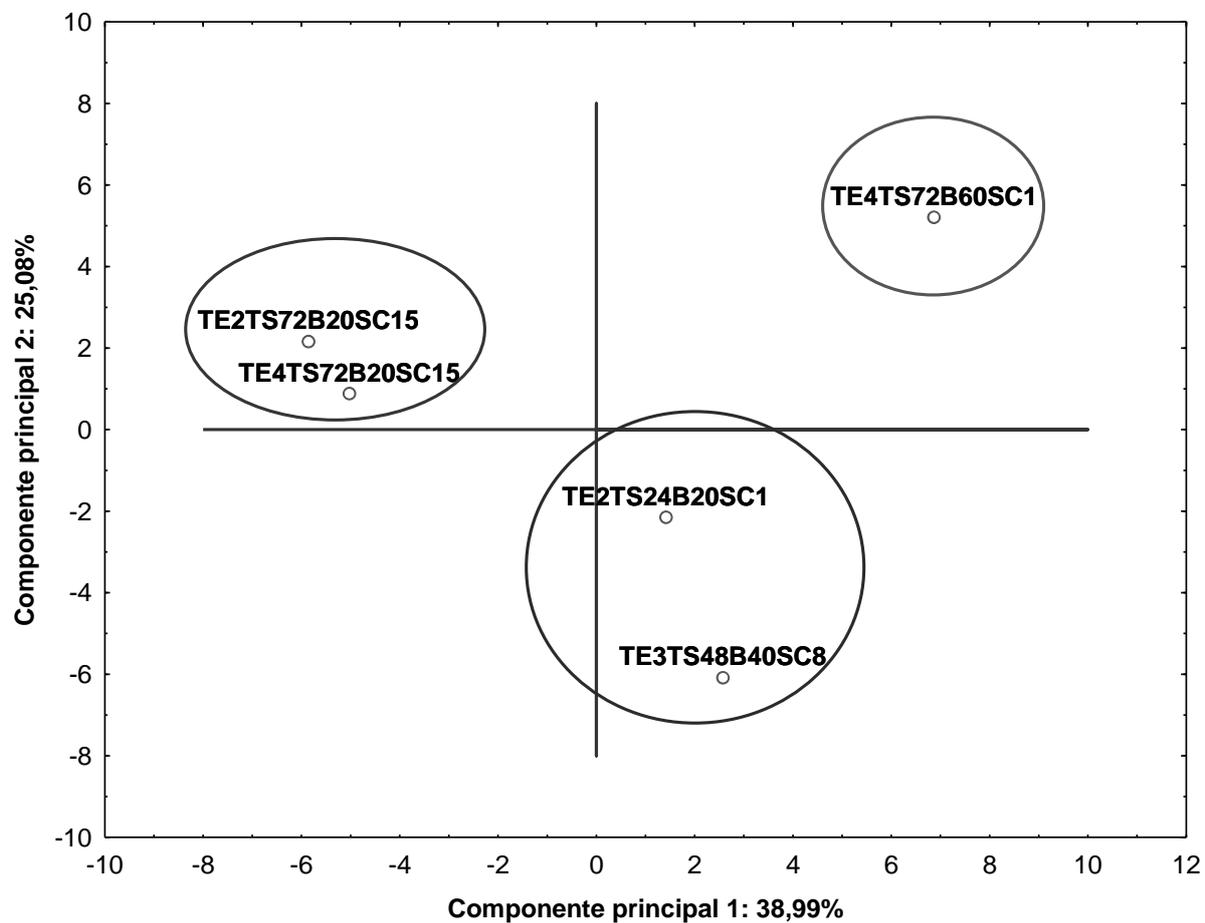


Figura 11 – Correlações das variáveis dos componentes principais 1 e 2.



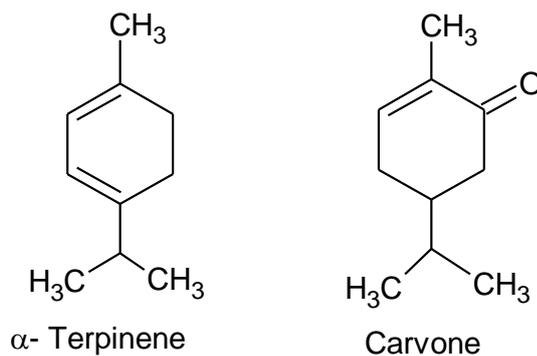
extração, massa do material vegetal e superfície de contato. Este grupo formado apresentou a seguinte composição química: S3, S7, S9, S10, S14, S16, S18, S23, S24, S41, S46, S50, S51, S61 e S72 (tabela 4). Como no caso anterior, os maiores níveis destes terpenos estão presentes nestas amostras. Uma única amostra isolada (figura 11, QI) sob as seguintes condições de tratamento: tempo de extração 4 horas, tempo de secagem 72 horas, biomassa 60 gramas e superfície de contato 1 cm, se diferenciou das demais amostras. Esta amostra (amostra 2) apresentou a seguinte composição química: S2, S5, S6, S13, S20, S38, S42, S43, S44, S47, S49, S56, S58, S64, S65, S66, S68, S69 e S71 (tabela 4). Estes terpenos apresentaram seus maiores teores nessas condições de tratamentos.

Em relação à classe dos terpenos, foi calculado a porcentagem de monoterpenos e sesquiterpenos nos grupos formados, dados mostrados na tabela 5.

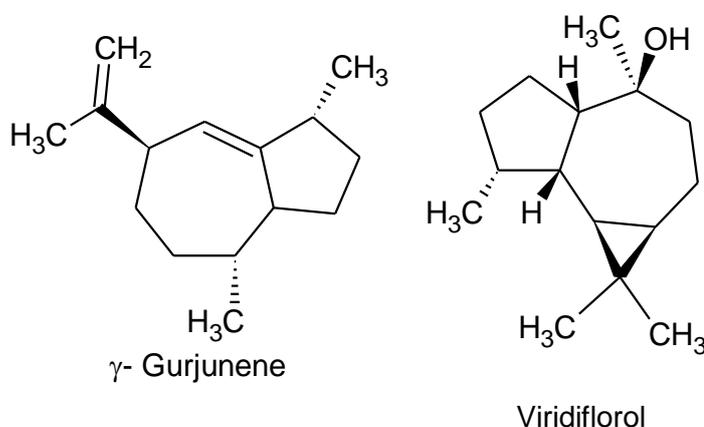
**Tabela 5 – Quantidade de monoterpenos e sesquiterpenos nos grupos.**

Grupo A2	
Monoterpenos	26,32%
Sesquiterpenos	73,68%
Grupo A3 e A4:	
Monoterpenos	51,28%
Sesquiterpenos	48,72%
Grupo A1 e A5	
Monoterpenos	66,66%
Sesquiterpenos	33,34%

Verifica-se que a maior porcentagem de sesquiterpenos ocorre onde há apenas a amostra 2 (A2), uma pequena diferença de compostos terpênicos ocorre entre as amostras 3 (A3) e 4 (A4) e a maior porcentagem de monoterpenos ocorre no grupo formado pelas amostras 1 (A1) e 5 (A5). Além das porcentagens encontradas, foi realizada uma separação entre os monoterpenos e os sesquiterpenos, onde alguns dos compostos identificados são mostrados nas figuras 13 e 14 para exemplificação da classe dos terpenos.

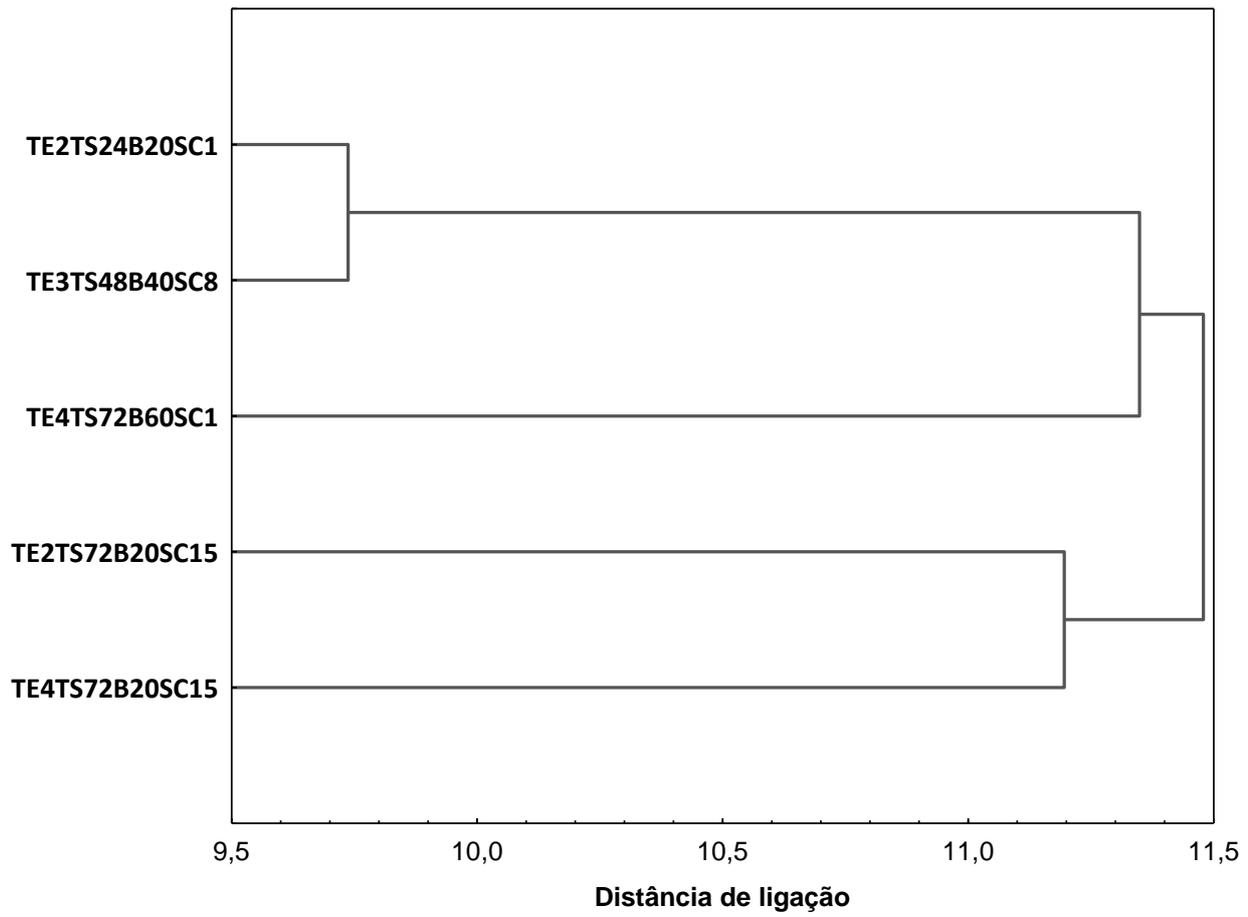


**Figura 13 – Estruturas de monoterpenos, hidrogenado e oxigenado, respectivamente.**



**Figura 14 – Estruturas de sesquiterpenos, hidrogenado e oxigenado, respectivamente.**

Outra análise estatística multivariada, chamada de análise de agrupamento ou análise de *Cluster*, também foi realizada sobre o conjunto de dados padronizados (COUTO et. al., 2013). Nesta análise, como também na ACP, grupos são formados devido as suas semelhanças. As semelhanças ou diferenças entre as amostras são calculadas por um algoritmo matemático. Este utiliza distância entre as amostras. Neste trabalho, a análise de *Cluster* foi realizada utilizando-se a distância Euclidiana como cálculo para a ligação entre os grupos. Os mesmos grupos observados para a ACP foram encontrados para a análise de agrupamento neste estudo, demonstrado na figura 15.



**Figura 15 – Dendrograma obtido pela análise de agrupamento.**

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento desse trabalho foi baseado na busca pela identificação de compostos presentes no óleo essencial do *Eucalyptus viminalis*, abrangendo uma análise multivariada para auxiliar na interpretação dos dados. Tendo em vista um melhoramento no potencial de aplicação do material vegetal, já que as folhas e galhos de eucaliptos são, em maior escala, utilizados na queima de fornos e/ou para geração de energia. Entretanto, faz-se necessário um melhoramento no estudo das aplicações e na gestão, dando continuidade no desenvolvimento. O trabalho apresenta como importância a sistematização das análises realizadas em CG/EM, feitas por TCC anterior, organizando os dados e efetuando a interpretação do tratamento estatístico. Como mencionado, o eucaliptol é o componente presente nas cinco amostras identificadas, com valores elevados, e foi observado uma grande variedade de compostos (74) que corresponde a 80,68% das substâncias, envolvendo monoterpenos e sesquiterpenos, sendo o restante não identificadas (19,32%). Onde a diversificação de substâncias presentes, é decorrente das diferentes condições empregadas nas análises: tempo de extração, tempo de secagem, biomassa e superfície de contato.

## 7 REFERÊNCIAS

ADAMS, R. P. 2007. **Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography / Mass Spectroscopy**. 4ª edição, Carol Stream, Illinois, Allured Publishing Corporation, USA.

CANZI, E. F.; RODRIGUES, M. B.; PETRIKOSKI, A. P.; TEIXEIRA, S. D. **Caracterização Química de Óleo Essencial de *Eucalyptus grandis* Obtido por Hidrodestilação**. In: XIV SICITE – UTFPR – Volume II – Seção Química e Ambiental, 2009.

CARDOSO, M. G.; FERNANDES, R.; HOFFMANN, R. S. **Aproveitamento Residual do uso de Eucalipto na Obtenção de Óleos Essenciais**. In: XXI Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia; VI Feira de Protótipos. 2006.

COSTA, Allen C. S., et al. **Estudo Comparativo da Quantificação de Óleos Essenciais de *Eucalyptus Citriodora* e *Eucalyptus Grandis* extraídos por Hidrodestilação**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. EXPOUT. 2009.

COUTO A. M., et. al.; **Multivariate analysis applied to evaluation of *Eucalyptus* clones for bioenergy production**. Cerne, Lavras, v. 19, n. 4, p. 525-533, out./dez. 2013.

FERRARI, Francyne; COGO, M. Priscila; **Planejamento fatorial do processo de obtenção do óleo essencial de folhas e galhos residual do *Eucalyptus viminalis* por hidrodestilação**. Trabalho de Conclusão de Curso, 2013.

HILLIG, Éverton, et. al; **Resíduos de madeira da indústria madeireira – caracterização e aproveitamento**. XXVI ENEGEP – Fortaleza – CE, Outubro de 2006.

KÉITA, S.M.; VINCENT, C.; SCHMIT, J-P.; RAMASWAMI, S.; BÉLANGER, A. 2000. **Effect of various essential oils on Callosobruchus maculatus (F.) (Coleoptera: Bruchidae)**. Journal of Stored Products Research, 36:355-364.

OLIVEIRA, R. A. G.; LIMA, E. O.; VIEIRA, W. L.; FREIRE, K. R. L.; TRAJANO, V. N.; LIMA, I. O.; SOUZA, E. L.; TOLEDO, M.S.; SILVA-FILHO, R. N. **Estudo da interferência de óleos essenciais sobre atividade de alguns antibióticos usados na clínica**. Revista Brasileira de Farmacognosia, 16(1):77-82, Jan/Mar. 2006.

POGGIANI, Fabio, et al. **Quantificação da deposição de folheto em talhões experimentais de *Pinus taeda*, *Eucalyptus viminalis* e *Mimosa scabrella* plantados em uma área degradada pela mineração do xisto betuminoso**. IPEF, n.37, p.21-29, dez.1987.

PRADO, A. G. S.; **Química Verde, os desafios da química do novo milênio**, 2003.

SILVEIRA, Guilherme et. al.; **A produção de eucalipto no Brasil: benefícios para o meio ambiente**, 2010.

SIANI, Antonio Carlos; et. al, **Óleos essenciais**. Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento, RJ – p.38-43, 2013.

SOLOMONS, T. W. G. **Química orgânica**. v.4. Rio de Janeiro: LTC. 1982.

SOUZA A. M.; Et. al.; **Experimento didático de Quimiometria para análise exploratória de óleos vegetais comestíveis por espectroscopia no infravermelho médio e análise de componentes principais: um tutorial, parte I**. *Química Nova*, Vol. 35, No. 1, 223-229, 2012.

VITTI, A. M. S.; BRITO, J. O.; **Óleo Essencial de Eucalipto**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP, Documentos florestais, n.17, 2003.