

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MESTRADO PROFISSIONAL EM INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E PROPRIEDADE
INTELECTUAL

MARIA FERNANDA MACEDO GOMES

Óleos essenciais: composição química, atividade antimicrobiana e desenvolvimento de um complexo de inclusão com ciclodextrina.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual.

Orientador: Prof. Frédéric Jean Georges Frézard

Co-orientadora: Profa. Jacqueline Aparecida Takahashi

BELO HORIZONTE - MG

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MESTRADO PROFISSIONAL EM INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E PROPRIEDADE
INTELECTUAL

MARIA FERNANDA MACEDO GOMES

Óleos essenciais: composição química, atividade antimicrobiana e desenvolvimento de um composto de inclusão com ciclodextrina.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual.

Comissão Examinadora:

Profa. Maria Esperanza Cortés Segura, Faculdade de Odontologia, UFMG
Profa. Rachel Oliveira Castillo, Faculdade Farmacia, UFMG

Belo Horizonte, 06 de julho de 2015.

DEDICATÓRIA

Agradeço a Deus por estar à minha frente
para me guiar, atrás de mim para me
proteger e acima de mim para me iluminar.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me dado força e direcionamento para este caminho, pela oportunidade de retomar sonhos.

Aos meus pais, acima de tudo, a quem devo a minha existência e o que sou. Amor incondicional.

Ao meu irmão, por estarmos eternamente juntos na caminhada.

Ao Ricardo, pelo amor, alegria, incentivo e presença nas batalhas do dia a dia.

Ao Fabian Laszlo, pela amizade e confiança.

À toda a minha família, pelo apoio que me concederam em todas as etapas da minha vida.

Ao professor Frederic Jean Georges Frezard e à professora Jacqueline Takahashi, pelo acolhimento, carinho, disponibilidade, orientação e competência profissional.

À Vanny Perpétua Ferraz, pelo auxílio nas análises, sempre muito prestativa.

Ao Sidney Augusto Vieira Filho, Bibó, por me indicar caminhos e ter tido a oportunidade de convivência com um ser humano tão especial.

À todos os colegas de laboratório e amigos, que direta ou indiretamente colaboraram com este trabalho.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Os óleos essenciais (OE) são misturas complexas de substâncias voláteis, líquidos, odoríferos e oriundos do metabolismo secundário das plantas, com aplicação em produtos de higiene pessoal, cosméticos, perfumes, agroquímicos, alimentos, medicamentos, entre outros. Há muito tempo explorados por sua capacidade antisséptica. Porém, uma dificuldade inerente de se trabalhar com óleos essenciais é a sua alta volatilidade. O uso de um composto volátil como produto acabado implica cuidados relacionados à sua estabilidade e o desenvolvimento de métodos como a encapsulação poderiam viabilizar o uso. O objetivo principal deste trabalho foi avaliar e comparar a atividade antibacteriana e antifúngica de quinze óleos essenciais e promover a microencapsulação do óleo que apresentasse o melhor resultado, utilizando β -ciclodextrina como substância encapsulante. Os óleos essenciais selecionados foram *Melaleuca alternifolia*, *Cupressus nootkatensis*, *Syzygium aromaticum*, *Origanum vulgare*, *Cinnamomum cassia*, *Pelargonium graveolens*, *Pterodon emarginatus*, *Xylopiã brasiliensis*, *Cyperus scariosus*, *Cymbopogon citratus*, *Rosmarinus officinalis*, *Schinus molle*, *Protium heptaphyllum*, *Cupressus lusitanica* e *Boswellia carteri*. Os micro-organismos utilizados foram *Staphylococcus aureus* ATCC29212, *Staphylococcus epidermidis* ATCC12228, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853, *Escherichia coli* ATCC25922, *Salmonella typhi* ATCC 14028 e *Candida albicans* ATCC18804. Os óleos essenciais de *Syzygium aromaticum* e *Origanum vulgare* apresentaram capacidade de inibição superior a 90% em todos os micro-organismos testados, resultado similar aos antibióticos padrão utilizados. Todos os demais óleos apresentaram bons resultados de inibição sobre pelo menos um tipo de micro-organismo. O óleo essencial de *Syzygium aromaticum*, por apresentar o melhor resultado, foi microencapsulado em β -ciclodextrina através da técnica de malaxagem. A composição de cada óleo essencial foi também determinada, inclusive do complexo de inclusão formado, sendo caracterizados através de cromatografia gasosa com detector de ionização em chama (CG-DIC). A termogravimetria também foi utilizada na caracterização do complexo de inclusão. Os resultados obtidos corroboraram o elevado potencial antibacteriano e antifúngico dos óleos essenciais e sugerem a formação do complexo de inclusão *Syzygium aromaticum*/ β -ciclodextrina (OEC β CD).

PALAVRAS-CHAVE: óleos essenciais; produto natural; ação antibacteriana e antifúngica; cromatografia gasosa; β -ciclodextrina.

ABSTRACT

Essential oils (EO) are complex mixtures of volatile substances, liquids, odorous and arising from secondary metabolism of plants with applications in personal care products, cosmetics, perfumes, pesticides, food, medicine, among others. They have been long exploited for its antiseptic capacity. However, an inherent difficulty of working with EO is its high volatility. The use of a volatile compound as a finished product requires caution related to its stability and developing methods such as encapsulation. In this work, microencapsulation was studied using cyclodextrin as the encapsulating substance. The aim of this study was to evaluate and compare the antibacterial and antifungal activities of fifteen essential oils and promote microencapsulation of the oil which would produce the best result using β -cyclodextrin as the encapsulating substance. The selected essential oils were: *Melaleuca alternifolia*, *Cupressus nootkatensis*, *Syzygium aromaticum*, *Origanum vulgare*, *Cinnamomum cassia*, *Pelargonium graveolens*, *Pterodoron emarginatus*, *Xylopiia brasiliensis*, *Cyperus scariosus*, *Cymbopogon citratus*, *Rosmarinus officinalis*, *Schinus therenbinthifolius*, *Protium heptaphyllum*, *Cupressus lusitanica* and *Boswellia carteri*. The microorganisms used were *Staphylococcus aureus* ATCC29212, *Staphylococcus epidermidis* ATCC12228, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853, *Escherichia coli* ATCC25922, *Salmonella typhi* ATCC 14028 and *Candida albicans* ATCC18804. The essential oils of *Origanum vulgare* and *Syzygium aromaticum* showed inhibition capacity of more than 90% at all tested microorganisms, similar result of standard antibiotics. All other oils showed good results in inhibition of at least one sort of micro-organism. The essential oil of *Syzygium aromaticum*, by having the best result, was microencapsulated in β -cyclodextrin by kneading technique. The chemical composition of each essential oil was also determined, including the formed inclusion complex, being characterized by gas chromatography with flame ionization detector (GC-FID). The thermogravimetric analysis was also used in the characterization of the inclusion complex. The results corroborated the high antibacterial and antifungal potential of essential oil and suggests the formation of the inclusion complex *Syzygium aromaticum* / β -cyclodextrin (OEC β CD).

KEYWORDS: essential oils; natural product; antibacterial and antifungal action; gas chromatography; β -ciclodextrin.

SUMÁRIO

I.	INTRODUÇÃO	12
1.1.	Óleos essenciais.....	12
1.1.1	Conceito, origem e extração	12
1.1.2	Aplicabilidade	15
1.1.3	Química dos óleos essenciais	16
1.1.3.1.	Terpenoides.....	17
1.1.3.1.1.	Monoterpenos	18
1.1.3.1.2.	Sesquiterpenos	18
1.1.3.2.	Fenilpropanoides.....	18
1.1.4	Descrição dos óleos essenciais selecionados.....	19
1.1.4.1.	Tea tree (<i>Melaleuca alternifolia</i>).....	19
1.1.4.2.	Nootka tree (<i>Cupressus nootkatensis</i>)	20
1.1.4.3.	Cravo da Índia (<i>Syzygium aromaticum</i>).....	21
1.1.4.4.	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	21
1.1.4.5.	Canela (<i>Cinnamomum cassia</i>)	22
1.1.4.6.	Gerânio (<i>Pelargonium graveolens</i>)	23
1.1.4.7.	Sucupira (<i>Pterodon emarginatus</i>).....	23
1.1.4.8.	Pindaíba (<i>Xylopia brasiliensis</i>).....	24
1.1.4.9.	Priprioca (<i>Cyperus scariosus</i>).....	25
1.1.4.10.	Capim limão (<i>Cymbopogon citratus</i>)	25
1.1.4.11.	Alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i>).....	26
1.1.4.12.	Pimenta rosa (<i>Schinus therebinthifolius</i>).....	27
1.1.4.13.	Breu branco (<i>Protium heptaphyllum</i>)	28
1.1.4.14.	Cipreste (<i>Cupressus lusitanica</i>).....	28
1.1.4.15.	Olíbano do deserto (<i>Boswellia carteri</i>).....	28
1.2.	Atividade antimicrobiana de óleos essenciais	29
1.3.	Complexos de inclusão	32
1.3.1	Microencapsulação	32
1.3.2	Estrutura e propriedades das ciclodextrinas	33
1.3.3	Complexos de inclusão de óleos essenciais com ciclodextrinas	34
II.	OBJETIVOS	35

2.1. Objetivo geral e específicos.....	35
2.1.1 Objetivo geral.....	35
2.1.2 Objetivos específicos.....	35
III. MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
3.1. Óleos essenciais: composição química e atividade antimicrobiana	35
3.1.1 Composição química de óleos essenciais	35
3.1.1.1. Análises por cromatografia gasosa (CG-DIC).....	35
3.1.2 Atividade antimicrobiana de óleos essenciais	36
3.1.2.1. Atividade antimicrobiana através da técnica de microdiluição	36
3.2. Preparo e caracterização do complexo de inclusão.....	39
3.2.1. Preparo do complexo de inclusão.....	39
3.2.2. Caracterização do complexo óleo essencial/ciclodextrina por termogravimetria (TG) e termogravimetria derivada (DTG).....	39
3.2.3. Caracterização do complexo óleo essencial/ciclodextrina por cromatografia gasosa (CG-DIC).....	39
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1. Composição química	40
4.2. Comparação da atividade antimicrobiana.....	40
4.3. Complexo de inclusão.....	45
V. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
ANEXOS	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos terpenos com relação ao número de átomos de carbono e de unidades isoprênicas	17
Tabela 2: Óleos essenciais selecionados	19
Tabela 3: Lista dos 15 óleos essenciais analisados	37
Tabela 4: Componentes majoritários dos óleos essenciais selecionados	41
Tabela 5: Porcentagem de inibição comparativa de 15 óleos essenciais	42
Tabela 6: Perda de massa (%) do óleo essencial de cravo, da β -ciclodextrina e do complexo de inclusão, em função do aumento da temperatura – quantitativo	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Obtenção de óleos essenciais a partir de diferentes partes da planta	13
Figura 2: Extração de óleos essenciais por arraste a vapor	15
Figura 3: Unidade de isopreno (C ₅ H ₈) _n	17
Figura 4: Estrutura química do 1-terpinen-4-ol, componente do <i>M. alternifolia</i>	20
Figura 5: Estrutura química do nootkatona, componente do <i>C. nootkatensis</i>	21
Figura 6: Estrutura química do eugenol, componente do <i>S. aromaticum</i>	21
Figura 7: Estrutura química do carvacrol, componente do <i>O. vulgare</i>	22
Figura 8: Estrutura química do cinamaldeído, componente da <i>C. cassia</i>	22
Figura 9: Estrutura química do geraniol, componente do <i>P. graveolens</i>	23
Figura 10: Estrutura química do β-cariofileno, componente do <i>P. emarginatus</i>	24
Figura 11: Estrutura química do mirceno, componente do <i>X. brasiliensis</i>	24
Figura 12: Estrutura química do citral, componente do <i>C. citratus</i>	26
Figura 13: Estrutura química do α-pineno, componente do <i>R. officinalis</i>	26
Figura 14: Estrutura química do α-pineno, componente do <i>C. lusitanica</i>	28
Figura 15: Estrutura química do metil eugenol, componente do <i>B. carteri</i>	28
Figura 16: Sítios de ação para os compostos de produtos naturais	29
Figura 17: Dimensões moleculares da ciclodextrina	33
Figura 18: Componentes básicos de um cromatógrafo gasoso	35
Figura 19: Placa de atividade da amostra (100μL de solução trabalho + 100μL de inóculo) e branco da amostra (100μL de solução trabalho + 100μL de água)	38
Figura 20: Placa de controle positivo e esterilidade do meio (controle positivo: confirmação do crescimento do micro-organismo)	39
Figura 21: Termogravimetria do óleo essencial de cravo, da β-ciclodextrina e do complexo de inclusão, em função do aumento da temperatura – qualitativo	44
Figura 22: Termogravimetria (TG) e termogravimetria derivada (DTG) do óleo essencial de Cravo	45
Figura 23: Termogravimetria (TG) e termogravimetria derivada (DTG) da β ciclodextrina	46
Figura 24: Termogravimetria (TG) e termogravimetria derivada (DTG) do complexo OECβCD	46

LISTA DE ABREVIATURAS

CG-FID: cromatografia gasosa com detector por ionização em chama

DTG: termogravimetria derivada

MA: malaxagem

OE: óleos essenciais

OEC β CD: óleo essencial de cravo complexado em β ciclodextrina

TG: termogravimetria

RDC: resolução da diretoria colegiada

I. INTRODUÇÃO

1.1. Óleos essenciais

1.1.1 Conceito, origem e extração

As substâncias químicas produzidas pelos vegetais podem ser divididas em dois grupos. As primeiras são essenciais a todos os seres vivos, denominados metabólitos primários. Nesse grupo estão incluídos os lipídios, proteínas e glicídeos, com funções vitais bem definidas. Os produtos do metabolismo primário, por meio de rotas biossintéticas diversas originam, à custa de energia, o segundo grupo de compostos químicos, os metabólitos secundários, que geralmente apresentam estrutura complexa, baixa massa molecular e marcantes atividades biológicas (SIMÕES, 2000). Os terpenos constituem um dos maiores grupos de metabólitos secundários.

Os óleos essenciais encontram-se nessa classe e são constituídos principalmente de hidrocarbonetos como os monoterpenos, sesquiterpenos, fenilpropanoides e compostos oxigenados como os ésteres, álcoois, aldeídos, cetonas, lactonas, fenois entre outras substâncias de baixa massa molecular (CRAVEIRO et al., 1992).

Segundo a Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 2, de 15 de janeiro de 2007, óleos essenciais são produtos voláteis de origem vegetal obtidos por processo físico (destilação por arraste com vapor de água, destilação a pressão reduzida ou outro método adequado).

Conforme a *International Standard Organization* (ISO), descrito por SIMÕES e SPITZER (2003), os óleos essenciais são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas. A designação de “óleo” é devida a algumas características físico-químicas como a de serem geralmente líquidos de aparência oleosa à temperatura ambiente. Sua principal característica é a volatilidade, diferenciando-os dos óleos fixos, que são misturas de substâncias lipídicas obtidas normalmente de sementes, como, por exemplo, soja, mamona e girassol.

Os óleos essenciais são responsáveis pelo característico odor das plantas, o qual contribui para diferenciá-las. O aroma agradável e intenso presente na maioria dos óleos voláteis faz com que estes sejam chamados de essências. Eles são solúveis em solventes

orgânicos pouco polares, como éter, recebendo, por isso, a denominação de óleos etéreos (RADUNZ, 2004). Não são muitos estáveis, principalmente na presença de ar, luz, calor, umidade e metais. A maioria apresenta índice de refração e são opticamente ativos, característica esta muito importante no controle de qualidade dos mesmos. Podem estar presentes nas folhas, flores, madeira, sementes e raízes, como exemplificados na Figura 1. Óleos essenciais extraídos de diferentes partes de uma mesma planta, apesar de apresentarem cor e aspecto semelhantes, podem apresentar composição química, características físico-químicas e odores diferentes (ROBBERS et al., 1997). São encontrados em abundância em angiospermas dicotiledôneas, tais como nas famílias Asteraceae, Apiaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Myristicaceae, Piperaceae, Rutaceae, entre outras.

Figura 1 - Obtenção de óleos essenciais a partir de diferentes partes da planta.



Fonte: elaborada pela autora.

As variações na composição dos óleos essenciais e nas características morfológicas das espécies aromáticas têm sido observadas dependendo da origem geográfica do material, o que levou à hipótese de que seriam consequência da influência de fatores ambientais (RETAMAR, 1994; ZOGHBI et al., 1998). A planta, com o objetivo de se adaptar a um ambiente particular, pode dar origem a uma “variedade” quimicamente nova, denominada de quimiotipo. A ocorrência de quimiotipos é frequente em plantas ricas em óleos voláteis (SIMÕES et al., 2000). Alguns óleos essenciais podem conter de 20 a 60 constituintes com

diferentes concentrações. Outros óleos são caracterizados por apresentarem dois ou três constituintes que são considerados componentes majoritários com elevadas concentrações (20-70%) (BAKKALI et al., 2008).

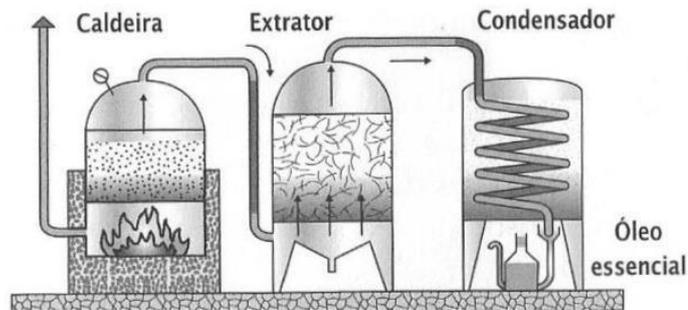
Dentre as principais funções biológicas atribuídas aos óleos essenciais, destacam-se: a inibição de germinação, ação repelente contra predadores, atração de polinizadores, proteção quanto à perda de água e aumento de temperatura. Dentre as várias propriedades farmacológicas, pode-se citar ação carminativa, antiespasmódica, estimulante da secreção do aparelho digestivo, cardiovascular, secretolítica, anestésica local, anti-inflamatória, antimicrobiana, dentre outras (SIMÕES et al., 2000; BAKKALI et al., 2008). Alguns óleos essenciais apresentam propriedades antioxidantes, devido aos componentes terpenoídicos e fenólicos (BAKKALI et al., 2008). Essa propriedade antioxidante, em particular dos constituintes fenólicos, tem feito com que os óleos essenciais sejam usados como aditivos naturais em alimentos. Os efeitos biológicos podem ser resultantes de um sinergismo entre todos os constituintes ou serem resultados dos principais constituintes dos mesmos. Geralmente, os constituintes majoritários são responsáveis pelas características biofísicas e biológicas, sendo que os efeitos dependem de sua concentração. No entanto, mesmo os constituintes em menores quantidades podem apresentar atividades biológicas. É provável que os vários constituintes desempenhem um papel na determinação da fragrância, da densidade, da textura, da coloração e, acima de tudo, na penetração e na distribuição celular (BAKKALI et al., 2008; BURT, 2004).

Os óleos essenciais são obtidos por arraste com vapor d'água, hidrodestilação, prensagem, enfleurage, extração por CO₂ supercrítico e por solventes orgânicos pouco polares (MORAES, 2001; SMITH et al., 2005). Os componentes voláteis podem ser satisfatoriamente analisados por cromatografia com fase gasosa (MARRIOTT et al., 2001).

A extração a vapor é o método mais utilizado na produção de óleos essenciais. O processo consiste na destilação de compostos voláteis e facilmente arrastados pelo vapor. O vapor quente passa através do material vegetal, fazendo com que os componentes dos óleos essenciais sejam liberadas e arrastadas pelo vapor. A temperatura do vapor deve ser cuidadosamente controlada para não comprometer a qualidade dos óleos essenciais. Após a extração, esse vapor é passado através de um sistema de resfriamento para ocorrer a condensação. O líquido obtido é composto por água e óleo essencial, que são então separados

por fases. O óleo, por ser menos denso, fica acima da água, como mostrado na Figura 2 (WOLFFENBUTTEL, 2011).

Figura 2 - Extração de óleos essenciais por arraste a vapor.



Fonte: WOLFFENBUTTEL, 2001.

1.1.2 Aplicabilidade

O emprego de essências começou nas antigas civilizações, quando o homem descobriu o fogo e percebeu que ao queimar determinados arbustos e resinas, estas exalavam um aroma intenso. Grandes referências históricas provêm do Oriente, especialmente do Egito, onde os óleos essenciais eram usados para embalsamar múmias e para fazer oferendas nas cerimônias religiosas e, muitas vezes, eram colocados em recipientes com detalhes em ouro que seguiam juntos para os túmulos dos grandes faraós. Na Tumba de Tutancâmon, por exemplo, foram encontrados óleos aromáticos de cedro, mirra e zimbros (CORAZZA, 2002). Por volta do século III d.C., o império romano foi invadido por povos vindos de toda a parte. O quadro foi desolador e os centros urbanos foram destruídos. Várias epidemias, entre elas a peste, a cólera e a varíola, dizimaram populações inteiras, e diante delas, a medicina da época mostrou-se ineficaz. Os boticários representaram um papel importante em tempos trágicos, queimando incensos resinosos de pinho, cedro, louro, alecrim e cipreste nas casas e hospitais onde ficavam os enfermos, devido à sua atividade antimicrobiana. Foram também muito utilizados ao longo da história em pomadas e bálsamos medicinais, aditivos para banho e para aliviar constipações da cabeça e do peito, bem como para dores musculares (MÜHLBAUER, 2003).

A evolução da utilização, com base científica, dos produtos naturais tem caminhado junto com a própria evolução da humanidade. Hoje, há aproximadamente 3000 óleos essenciais conhecidos e cerca de 10% têm importância comercial (BAKKALI et al., 2008). Os óleos essenciais são produtos valiosos de origem natural que representam uma importante

vertente econômica, cuja utilização é muito grande nas indústrias de perfumes, cosméticos, fitoterapia, condimentos, bebidas e nutrição (SANTOS et al., 2009).

De acordo com a base de dados americana COMTRADE (*United Nations Commodity Trade Statistics Database*) o mercado mundial de óleos essenciais gira em torno de US\$15 milhões ao ano, apresentando crescimento aproximado de 11% anual. O Brasil é um dos grandes produtores e exportadores de óleos essenciais, devido ao mercado de óleos cítricos que corresponde a 93% do comércio, como os de laranja, lima, limão, entre outros (BIZZO et al., 2009). Nos Estados Unidos, o consumo per capita do mentol nos alimentos em 2003 chegou a 0,1 mg/ kg/ dia (MÜHLBAUER, 2003).

O mercado de óleos essenciais é próspero para países que dispõem de uma grande biodiversidade e possuem condições de agregar valor às suas matérias-primas, transformando-as em produtos beneficiados. O Brasil posiciona-se em uma situação promissora por sua extensão territorial e grande biodiversidade, ainda pouco explorada (BIASSI, 2009).

A despeito de sua multiplicidade de aplicações, os óleos essenciais são quimicamente instáveis na presença de luz, ar, umidade e altas temperaturas, o que pode causar rápida evaporação e degradação de alguns de seus componentes ativos (LAI et al, 2006). De forma a favorecer o número de aplicações dos óleos essenciais, o uso de tecnologias de microencapsulação são excelentes alternativas.

1.1.3 Química dos óleos essenciais

Os óleos essenciais, além de composição complexa, variam amplamente quanto à sua composição, contendo de poucos até muitas centenas de constituintes, com diferentes tipos de compostos orgânicos, especialmente hidrocarbonetos e compostos oxigenados.

Os constituintes dos óleos essenciais são divididos em duas classes químicas inteiramente distintas, terpenoides e fenilpropanoides. A formação dos compostos dos óleos essenciais se dá a partir da derivação química de terpenoides, originados a partir do ácido mevalônico, ou de fenilpropanoides, provindos do ácido chiquímico (SIMÕES et al., 2000).

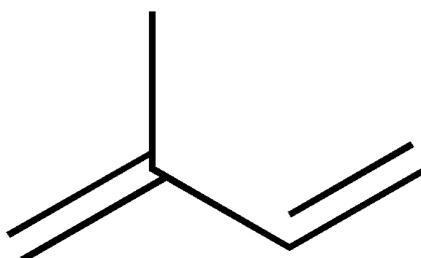
Embora os terpenos representem a maioria dos componentes e ocorram com muito mais frequência e abundância, sempre que os fenilpropanoides estão presentes fornecem um sabor e odor indispensáveis e significativos ao óleo. Biogeneticamente, terpenoides e

fenilpropanoides originam-se de metabolismos precursores diferentes e são gerados por rotas biossintéticas completamente distintas (SANGWAN et al., 2001).

1.1.3.1. Terpenoides

Os terpenoides, também conhecidos como isoprenoídes ou terpenos, constituem uma das maiores classes de substâncias naturais, apresentando mais de 40.000 moléculas diferentes. Uma grande variedade de substâncias vegetais é constituída por terpenóides, sendo empregado este termo para indicar todas as substâncias de origem biossintética derivadas de unidades do isopreno, como mostra na Figura 3. Cada unidade isoprênica, por sua vez, origina-se a partir do ácido mevalônico (SIMÕES e SPITZER, 2003).

Figura 3: Estrutura química do isopreno (C_5H_8)_n.



Nos óleos voláteis os compostos terpênicos encontrados com maior frequência são os monoterpenos (C10) (cerca de 90% dos óleos voláteis) e os sesquiterpenos (C15). Já os diterpenos (C20) são encontrados apenas em óleos essenciais extraídos com solventes orgânicos devido à alta temperatura de volatilização desses compostos (SIMÕES e SPITZER, 2003). De acordo com Solomons (2006), a maioria dos terpenos tem esqueletos com 10, 15, 20 ou 30 átomos de carbono. Dependendo do número de unidades de isopreno (5 átomos de carbono) presentes, tem-se a seguinte classificação, conforme descrito na Tabela 1.

TABELA 1: Classificação dos terpenos com relação ao número de átomos de carbono e de unidades isoprênicas.

Número de Átomos de Carbono	Classe	Número de unidades de isopreno
10	Monoterpenos	2 unidades
15	Sesquiterpenos	3 unidades
20	Diterpenos	4 unidades
30	Triterpenos	6 unidades

1.1.3.1.1. Monoterpenos

Os monoterpenos representam 90% dos constituintes dos óleos essenciais (BAKKALI et al., 2008). São considerados a maior classe de metabólitos especiais de considerável valor econômico. Os monoterpenos têm sabor e aroma agradáveis quando usados em pequenas concentrações. “Como exemplos de espécies ricas em monoterpenos, citam-se *Cinnamomum camphora*, rica em cânfora (27 – 45 %) e cineol (4 – 21 %); *Cymbopogon winterianus*, *C. nardus* com os constituintes citronelol (25 – 55 %) e geraniol (20 – 40 %); *Eucalyptus globulus*, *E. smithii*, *E. polybractea* com os constituintes 1,8-cineol (eucaliptol; 70–85%) e α -pineno (14 %); *Lavandula angustifolia*, *L. officinalis* com os constituintes acetato de linalila (25 – 45 %) e linalol (25 – 38 %); *Citrus limon* com constituintes limoneno (60 – 80 %) e β -pineno (8 – 12 %); *Citrus aurantium* ssp. amara com os constituintes limoneno (92 – 94 %) e mirceno (2 %); *Mentha piperita* com constituintes mentol (30 – 50 %) e mentona (15–32 %); *Rosa damascena*, *R. gallica*, *R. alba* and *R. centifolia* com os constituintes citronelol (36 %) e geraniol (17 %); *Salvia officinalis* rica em tujona (40 – 60 %) e cânfora (5 – 22 %)” (DEWICK, 2009).

1.1.3.1.2. Sesquiterpenos

São originados de três unidades de isoprenos (C₁₅). Possuem propriedades biológicas de repelência a insetos, polinização e regulação do crescimento em plantas. Como exemplos de espécies ricas em sesquiterpenos, citam-se *Tanacetum parthenium* com o constituinte partenolido; *A. cinia* com o constituinte santonina; *Matricaria chamomilla* (*Chamomilla recutita*) com os constituintes α -bisabolol, óxidos de bisabolol A e B e camazuleno; *Humulus lupulus* com o constituinte humuleno; *Syzygium aromaticum* e *Cinnamomum zeylanicum* ricas em β -cariofileno (DEWICK, 2009).

1.1.3.2. Fenilpropanoides

Os fenilpropanoides, também chamados de arilpropanoides, ocorrem em várias espécies vegetais. Embora os fenilpropanoides não sejam constituintes comuns de óleos essenciais de plantas, os óleos essenciais de certas espécies contêm proporções abundantes ou significativas de tais compostos. Os principais fenilpropanoides conhecidos são eugenol, metil eugenol, miristicina, elemicina, chavicol, metil chavicol, dilapiol, anetol, estragol, apiol (SANGWAN et al., 2001).

1.1.4 Descrição dos óleos essenciais selecionados

O presente trabalho contempla o estudo dos 15 óleos essenciais descritos na tabela 2:

TABELA 2: Óleos essenciais selecionados

Nome popular	Nome científico	Extração	Origem
TEA TREE	<i>Melaleuca alternifolia</i>	a vapor das folhas	Austrália
NOOTKA TREE	<i>Cupressus nootkatensis</i>	a vapor da madeira	Canadá
CRAVO	<i>Syzygium aromaticum</i>	a vapor das folhas	Brasil
OREGANO	<i>Origanum vulgare</i>	a vapor da erva	Turquia
CANELA	<i>Cinnamomum cassia</i>	a vapor da madeira	China
GERANIO	<i>Pelargonium graveolens</i>	a vapor da planta	África do sul
SUCUPIRA	<i>Pterodon emarginatus</i>	a vapor das sementes	Brasil
PINDAÍBA	<i>Xylopiã brasiliensis</i>	a vapor dos frutos	Brasil
PRIPRIOCA	<i>Cyperus scariosus</i>	a vapor das raízes	Índia
CAPIM LIMAO	<i>Cymbopogon citratus</i>	a vapor das folhas	Brasil
ALECRIM	<i>Rosmarinus officinalis</i>	a vapor da erva	Brasil
PIMENTA ROSA	<i>Schinus therebintifolius</i>	a vapor dos frutos	Brasil
BREU BRANCO	<i>Protium heptaphyllum</i>	a vapor da resina	Brasil
CIPRESTE LUSITÂNICA	<i>Cupressus lusitanica</i>	a vapor das folhas	Brasil
OLÍBANO DO DESERTO	<i>Boswellia carteri</i>	a vapor da resina	Somália

Fonte: elaborada pela autora.

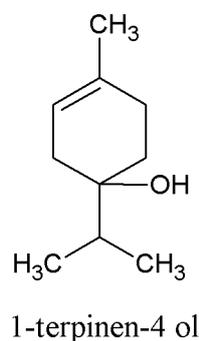
1.1.4.1. Tea tree (*Melaleuca alternifolia*)

É uma árvore relativamente pequena, pertencente à família Myrtaceae, atinge aproximadamente 5m de altura, originária da Austrália, também conhecida como árvore do chá, florescendo principalmente em áreas de pântano, próximos de rios. O óleo essencial é obtido por arraste a vapor, um líquido amarelo pálido com um odor pungente distintivo e é composto de uma mistura complexa de monoterpenos, 1-terpinen-4-ol (Figura 4), cineol e outros hidrocarbonetos. De acordo com o Comitê Australiano, para que o óleo possua atividade antisséptica, ele deve conter quantidade de cineol abaixo de 15% e de 1-terpinen-4-ol acima de 30% (*International Organisation for Standardisation*, 2004).

M. alternifolia passou a ser conhecida no ocidente a partir de 1770 quando a expedição do capitão James Cook aportou na baía de Botany na Austrália e observou nativos fazendo uso de chá de folhas de árvore com propriedades medicinais. Durante a Segunda Guerra Mundial, soldados australianos tinham, como parte dos kits militares, o óleo de melaleuca para o tratamento de feridas (HAMMER et al., 2002) com utilização tópica (ALTMAN, 1989; SYED et al., 1999).

Estudos iniciais sobre a atividade antimicrobiana de *M. alternifolia* foram descritos na literatura ocidental a partir de 1962 por Peña a partir de investigações com *Tricomonas vaginalis*. Atualmente, é empregado como agente antimicrobiano ou preventivo em escala farmacêutica ou cosmética e a indicação vai desde a utilização em lesões, queimaduras, picadas de inseto, gel para espinhas, cremes vaginais, cremes para a pele e até em pastas de dente (COX et al., 2001).

Figura 4 - Estrutura química do 1-terpinen-4-ol, componente do *M. alternifolia*.

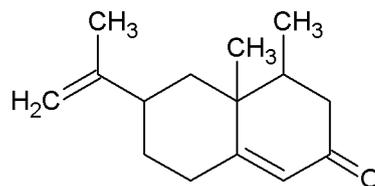


1.1.4.2. Nootka tree (*Cupressus nootkatensis*)

É uma majestosa árvore, da família Cupressaceae, de até 25 metros de altura e 90 cm de diâmetro predominante em Vancouver (Canadá) e Alaska, também conhecida como cipreste amarelo ou cipreste do Alaska. Sua madeira apresenta elevado tempo de vida devido à sua resistência a deteriorização. Um estudo feito com árvores de nootka mortas em florestas demonstrou que elas podem ficar estáveis por mais de um século sem a madeira deteriorar-se (KELSEY et al., 2005).

O óleo essencial é rico em nootkatona (Figura 5), uma importante cetona sesquiterpênica, valenceno, carvacrol e caviacol, formando uma mistura única e rara. A nootkatona isolada tem se mostrado como um repelente/inseticida eficaz contra carrapatos (JORDAN et al., 2012). Este componente também têm sido utilizado como repelente/inseticida contra mosquitos, besouros, piolhos e outros insetos (PANELLA et al., 2005). Não é um componente tóxico a seres humanos, sendo utilizado como um flavorizante alimentar (JAN SUSKIWI, 2011).

Figura 5 - Estrutura química do nootkatona, componente do *C. nootkatensis*.



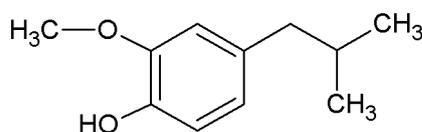
Nootkatona

1.1.4.3. Cravo da Índia (*Syzygium aromaticum*)

É uma árvore sempre verde, de copa alongada, medindo de 10 a 20 metros de altura, pertencente à família das Mirtáceas, nativa da Indonésia. Tem sido usada por décadas como condimento, perfume, na medicina e odontologia, cuja explicação está na presença de um constituinte majoritário biologicamente ativo conhecido como eugenol, mostrado na Figura 6 (CHAIEB et al., 2007).

Segundo Amaral & Bara (2005), Park et al. (2007) e Nzeako & Lawati (2008), o eugenol pode contribuir com atividade antifúngica e antibacteriana. A espécie é explorada principalmente para extração industrial do óleo essencial obtido a partir dos botões florais, folhas e outras partes. O óleo essencial utilizado nesse trabalho foi obtido por arraste a vapor das folhas do cravo.

Figura 6 - Estrutura química do eugenol, componente do *S. aromaticum*.



Eugenol

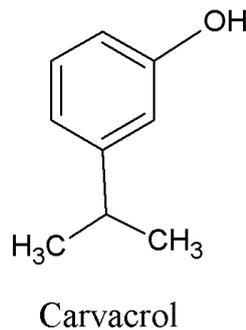
1.1.4.4. Orégano (*Origanum vulgare*)

É uma planta aromática, muito utilizada principalmente na culinária. Além das folhas, usadas no tratamento popular, o óleo essencial tem demonstrando eficácia em pesquisas, principalmente como antimicrobiano (LAMBERT et al., 2001; CLEFF et al., 2008). O óleo é obtido por arraste a vapor das folhas. Os dados obtidos na análise cromatográfica estão de acordo com a literatura, sendo que os fenóis, como carvacrol (Figura 7), timol, γ -terpeno e p-

cimeno, podem alcançar entre 80,2% a 98% da composição total do óleo de orégano (SIMÕES et al., 2003; CLEFF, 2008).

Há relatos na literatura científica abordando o estudo do potencial antimicrobiano do orégano no controle de bactérias e fungos em alimentos (ALIGIANS et al., 2001). Estudos têm mostrado propriedades antimicrobianas e antioxidantes (MILOS, 2000).

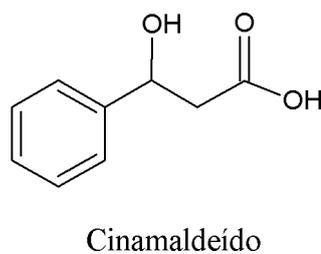
Figura 7 - Estrutura química do carvacrol, componente do *O. vulgare*.



1.1.4.5. Canela (*Cinnamomum cassia*)

A canela é uma árvore perene, da família Lauraceae. Muito conhecida por sua casca perfumada. O óleo essencial é picante e quente, obtido por arraste a vapor das cascas. Grande parte da bioatividade da canela reside em seu óleo, com grande teor de cinamaldeído (Figura 8). É usada principalmente em medicina, alimentos, cosméticos (BOWN, 1995) e também na aromaterapia, na massagem para promover a circulação de sangue. Sua ação antimicrobiana pode ser usada para prevenir a deterioração de alimentos (FABIO et al., 2003).

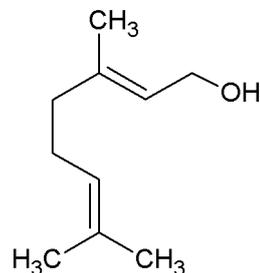
Figura 8 - Estrutura química do cinamaldeído, componente da *C. cassia*.



1.1.4.6. Gerânio (*Pelargonium graveolens*)

É uma planta subarborescente, pertencente à família Geraniaceae, muito comum no sul da África, também conhecida como malva cheirosa. É usada principalmente para a produção de óleos essenciais. Seu aroma doce e quente, semelhante ao de pétalas de rosas é comercialmente conhecido como óleo de gerânio e amplamente usado em sabonetes e nas indústrias de perfumaria e cosméticos (SAXENA et al., 2000), sendo também utilizado como terapêutico para combater problemas de menopausa, de pele, tensão nervosa e ansiedade (RAO, 2002). Pode também ser usado como aromatizante em produtos de fumo, em pastas de dente, pomada e outras preparações farmacêuticas, além de apresentar atividade antimicrobiana (SHIN, 2003). O óleo é extraído dos pêlos glandulares nas duas superfícies das folhas ou em tricomas. São caracterizadas por altos níveis de citronelol (19-45%), acompanhados de quantidades menores de geraniol (<24% / Figura 9), linalol (<14%), isomentona, entre outros (JULIANI, 2006).

Figura 9 - Estrutura química do geraniol, componente do *P. graveolens*.



Geraniol

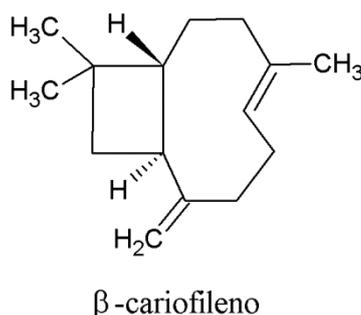
1.1.4.7. Sucupira (*Pterodon emarginatus*)

É uma espécie arbórea, também conhecida como fava de sucupira ou faveiro, com 8-16 metros de altura e tronco com 30-40 cm de diâmetro revestido por casca pardo-amarelada, normalmente encontrada em terrenos secos e arenosos do cerrado brasileiro. A maturação dos frutos ocorre de junho a julho, com a planta quase totalmente despida de folhagem. Floresce em setembro-outubro. Por ser uma espécie tolerante à luz direta e pouco exigente em relação ao solo, é de grande importância nos reflorestamentos destinados a áreas degradadas. Por apresentar uma madeira dura, difícil de rachar e de longa durabilidade, é muito usada na construção naval e civil, pilares de pontes, assoalhos de carrocerias, carvão e lenha. Por ser

muito ornamental, pode ser utilizada com sucesso na arborização urbana de ruas e praças. Suas flores são esbranquiçadas ou róseas, dispostas em inflorescências apicais amplas. Os frutos são sâmaras contendo óleo amargo na estrutura alveolar da região central.

O óleo essencial é extraído dessas sementes por arraste a vapor. Destaca-se o β -cariofileno (Figura 10) como componente majoritário do óleo de sucupira branca. O β -cariofileno pode ser empregado na medicina tradicional para o tratamento de diversas moléstias. Apresenta as seguintes propriedades: anti-inflamatória, antiedêmico (SHIMIZU, 1990), repelente de insetos (KEELER et al., 1991), antitumoral (ZHENG et al., 1992), bactericida (KANG et al., 1992), insetífugo (JACOBSON et al., 1990) e espasmolítico (DUKE, 1992).

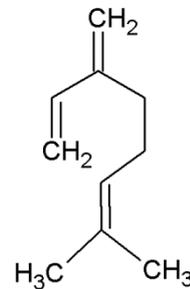
Figura 10 - Estrutura química do β -cariofileno, componente do *P. emarginatus*.



1.1.4.8. Pindaíba (*Xylopiã brasiliensis*)

É uma espécie da família Anonaceae, também conhecida como pindavuna. Nativa da mata atlântica, sua árvore pode atingir até 20 metros de altura e o tronco apresenta casca rugosa de coloração castanho-acinzentada. Suas folhas são verde-amareladas, brilhantes. Suas flores avermelhadas no botão e róseo-esbranquiçadas posteriormente. Floresce de outubro a novembro. Frutifica de março a maio. O fruto tem uma aparência rústica muito bonita: à medida que vai amadurecendo, sua coloração verde adquire matizes de vermelho, até ficar completamente tomada por uma cor de sangue, violácea. O óleo essencial é extraído desses frutos por arraste a vapor. Destaca-se o mirceno (Figura 11) como componente majoritário do óleo da pindaíba.

Figura 11 - Estrutura química do mirceno, componente do *X. brasiliensis*.



Mirceno

1.1.4.9. Priprioca (*Cyperus scariosus*)

É uma planta da família Cyperaceae. Seu óleo essencial é obtido por destilação das raízes. Sua coloração é atípica, com tons avermelhados e um aroma com notas florais e ao mesmo tempo amadeirados, considerado afrodisíaco. O uso mais comum hoje encontra-se na perfumaria, de cosméticos a perfumes de luxo. O artesão local utiliza as fibras e rizomas para o desenvolvimento dos produtos; diz-se que esses não criam mofo.

1.1.4.10. Capim limão (*Cymbopogon citratus*)

É uma espécie herbácea pertencente à família Poaceae, com longas folhas aromáticas, estreitas, agudas e ásperas e com nervura central proeminente. Também conhecido nacionalmente como capim-cidreira, capim-limão, capim-santo ou capim-cidrão, e internacionalmente como *lemongrass* (LEAL et al., 2003).

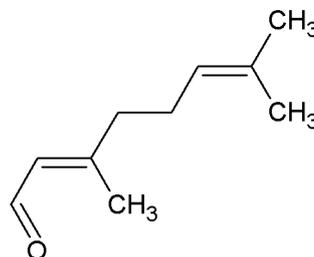
Encontra-se difundido em vários países e aclimatado nas regiões tropicais do Brasil. As condições climáticas ideais para o seu desenvolvimento são calor e clima úmido com plena exposição solar e chuvas uniformemente distribuídas (ORTIZ et al., 2002).

O óleo essencial é extraído das folhas por arraste à vapor e apresenta cor amarela e aroma agradável. Destaca-se alto teor de citral (70 a 85% v/v – Figura 12), mistura isomérica de neral (citral B ou isômero Z) e geranial (citral A ou isômero E). Além destes, pode conter mirceno e outros compostos minoritários como, por exemplo, geraniol e limoneno (MARTINS et al., 2003).

A atividade antimicrobiana do óleo essencial de *C. citratus* tem sido relatada frente a vários patógenos (CIMANGA et al., 2002). Essa atividade foi atribuída ao citral (GUERRA et al., 2000). Apresenta também atividade farmacológica para vários distúrbios, tais como insônia, nervosismo, má-digestão, flatulência além de antiespasmódico de tecidos uterinos e intestinais, diaforético, antitérmico, diurético, antialérgico e analgésico (AKISUE et al., 1996; MING et al., 1996). SOUSA et al. (1991) relataram suas propriedades inseticidas, principalmente larvicida e repelente de insetos.

Segundo CARRICONDE et al., 1996, o óleo essencial do *C. citratus* tem como propriedades terapêuticas ação antifúngica e antibacteriana. O principal componente deste óleo essencial é o citral. Segundo BATT et al, 1983, citral é um terpenoide oxigenado (aldeído), que tem sido identificado como componente exibidor das propriedades antimicrobianas do óleo do *C. citratus*. Esse óleo tem sido muito estudado como conservante para alimentos industrializados devido à essa ação antimicrobiana, além de conferir um odor agradável ao alimento.

Figura 12 - Estrutura química do citral, componente do *C. citratus*.



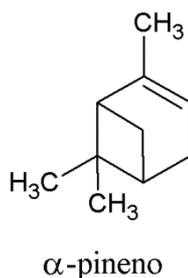
Citral

1.1.4.11. Alecrim (*Rosmarinus officinalis*)

É uma planta arbustiva, da família Lamiaceae, nativa da região do Mediterrâneo, de numerosas folhas estreitas, duras e perenes, também conhecida como rosmarinus ou alecrim de cheiro. Foi muito apreciada na Idade Média e no Renascimento, aparecendo em várias fórmulas, inclusive na “Água da Rainha da Hungria”, famosa solução rejuvenescedora. Hipócrates já recomendava o uso deste espécie, assim como os médicos árabes. É muito usada na medicina tradicional por suas propriedades adstringentes, tônicas, carminativas, digestivas e emenagogas.

O óleo essencial é obtido por arraste a vapor das folhas frescas e galhos. É quase um líquido incolor ou ligeiramente amarelo com um odor característico, refrescante e agradável. Os principais constituintes descritos para o óleo é α -pineno (Figura 13), 1,8-cineol e cânfora (BAUER et al., 1997).

Figura 13 - Estrutura química do α -pineno, componente do *R.officinalis*.



1.1.4.12. Pimenta rosa (*Schinus therebinthifolius*)

É uma árvore de pequeno a médio porte, 4-10 metros, da família Anacardiaceae, também conhecida como aroeira, aroeira mansa, aroeira vermelha ou pimenta brasileira. Originária do Brasil, dá frutos de maneira bastante abundante. Quando frutifica-se, torna-se muito atraente, fica toda recoberta de cachos com frutos de cor vermelha bem forte e brilhante. De sabor pouco picante, é muito valorizada na culinária internacional, principalmente na França. Em pesquisa realizada em 1995, em Feira de Santana, Bahia, a pimenta rosa foi a décima erva medicinal mais usada na medicina popular, num total de 138 ervas citadas (NGOKWEY, 1995). Este mesmo autor cita que a pimenta rosa é utilizada na medicina popular para o tratamento de doenças venéreas, reumatismo, diarreias, gengivite, febre e dores em geral. O óleo essencial é extraído dos frutos por arraste a vapor.

Em 1996, uma patente americana foi criada para um produto feito com o óleo essencial de aroeira brasileira, *Schinus therebinthifolius*, como um remédio tópico de ação bactericida utilizado contra *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus* para seres humanos e animais (um preparado para o nariz, ouvido e peito). A mesma companhia criou uma outra patente em 1997 para um preparado similar usado para limpeza de pele e de ação bactericida.

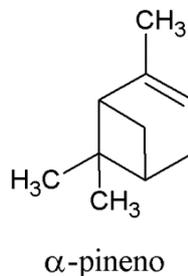
1.1.4.13. Breu branco (*Protium heptaphyllum*)

É uma árvore de grande porte, da família Burseraceae. Nativa da Floresta Amazônica, ocorrendo na Guiana Francesa central, Amapá, norte do Pará até o oeste do Maranhão. Também conhecido como almecegueira. Possui grande importância na indústria de perfumaria nacional por conta da sua resina com cheiro agradável.

1.1.4.14. Cipreste (*Cupressus lusitanica*)

É uma árvore conífera, sempre verde, da família Cupressaceae, com uma copa que pode variar de cônica a ovóide, podendo atingir até 40 metros de altura. Muito comum no México e América Central, foi introduzida no Brasil. O óleo essencial é obtido por destilação a vapor das folhas, sendo rico em α pineno (Figura 14). Costuma ser usado para curar doenças de pele causadas por dermatófitos e também para repelir insetos (KUIATE et al., 2006). Em Costa Rica, utilizam um preparado em álcool para aliviar a tosse e sintomas de resfriado (MORTON, 1981).

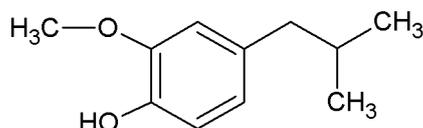
Figura 14 - Estrutura química do α -pineno, componente do *C.lusitanica*.



1.1.4.15. Olíbano do deserto (*Boswellia carteri*)

É um arbusto da família Burseraceae, também conhecido como incenso, oriundo de países africanos e asiáticos. É uma resina aromática muito usada na perfumaria e fabricação de incensos. Usada há séculos no oriente, na defumação de templos e casas. O óleo essencial é obtido por arraste a vapor da resina, rica em metil eugenol (Figura 15).

Figura 15 - Estrutura química do metil eugenol, componente do *B. carteri*.



Metileugenol

1.2. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais

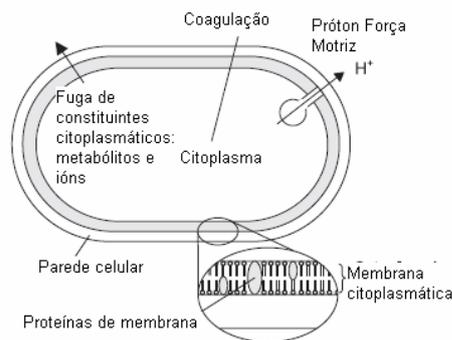
Os óleos essenciais apresentam atividade contra uma ampla variedade de micro-organismos: vírus, bactérias, fungos, protozoários e parasitas. Os compostos e suas porcentagens presentes nos óleos essenciais variam de acordo com a espécie considerada (SOLÓRZANO et al., 2011). A atividade antimicrobiana exercida por terpenos e derivados tem sido descrita através de pesquisas envolvendo diversas espécies de plantas e micro-organismos testados. Em revisão sobre o assunto, GREAY e HAMMER (2011) cita alguns dos mecanismos por meio dos quais estes compostos atuam sobre células bacterianas. Monoterpenos interferem com a integridade e funcionamento da membrana celular, através da mudança de potencial da membrana, perda de material citoplasmático e inibição da cadeia respiratória. SOUZA et al. (2011) descreveram a atividade antimicrobiana de sesqui- e diterpenos isolados da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) contra bactérias cariogênicas. GUINOISEAU et al. (2010) testaram os óleos essenciais de *Inula graveolens* e *Santolina corsica* frente a *S. aureus*, e observaram que a atividade bactericida de ambos os óleos não envolveu lise celular, porém a parede celular de algumas células bacterianas sofreu afinamento, e percebeu-se a perda da homogeneidade do conteúdo celular pela formação de grânulos citoplasmáticos. O óleo de coentro (*Coriandrum sativum* L.) exerceu efeitos sobre os processos respiratórios, bomba de efluxo e potencial de membrana de bactérias Gram-positivas e negativas, sendo bactericida para a maioria das linhagens testadas, muito provavelmente por ocasionar danos na membrana celular (SILVA et al., 2011).

Os óleos essenciais são formados por substâncias lipofílicas, que atravessam a parede celular e a membrana citoplasmática dos micro-organismos (BAKKALI et al., 2008). Esses compostos permitem a partição dos lipídeos da membrana celular bacteriana, desintegrando as estruturas e tornando-as mais permeáveis (SIKKEMMA, 1994).

Nem todos os mecanismos de ação agem em alvos específicos, podendo alguns sítios serem afetados em consequência de outros mecanismos (BURT, 2004).

Os locais, ou estruturas, da célula bacteriana que são considerados sítios de ação para os compostos de produtos naturais são ilustrados na Figura 16:

Figura 16: Sítios de ação para os compostos de produtos naturais.



Fonte: BURT, 2004

Na sequência estão relacionados alguns compostos e seu mecanismo de ação sobre micro-organismos.

Carvacrol e timol: timol possui estrutura similar ao carvacrol, diferem pela localidade do grupo hidroxila sobre o anel fenólico. As duas substâncias parecem tornar a membrana permeável (LAMBERT et al., 2001). Ambas as estruturas desintegram a membrana externa de bactérias Gram negativas liberando os lipopolissacarídeos (LPS) e aumentando a permeabilidade da membrana citoplasmática ao ATP. A presença de cloreto de magnésio não influencia nesta ação sugerindo um mecanismo de quelação de cátions diferente na membrana externa (HELANDER et al., 1998).

Eugenol: concentrações de eugenol inibiram a produção de amilase e protease por *B. cereus*, degradação da parede celular e lise celular também foram encontradas (THOROSKI et al., 1989).

p-Cimeno: precursor do carvacrol e hidrofóbico; provoca maior intumescimento da membrana citoplasmática do que o carvacrol (ULTEE et al., 2002).

Carvone: quando testado em concentrações maiores do que a sua concentração inibitória mínima (CIM), o carvone dissipa o pH gradiente e o potencial da membrana celular. O

crescimento de *E.coli*, *Streptococcus thermophilus* e *L. lactis* diminuiu de acordo com as concentrações de carvone, sugerindo que ele atue perturbando o estado metabólico geral da célula (OOSTERHAVEN et al., 1995).

Cinamaldeído: conhecido por ter ação inibitória sobre *E.coli* e *S. Typhimurium* em concentrações parecidas com as do carvacrol e timol, mas não desintegra a membrana externa e nem enfraquece o ATP intracelular (HELANDER et al., 1998). O grupo carbonila tem afinidade com proteínas prevenindo a ação de aminoácidos descarboxilases em *E.aerogenes* (WENDAKOON et al., 1995).

Em geral, a citotoxicidade dos óleos essenciais é devida à presença de substâncias com grupos fenólicos, aldeídos e alcoóis (BAKKALI et al., 2008). A capacidade citotóxica de óleos essenciais, baseados em sua capacidade pro-oxidante, pode fazer deles excelentes anti-sépticos e antimicrobianos para uso pessoal, purificar o ar, para higiene pessoal, inseticida e na preservação de grãos e estoques de alimentos.

A propriedade antimicrobiana dos óleos essenciais é considerada de grande interesse para as indústrias alimentícias, farmacêuticas e cosméticas uma vez que o uso de aditivos naturais ganhou importância como tendência na substituição de produtos sintéticos artificiais (OKOH et al., 2010).

A Procter & Gamble Company (US) depositou a patente PCT/US2005/031162, no ano de 2005 sobre uma composição para tratamento bucal compreendendo óleos essenciais, capaz de matar e remover, de maneira eficaz, micróbios bucais que estão correlacionados à formação de biopelícula na cavidade bucal. Em 2010, Stephen D. Barnhill Jr., depositou a patente PCT/US2011/039504 sobre uma composição antimicrobiana a base de óleo essencial de tea tree e menta para ser utilizada em superfícies ou em ambientes suspeitos de contaminação. Em 2011, a Loréal Company depositou a patente PCT/EP2011/068457 sobre a composição de um pó antisséptico composto por no mínimo um óleo essencial e goma de tapioca para que seja usado no tratamento de odores corporais.

Existem patentes depositadas mostrando o uso de óleos essenciais também na agricultura, na agropecuária, além da alimentícia, cosmética e farmacêutica.

Na literatura, muito se encontra a respeito da atividade antimicrobiana de óleos essenciais, porém, cada trabalho é realizado usando uma determinada concentração, técnica. Devido a inúmeras variantes, não é possível comparar a atividade antimicrobiana entre eles.

1.3. Complexos de inclusão

1.3.1 Microencapsulação

Inúmeros estudos mostram diversas atividades biológicas para os óleos essenciais. No entanto, sua baixa solubilidade em água, instabilidade e alta volatilidade são limitantes à sua aplicação prática. De forma à contornar essas características inerentes, o uso de tecnologias se faz necessário.

A encapsulação e o controle de aromas e fragrâncias tem revolucionado as indústrias de fragrâncias e alimentos. A microencapsulação é o processo pelo qual pequenas quantidade de líquidos, sólidos ou gases são cobertos com material que se constitui em barreira para o ambiente e/ou reações químicas, como aquecimento, oxidações e outras (FINCH, 1993; GREEBLATT et al., 1993).

A microencapsulação permite aumentar a solubilidade de diversas substâncias em água, proteger da oxidação melhorando a estabilidade, diminuir a toxicidade, minimizar interações indesejáveis com outros componentes do produto, ajudar a mascarar o sabor desagradável de certos compostos, converter líquidos em sólidos e também promover liberação controlada. A proteção proporcionada evita que ocorram alterações químicas e organolépticas durante o armazenamento prolongado e proporciona aos óleos essenciais um grande número de benefícios para que sejam aplicados em produtos têxteis, agrotóxicos, produtos alimentícios, farmacêuticos e cosméticos.

Um bom agente encapsulante deve apresentar as seguintes propriedades: estabilidade em emulsão, boa capacidade de formação de película, baixa higroscopicidade, baixa viscosidade, gosto suave, ausência de aroma e baixo custo (CARDELLO et al., 1996).

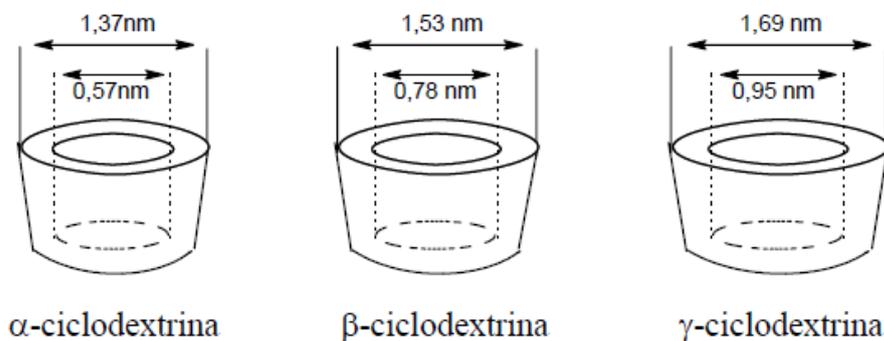
Nesse trabalho, foram utilizadas ciclodextrinas para formação dos complexos de inclusão. As ciclodextrinas apresentam as seguintes vantagens no que diz respeito a encapsulação molecular: podem encapsular grande variedade de compostos, apresentam modificações vantajosas nas propriedades físicas e químicas das moléculas encapsuladas e o método de preparo é barato e simples (CARDELLO et al., 1996).

1.3.2 Estrutura e propriedades das ciclodextrinas

Ciclodextrinas, também conhecidas como cicloamiloses, cicloglucanos ou dextrinas de Schardinger, são oligossacarídeos cíclicos. A enzima ciclodextrina glucanotransferase [1,4-alfa-glucano 4-alfa-D-(1,4-alfa-D-glucano)-transferase], obtida através do micro-organismo *B. macerans*, atua na cadeia linear de amido, dando origem a moléculas cíclicas. Assim se obtém α , β , e γ -ciclodextrinas e pequenas quantidades de outras dextrinas (VENTURINI et al, 2008), sendo a β -ciclodextrina (β -CD) a de maior aplicação industrial e a escolhida para esse trabalho por possuir baixo custo e uma cavidade de tamanho favorável.

Ciclodextrinas α , β , e γ são formadas, respectivamente, por 6, 7 e 8 resíduos de D(+) glicopirranose, unidos pelas ligações α (1-4). A β -CD apresenta cavidade hidrofóbica de dimensões médias (1,5 nm x 0,7 nm x 0,8 nm) e superfície hidrofílica, devido à presença de grupos OH. Esta estrutura permite a formação de complexos de inclusão estáveis, com grande diversidade de substâncias orgânicas, sais e halogênios, além de formar complexos com substâncias de massa molecular típica de 80 a 250 Daltons. Segundo os seus respectivos tamanhos, as moléculas complexadas são encapsuladas de maneira total ou parcial, cabendo a ciclodextrina o papel de molécula “hospedeira” ou receptora. Em solução aquosa, a cavidade fracamente apolar da ciclodextrina é ocupada por moléculas de água que podem ser facilmente substituídas por moléculas “hóspedes”, menos polares que a água. O número de unidades de glicose determina a dimensão e o tamanho da cavidade (VENTURINI et al., 2008), conforme Figura 17.

Figura 17 - Dimensões moleculares da ciclodextrina.



Fonte: LI et al., 1992.

Hóspedes de caráter hidrofóbico alojam-se no interior da cavidade devido às interações hidrofóbicas do tipo Van der Waals. Tais interações permitem solubilizar substâncias hidrofóbicas e melhorar a estabilidade de moléculas “hóspedes”, não somente em solventes aquosos, mas também no ar, assim como frente ao calor e reações de oxidação e hidrólise (MUNOZ BOTELA et al., 1995).

1.3.3 Complexos de inclusão de óleos essenciais com ciclodextrinas

A encapsulação de óleos essenciais utilizando carboidratos tem sido objeto de várias pesquisas. Centenas de componentes aromáticos do café, quimicamente diferentes, têm sido isolados e identificados. São compostos cíclicos, acíclicos e heterocíclicos, sendo a maioria inteiramente volátil e alguns quimicamente instáveis. Durante a preparação do café ocorrem perdas de vários compostos do flavor, o que diminui sensivelmente o valor sensorial do produto. SZENTE e SZEJTLI, em 1986, investigando a estabilização de compostos naturais e sintéticos do café com β -ciclodextrina, e a estabilidade térmica deste carboidrato, observaram a encapsulação molecular deste com os compostos naturais e sintéticos do café. Notaram também que a β -ciclodextrina é termicamente destruída a 260°C. KOLLENGODE e HANNA, em 1997, estudaram a retenção de flavor utilizando β -ciclodextrina. THOSS et al., em 1993, estudaram a formação de compostos de inclusão de β e γ -ciclodextrinas com óleos essenciais de limão, laranja e camomila. Os complexos de inclusão foram quantificados mediante cromatografia gasosa. CHANG e REINECCIUS, em 1990, estudaram a interação da β -ciclodextrina com enantiômeros do limoneno e carvona (compostos de aromas). O estudo comprova a possibilidade de encapsular os enantiômeros dos óleos essenciais com β -ciclodextrina, apresentando rendimento de 87%.

A Companhia CLR North America colocou no mercado um ativo denominado Epicutin®, cujo INCI name é *cyclodextrin (and) melaleuca (tea tree) leaf oil*. Trata-se de um complexo com 10% de óleo de tea tree em ciclodextrinas para o tratamento de distúrbios cutâneos. A companhia Chemyunion Química colocou no mercado um ativo denominado Cooling Mols®, cujo INCI name é *cyclodextrin (and) camphor (and) mentha piperita (peppermint) oil*. Trata-se de um complexo de terpenoides em ciclodextrinas para serem utilizados em produtos dermatológicos e cosméticos com o objetivo de promover refrescância.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral e específicos

2.1.1 Objetivo geral

Realizar uma avaliação comparativa da atividade antibacteriana e antifúngica de quinze óleos essenciais e microencapsular o óleo mais ativo.

2.1.2 Objetivos específicos

Avaliar e comparar a atividade antibacteriana e antifúngica de quinze óleos essenciais;
Determinar a composição de cada óleo essencial através de cromatografia gasosa com detector de ionização em chama (CG-DIC);
Promover a microencapsulação do óleo essencial de cravo, utilizando β -ciclodextrina;
Caracterizar o complexo do óleo essencial de cravo com β -ciclodextrina, através de cromatografia gasosa (CG-DIC) e termogravimetria.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Óleos essenciais: composição química e atividade antimicrobiana

3.1.1 Composição química de óleos essenciais

3.1.1.1. Análises por cromatografia gasosa (CG-DIC)

Foram analisadas 15 amostras, conforme apresentado na Tabela 3. Os óleos essenciais foram gentilmente cedidos pela empresa Laszlo Ltda.

TABELA 3: Lista dos 15 óleos essenciais analisados.

Item	Nome popular	Nome científico
1	Tea tree	<i>Melaleuca alternifolia</i>
2	Nootka tree	<i>Cupressus nootkatensis</i>
3	Cravo	<i>Syzygium aromaticum</i>
4	Orégano	<i>Origanum vulgare</i>
5	Canela	<i>Cinnamomum cassia</i>
6	Gerânio	<i>Pelargonium graveolens</i>
7	Sucupira	<i>Pterodon emarginatus</i>
8	Pindaíba	<i>Xylopiya brasiliensis</i>
9	Priprioca	<i>Cyperus scariosus</i>
10	Capim limão	<i>Cymbopogon citratus</i>
11	Alecrim	<i>Rosmarinus officinalis</i>
12	Pimenta rosa	<i>Schinus therebintifolius</i>
13	Breu branco	<i>Protium heptaphyllum</i>
14	Cipreste	<i>Cupressus lusitanica</i>
15	Olíbano do deserto	<i>Boswellia carteri</i>

As amostras foram diluídas a 1% em clorofórmio e analisadas através de cromatografia gasosa com detector de ionização de chamas (CG-DIC). Foram utilizados: cromatógrafo a Gás HP 7820A (Agilent); coluna: HP5 30m x 0,32mm x 0,25 µm (Agilent); temperatura da coluna: 70°C (0min), 3°C /min, até 200°C; temperatura do injetor: 200°C Split (1:30); detector DIC: 220°C; gás de arraste: H₂ a 3 mL/min; volume de injeção: 2 µL; software de aquisição de dados: EZChrom Elite Compact (Agilent). Laboratório de Cromatografia - Departamento de Química da UFMG.

3.1.2 Atividade antimicrobiana de óleos essenciais

3.1.2.1. Atividade antimicrobiana através da técnica de microdiluição

- *Micro-organismos utilizados e padronização do inóculo:*

Os micro-organismos utilizados foram *Staphylococcus aureus* ATCC29212, *Staphylococcus epidermidis* ATCC12228, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853, *Escherichia coli* ATCC25922, *Salmonella typhi* ATCC 14028 e *Candida albicans* ATCC18804. O inóculo foi preparado através da diluição de uma suspensão de micro-organismos em caldo BHI e padronizado segundo a escala de turbidez McFarland, com transmitância de 75-76% a 530nm, conforme NCCLS, EUA, 2003.

- *Técnica de microdiluição em caldo utilizando placas de Elisa:*

Preparo da solução trabalho: foi preparada uma solução com 50mg/mL da amostra em dimetilsulfóxido (DMSO); desta solução, foram retirados 40µL (0,04mL – 2mg de óleo) e transferido para outro frasco contendo 960µL de caldo BHI (0,2% de óleo).

Em capela de fluxo laminar, as placas de 96 poços foram preparadas, conforme Figura 19 e 20. O ensaio foi realizado em quintuplicata, onde a mesma amostra foi aplicada em 5 poços diferentes, sendo a linha A para o primeiro óleo, a linha B para o segundo óleo e assim sucessivamente, como mostrado na Figura 19. As placas foram seladas e incubadas à temperatura de $36 \pm 2^\circ\text{C}$, por 6 horas. A leitura foi realizada no espectrofotômetro Biotek Elx800 e os resultados passados por tratamento estatístico do dados.

Figura 19 - Placa de atividade da amostra (100µL de solução trabalho + 100µL de inóculo) e branco da amostra (100µL de solução trabalho + 100µL de água).

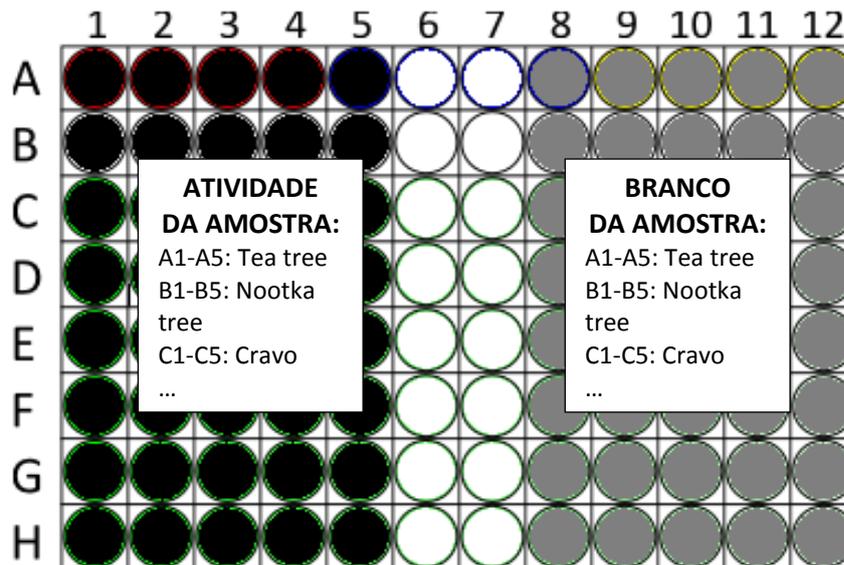
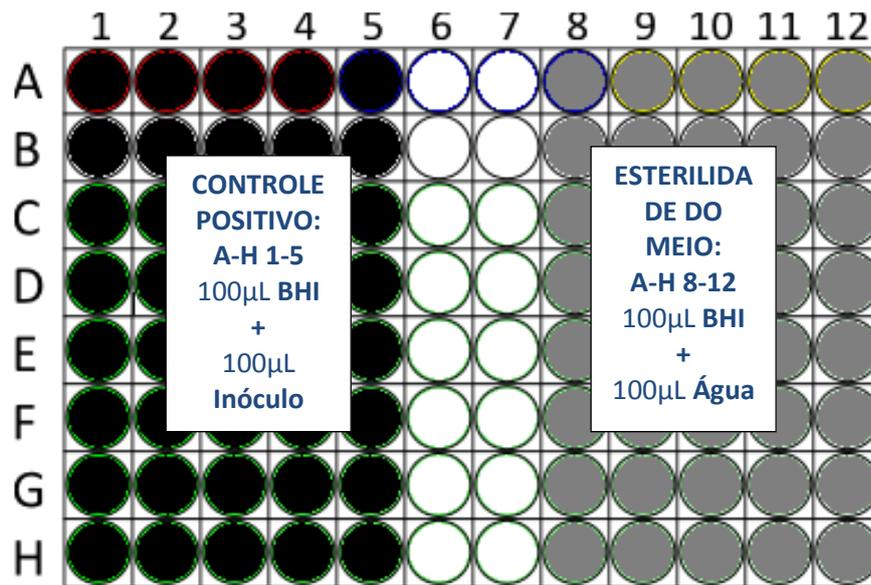


Figura 20 - Placa de controle positivo e esterilidade do meio
(controle positivo: confirmação do crescimento do micro-organismo).



O antibiótico padrão foi aplicado na placa nas mesmas condições das amostras, sendo considerado como controle negativo, onde espera-se observar inibição do crescimento. No controle positivo, espera-se verificar o crescimento dos microorganismos uma vez que trata-se do inóculo em meio de cultura favorável ao seu crescimento. Também foi aplicado na placa o meio de cultura isolado para confirmação da esterilidade do meio.

A porcentagem de inibição da amostra foi determinada pela equação:

$$\% \text{ de inibição} = 100 - \frac{(EC - CC)}{CH - CP} \times 100$$

Onde:

EC: absorvância da atividade da amostra

CC: absorvância do branco da amostra

CP: absorvância do controle negativo (amostra do antibiótico padrão)

CH: absorvância do controle positivo

3.2. Preparo e caracterização do complexo de inclusão

3.2.1. Preparo do complexo de inclusão

A técnica de malaxagem foi utilizada para o preparo do complexo de inclusão, mediante mistura do óleo essencial de cravo a 20% m/m com β -ciclodextrina e quantidade suficiente de água purificada para formar uma pasta. Em escala laboratorial, a formação da pasta a partir da adição de mínima quantidade de líquido (água ou misturas etano-aquosas) se dá em um almofariz com o auxílio de um pistilo (CUNHA et al., 2007). O procedimento foi realizado em temperatura ambiente, submetido à secagem espalhado em superfície plana por 24 horas. O pó obtido foi acondicionado em frasco de vidro âmbar, sob refrigeração.

B-ciclodextrina utilizada: β -ciclodextrina cristalina, minimum 98% - Sigma Aldrich C₄₂H₇₀O₃₅.

3.2.2. Caracterização do complexo óleo essencial/ciclodextrina por termogravimetria (TG) e termogravimetria derivada (DTG)

O experimento consistiu, basicamente, em depositar a amostra em uma cápsula suspensa por um fio metálico de platina conectado a uma balança. Este conjunto foi inserido em um forno. A razão de aquecimento foi programada para 10 °C min⁻¹ em atmosfera de nitrogênio e as medidas de tempo, temperatura e massa da amostra foram efetuadas automaticamente. O equipamento possui, além do forno e da balança já mencionados, controladores de temperatura e um sistema computadorizado de aquisição de dados.

O equipamento utilizado para as análises térmicas foi um sistema Shimadzu Modelo TGA50H. Segundo o fabricante, a faixa de utilização do equipamento é de amostras com massa entre 20 mg e 200 mg, com temperaturas que podem chegar até 1500 °C, e taxa de aquecimento de até 50 °C por minuto em atmosfera de N₂. As curvas foram analisadas com o auxílio do software TA analysis, da Shimadzu.

3.2.3. Caracterização do complexo óleo essencial/ciclodextrina por cromatografia gasosa (CG-DIC)

A porcentagem de inclusão foi determinada a partir da análise por cromatografia gasosa, por meio da determinação da quantidade do marcador eugenol, através da área da curva.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Composição química

O cromatograma e a tabela com a composição química de cada óleo essencial se encontram no ANEXO 1. Cada pico corresponde a um componente químico e a área da curva corresponde à sua porcentagem na amostra. Os picos foram identificados através dos dados da biblioteca do software e também através do índice de Kovatz.

Na Tabela 4 podem ser observados os componentes majoritários dos óleos essenciais selecionados.

TABELA 4: Componentes majoritários dos óleos essenciais selecionados (Laszlo®).

Nome popular	Componentes majoritários
TEA TREE	Terpinen-4-ol 47,10% / p-cimeno 14,8% / γ -terpineno 10,5%
NOOTKA TREE	Nootkateno 52,9% / valenceno 10,2%
CRAVO	Eugenol 86,5% / β -cariofileno 9,2%
OREGANO	Carvacrol 74,2% / p-cimeno 10% / timol 3,8%
CANELA	Cinamaldeído 77%
GERANIO	α -citronelol 25,5% / β -citronelol 12,1% / geraniol 16%
SUCUPIRA	β -cariofileno 49,9% / β elemeno 10,0%
PINDAÍBA	Mirceno 42,4% / β -pineno 19,7%
PRIPRIOCA	Cypereno 23,9%
CAPIM LÍMÃO	Citral 80,4% (mistura isomérica de geranial 46,4% e neral 34%)
ALECRIM	Cânfora 25,4% / α -pineno 21,7% / 1,8 cineol 20%
PIMENTA ROSA	α -pineno 27,2% / α -terpineno 21,6% / p-cimeno 14,8%
BREU BRANCO	Limoneno 33,2% / p-cimeno 27,2%
CIPRESTE LUSITÂNICA	α -pineno 29,1%
OLÍBANO DO DESERTO	α -pineno 37,6% / limoneno 16,3% / metil eugenol 11,8%

4.2. Comparação da atividade antimicrobiana

O procedimento foi adaptado para óleos essenciais uma vez que trata-se de amostras voláteis. A leitura das placas foi realizada após 6 horas de incubação à temperatura de $36 \pm 2^\circ\text{C}$. O crescimento dos microorganismos no meio de cultura foi visível a olho nu, podendo ser visualizado grande turbidez nesses poços. A placa de esterilidade do meio manteve-se transparente e os poços referentes às amostras apresentaram variações no grau de turbidez. Após a leitura quantitativa da absorvância, os dados foram tratados e inseridos na equação, sendo assim determinadas as porcentagens de inibição de cada amostra.

Na Tabela 5, estão apresentados os resultados das porcentagens de inibição de cada óleo essencial frente a cada micro-organismo. O diferencial desse trabalho se dá pela facilidade de se comparar a atividade antimicrobiana entre os quinze tipos de óleos essenciais testados mediante o mesmo tratamento e técnica de preparo.

TABELA 5: Porcentagem de inibição comparativa de 15 óleos essenciais.

Item	Nome popular	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC29212	<i>Staphylococcus epidermidis</i> ATCC12228	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC27853	<i>Escherichia coli</i> ATCC25922	<i>Salmonella Thyphi</i> ATCC14028	<i>Candida albicans</i> ATCC18804
1	TEA TREE	86%	50%	45%	74%	30%	81%
2	NOOTKA TREE	69%	96%	61%	63%	67%	81%
3	CRAVO	96%	99%	99%	99%	96%	94%
4	ORÉGANO	93%	94%	92%	94%	93%	91%
5	CANELA	91%	98%	92%	92%	93%	81%
6	GERÂNIO	80%	89%	76%	93%	13%	76%
7	SUCUPIRA	62%	94%	86%	64%	61%	73%
8	PINDAÍBA	83%	70%	24%	23%	57%	37%
9	PRIPRIOCA	69%	89%	48%	45%	91%	59%
10	CAPIM LIMÃO	92%	91%	75%	93%	82%	81%
11	ALECRIM	95%	96%	32%	38%	96%	48%
12	PIMENTA ROSA	46%	70%	17%	9%	81%	41%
13	BREU BRANCO	28%	26%	10%	19%	59%	20%
14	CIPRESTE LUSITÂNICA	82%	50%	16%	13%	80%	63%
15	OLÍBANO DO DESERTO	80%	52%	59%	54%	84%	40%
-	Antibiótico referência	Cloranfenicol 98%	Cloranfenicol 92%	Cloranfenicol 95%	Cloranfenicol 95%	Cloranfenicol 93%	Miconazol 94%

Como pode ser observado, todos os óleos essenciais estudados apresentam atividade inibitória de crescimento de pelo menos um micro-organismo testado. O antibiótico referência, controle negativo, apresentou, como era de se esperar, alta porcentagem de inibição. Alguns óleos essenciais apresentaram porcentagem de inibição comparável a este.

A atividade biológica de um óleo essencial depende de seus constituintes químicos, como o eugenol, carvacrol, timol, pineno, citral, cineol, geraniol, cariofileno, entre outros. Porém, é importante ressaltar que devido à complexidade da composição química de um óleo essencial, torna-se difícil relacionar a atividade biológica com várias substâncias presentes (SOUZA et al., 2005), pois os compostos podem atuar em sinergismo, e, quando isolados, podem perder a sua atividade biológica. De toda forma, alguns de seus constituintes químicos

apresentam atividade antisséptica comprovada, podendo ser responsabilizado por tal resultado, porém em muito casos, o resultado se dá pela sinergia.

Os óleos de cravo e orégano apresentaram porcentagem de inibição acima de 90% para todas as cepas estudadas. A elevada atividade do óleo de cravo pode ser explicada pelo alto teor de eugenol (86,5%) e o óleo de orégano pela presença do carvacrol (74,2%) e timol (3,8%), fortes agentes antimicrobianos. O eugenol é um composto fenólico, relatado como agente antiviral, bactericida e fungicida. A ação de inibição microbiana do eugenol pode estar relacionada com a ruptura da membrana ou por inativação de enzimas e materiais genéticos (WENDAKDOON et al., 1995). O carvacrol e o timol, também compostos fenólicos, apresentam vários sítios de ação dentro das células e dependendo das concentrações utilizadas podem causar a inibição ou a inativação dos micro-organismos (EKLUND, 1989). Os melhores resultados de inibição, tanto para *E. coli* quanto para *S. aureus*, foram atribuídos ao cravo-da-índia. Craveiro e colaboradores, em 1981, constataram excelentes resultados para *E. coli* e *S. aureus*, utilizando óleo essencial de cravo-da-índia. Atribuiu suas excelentes propriedades bactericidas ao eugenol, componente majoritário encontrado em 80-90% no óleo essencial dessa planta. Segundo ele, o eugenol provoca inibição na produção de amilase e proteases pela célula, bem como sua deterioração e lise, sendo que esse princípio ativo é muito usado na odontologia como componente de seladores e outros produtos antissépticos. Atualmente, o eugenol tem sido largamente estudado como conservante de alimentos. MENDONÇA, em 2004, por exemplo, descreve que o óleo essencial de orégano apresentou ação antibacteriana na concentração de 5% contra *S.aureus* testada em amostra de queijos ricota. Compostos fenólicos apresentam atividade antimicrobiana, porém compostos de outras classes também podem ser antimicrobianos, em geral, em sinergia com os outros constituintes.

O cinamaldeído ou aldeído cinâmico, composto presente em grandes quantidades no óleo de canela, apresenta elevado potencial antimicrobiano (SINGH et al., 2007), o que é condizente com o resultado do atual estudo. Pesquisadores da Escola Politécnica da USP desenvolveram uma embalagem ativa feita com fécula de mandioca, que utiliza recursos naturais renováveis e aumenta a vida de prateleira dos alimentos. A embalagem que entra em contato com os alimentos possui em sua composição óleos essenciais com função antimicrobiana, que ajudam a conservá-los por mais tempo. Esse trabalho tem obtido sucesso impregnando o cinamaldeído à embalagem (TADINI, 2011).

O α -pineno é um monoterpeno presente em vários óleos essenciais, conhecido por suas propriedades anti-sépticas. As cepas *S.aureus*, *S. epidermidis*, *Streptococcus pneumoniae* e *S. pyogenes* são potencialmente causadoras de endocardite infecciosa. O α -pineno, o β -pineno e o eugenol mostraram efetividade na inibição destas cepas (LEITE et al., 2007).

O p-cimeno é um monoterpeno capaz de potencializar o efeito antimicrobiano dos óleos essenciais. SILVA, em 2010, analisou diferentes marcas de óleo de orégano e verificou que a amostra que continha o p-cimeno em sua composição teve o efeito antimicrobiano foi potencializado.

O α -pineno e o p-cimeno, presentes no óleo de pimenta rosa, contribuíram na inibição da *Salmonella thyphi*, uma bactéria Gram-negativa muito comum de causar contaminação em ovos, palmitos e verduras. O aroma gourmet bastante agradável deste óleo, associado à sua ação contra uma bactéria comum em alimentos, faz com que tenha grande potencial de uso na culinária.

O citral, principal componente do óleo de capim limão, é um terpenoide oxigenado, do grupo dos aldeídos, que tem sido identificado como componente responsável das propriedades antimicrobianas do óleo de capim limão. Esse óleo mostrou atividade antifúngica e antibacteriana, o que é condizente com as propriedades do óleo essencial de *C. Citratus* relatadas por CARRICONDE et al., 1996, e o seu uso popular para micoses. Pesquisas de Sacchetti (2005) mostraram que o óleo essencial de *C. citratus* promoveu notável inibição no crescimento das leveduras *Candida albicans* ATCC 48274, *Rhodotorula glutinis* ATCC 16740, *Schizosaccharomyces pombe* ATCC 60232, *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 2365 e *Yarrowia lypolítica* ATCC 16617. O autor atribuiu essa atividade à presença do componente majoritário, o citral, uma mistura isomérica de neral e citral.

As cepas utilizadas foram *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Salmonella Thyphi* e *Candida albicans*.

Staphylococcus aureus é uma bactéria gram-positiva, considerada um patógeno humano oportunista e frequentemente está associado a infecções adquiridas na comunidade e no ambiente hospitalar. As infecções mais comuns envolvem a pele e feridas em sítios diversos. Os óleos essenciais de cravo, orégano, canela e alecrim mostraram os melhores resultados contra essa bactéria.

Staphylococcus epidermidis é uma bactéria gram-positiva, comensal de pele e mucosas, responsável principalmente por infecções hospitalares, sondas, materiais plásticos, bem como próteses. A capacidade de *S. epidermidis* formar filme é seu principal fator de virulência (FREDHEIM et al., 2009). As infecções hospitalares constituem um grave problema de saúde pública. A limpeza adequada do ambiente hospitalar e a assepsia dos profissionais de saúde e visitantes é uma boa estratégia para controle. No presente trabalho, os óleos de nootka tree, cravo, orégano, canela, sucupira, capim limão e alecrim mostraram inibição superior a 90% para *Staphylococcus epidermidis*, sugerindo potencial de uso desses óleos em produtos destinados ao controle dessa bactéria. Também são comumente encontradas a *Staphylococcus epidermidis* nas lesões de acne, além da *Propionibacterium acnes* (NISHIJIMA et al., 2000). Também bastante encontrada nas infecções das glândulas mamárias de pequenos ruminantes, doença conhecida como mastite. Essa doença afeta a qualidade do leite, sendo uma das maiores preocupações da indústria leiteira. Para esses casos de contaminação por *Staphylococcus epidermidis*, sugere-se desenvolvimento de produtos de limpeza para hospitais, soluções e géis para tratamento de acne e mastite.

Pseudomonas aeruginosa é uma bactéria gram-negativa extremamente versátil, que pode ser encontrada em diversos ambientes, principalmente solo e água, ou ainda associada a plantas e animais, onde pode causar infecções oportunistas. Os óleos de cravo, orégano e canela mostraram-se eficazes contra essa bactéria.

Escherichia coli é um habitante normal do trato intestinal de homens e animais e exerce um efeito benéfico sobre o organismo, suprimindo a multiplicação de bactérias prejudiciais e sintetizando uma considerável quantidade de vitaminas. Dentre as cepas de *E.coli*, entretanto, há um grupo capaz de provocar doenças em indivíduos humanos, coletivamente chamadas de *E.coli* enteropatogênicas. Essas cepas ocupam hoje o segundo lugar entre os principais agentes doenças de origem alimentar nos Estados Unidos (OLSEN et al., 2000). A infecção por *E.coli* é geralmente transmitida através do consumo de água ou alimentos contaminados, tais como produtos de carne mal cozida e leite cru. A presença de *E. coli* em água, cosméticos ou alimentos é indicativa de contaminação fecal ou indicador de baixos níveis de higiene (PINTO et al., 2010). Em cosméticos, cargas microbianas elevadas podem comprometer a estabilidade do produto, reduzir a eficácia, alterar a aparência e ainda pode promover contaminação para o usuário. O óleo de gerânio apresentou bons resultados no controle dessa bactéria e seria um bom insumo para ser adicionado em cosméticos devido a seu agradável aroma.

Salmonella Thyphi é uma bactéria gram-negativa, patogêna oportunista e de rápido crescimento. Por ser comumente transmitida através dos alimentos, seria interessante o uso nos alimentos de óleos essenciais obtidos de especiarias, que combinam com a culinária, conferindo ao alimento uma melhor preservação antimicrobiana, além de um aroma agradável. As especiarias são utilizadas no preparo de alimentos há milhares de anos. São muito usados em locais onde falta refrigeração para melhorar os aspectos organolépticos de carnes durante o seu armazenamento. Os óleos essenciais de cravo, orégano e alecrim apresentaram ótimos resultados.

Candida albicans é uma levedura oportunista, que vive em equilíbrio no corpo humano, porém em situação de baixa do sistema imunológico, causa infecções. O óleo de cravo teve o destaque na inibição deste micro-organismo. RANA et al, 2011, mostrou boa atividade do óleo de cravo em espécies de *Candida* e outros fungos.

4.3. Complexo de inclusão

O complexo de inclusão foi preparado com 20% de óleo essencial de cravo (OEC) e, por cromatografia gasosa, foram detectados 16,02% com base na dosagem do eugenol. Portanto, o rendimento da microencapsulação foi de 80%.

A termogravimetria (TG) é uma técnica de análise térmica na qual a massa de uma substância é medida em função da temperatura ou do tempo em um ambiente de temperatura e atmosfera controlados. Os resultados da caracterização por TG demonstraram diferenças na propriedade físico-química do óleo essencial e do complexo com β -ciclodextrina, sugerindo a formação do complexo de inclusão. A variação da perda de massa nas curvas TG pode ser observada no Figura 21, qualitativo, e na Tabela 6, quantitativo.

Figura 21 – Termogravimetria do óleo essencial de cravo, da β -ciclodextrina e do complexo de inclusão, em função do aumento da temperatura - qualitativo.

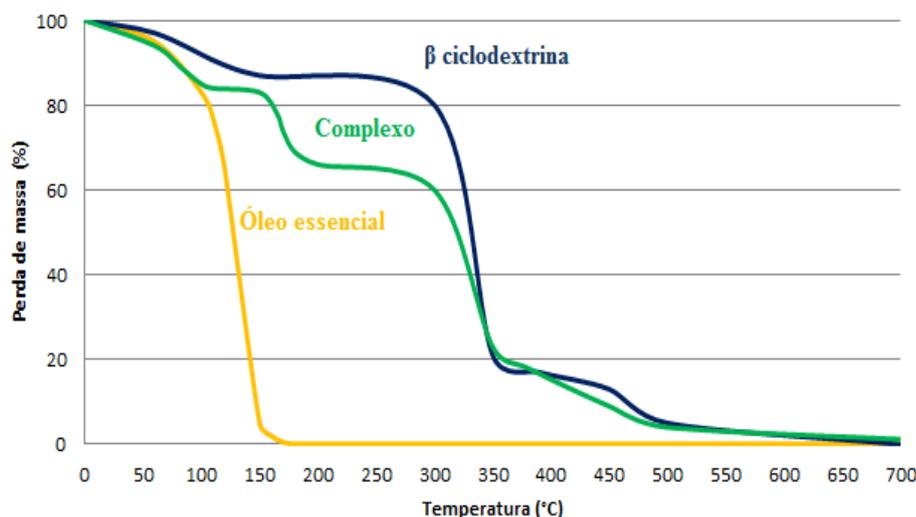


Tabela 6 – Perda de massa (%) do óleo essencial de cravo, da β -ciclodextrina e do complexo de inclusão, em função do aumento da temperatura – quantitativo.

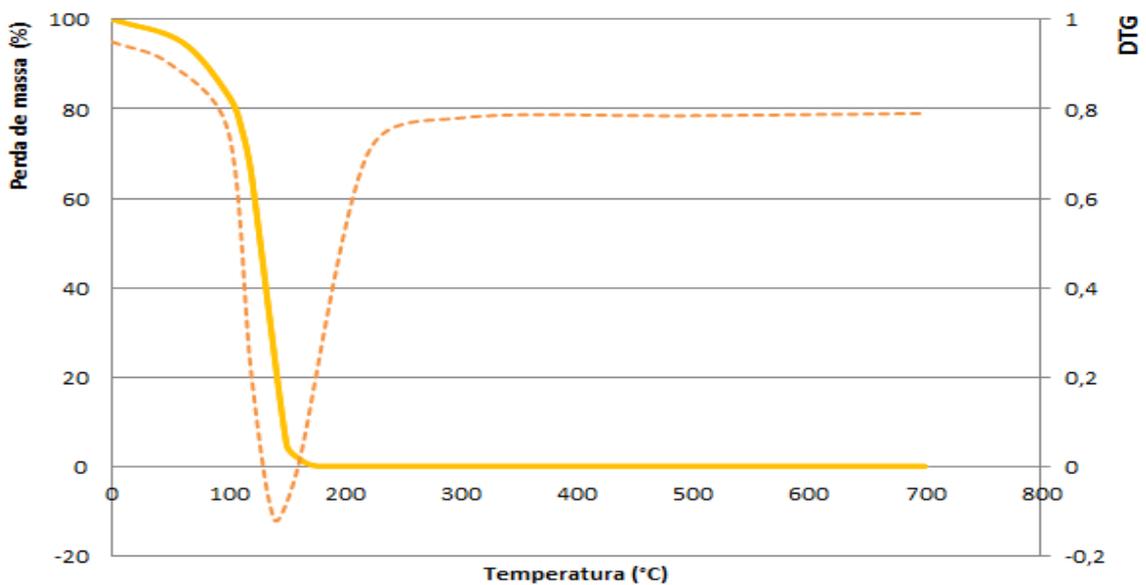
VARIAÇÃO DE MASSA (%)	0-150 °C	150-200 °C	200-700 °C
Óleo essencial de cravo (OEC)	95,60%	4,40%	0%
β -ciclodextrina	12,68%	0%	87,32%
Complexo de inclusão por malaxagem	14,90%	15,50%	69,60%

O comportamento do complexo formado se mostrou diferente do óleo essencial isolado e também diferente da β -ciclodextrina. A curva TG do OEC apresentou uma perda de massa significativa na faixa de 0-150°C ($\Delta m=95\%$). Já a curva TG da β -ciclodextrina apresentou duas perdas de massa importantes. A primeira referente à desidratação da molécula, e a partir de 300 °C tem início a etapa de decomposição com carbonização. Na curva TG referente ao complexo de inclusão, pode-se observar que na primeira etapa houve uma perda de massa de 14,9% referente à liberação de água e OEC adsorvido na superfície. Na segunda etapa, houve perda de massa de 15,5%, referente ao OEC que se encontrava complexado no interior da cavidade da β -ciclodextrina. Houve deslocamento da curva, ou seja, a temperatura de estabilidade térmica do OEC foi aumentada. Isso significa que o OEC teve suas propriedades modificadas. Na terceira etapa, acima de 200 °C, houve decomposição da molécula hospedeira.

A curva da TG da β -ciclodextrina, apresentou perda de massa de 12,68%, possivelmente referente à saída de moléculas de água. O teor de umidade obtido apresentou valor inferior a 13%, dentro dos limites permitidos para a matéria-prima β -ciclodextrina (<14%) (USP 31, 2008).

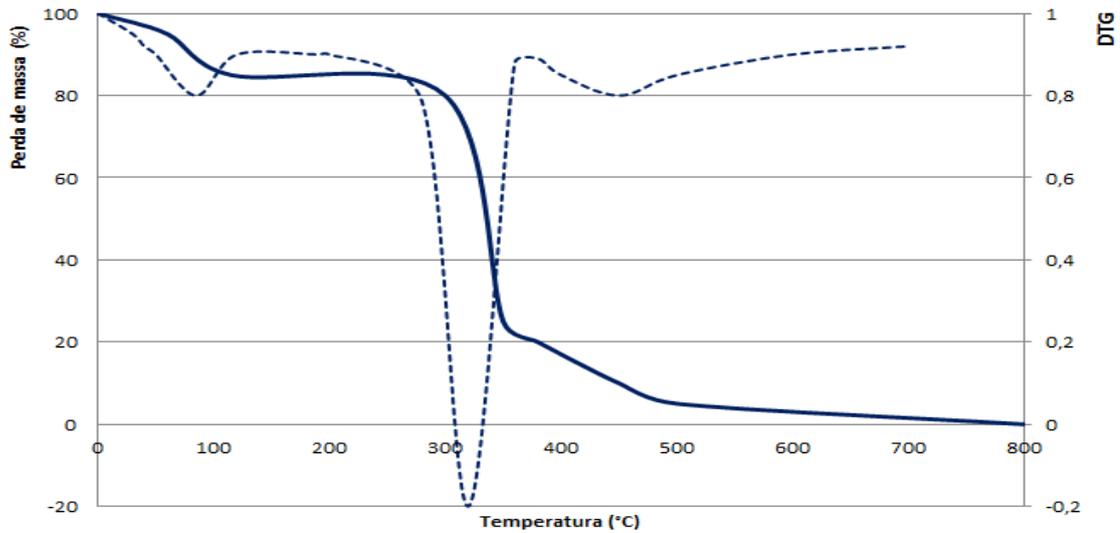
Na curva termogravimetria derivada (DTG), as perdas de massa observadas na curva TG são substituídas por picos. Na Figura 22, gerado para o OEC, pode ser observado a volatilização do óleo em uma única etapa, na faixa de temperatura de 0-150 °C.

Figura 22 – Termogravimetria (TG) e termogravimetria derivada (DTG) do óleo essencial de cravo.



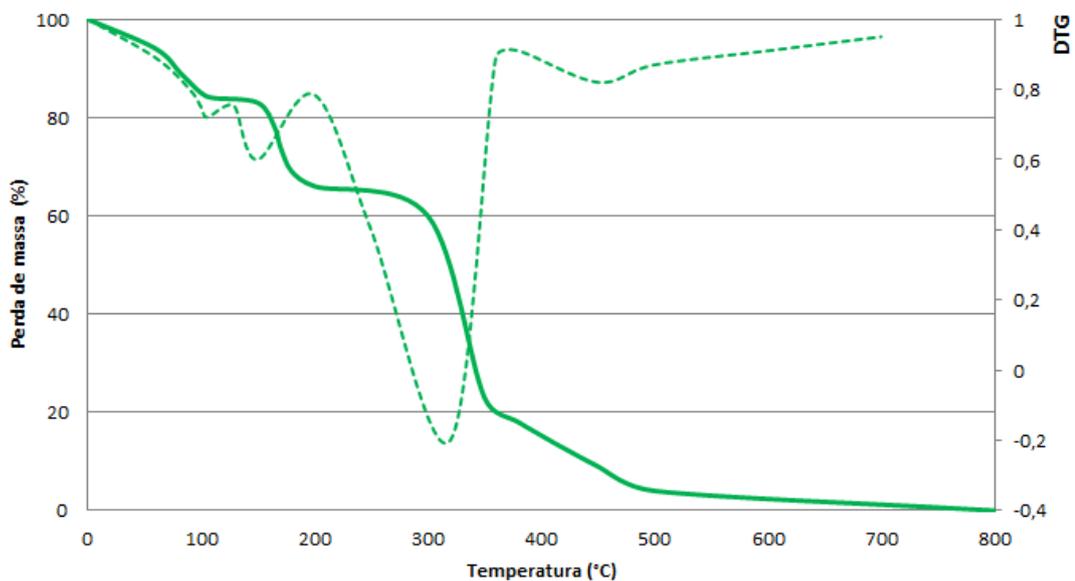
Na Figura 23, obtido com a β -ciclodextrina, pode ser observado um pico na faixa de temperatura de 29-120°C, atribuído à desidratação da molécula (AZEVEDO et al., 2011). O segundo pico significativo ocorre na faixa de 276-346 °C, etapa de fusão da β -ciclodextrina, seguida de decomposição (MENEZES et al., 2014).

Figura 23 - Termogravimetria (TG) e termogravimetria derivada (DTG) da β ciclodextrina.



A Figura 24, referente ao complexo de inclusão OEC β CD, podem ser observado três picos principais, sendo o primeiro atribuído à perda de água, o segundo à termodecomposição do óleo essencial e o terceiro atribuído à fusão e decomposição da β -ciclodextrina.

Figura 24 – Termogravimetria (TG) e termogravimetria derivada (DTG) do complexo OEC β CD.



Como pode ser visto através dos gráficos, a técnica de malaxagem apresentou eficiência na complexação do óleo essencial com a β -ciclodextrina. O resultado deste estudo está de acordo com SOUSA et al. (2014), que demonstraram em seu trabalho que o complexo de inclusão obtido por malaxagem exibiu o melhor perfil para a complexação, sendo superior à co-evaporação e à mistura física.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os óleos essenciais testados apresentaram ação antibacteriana e/ou antifúngica, variável de acordo com o tipo de óleo essencial e também do micro-organismo testado. Desta forma, fica evidente o potencial do uso destas plantas como agente antimicrobiano. A maioria dos compostos estabelecidos nos óleos essenciais foram monoterpenos ou sesquiterpenos, aos quais pode ser atribuído o efeito antimicrobiano dos óleos, embora muitos outros compostos presentes em cada um deles também possam ter tido participação, inclusive com interações sinérgicas.

Esse trabalho permite uma futura elaboração de bioconservantes, tanto para a área cosmética, farmacêutica e alimentícia. Os sistemas antimicrobianos naturais estão cada vez mais ganhando adeptos no âmbito da conservação natural, sendo uma alternativa atrativa para oferecer produtos com vida útil prolongada.

Segundo a RDC 481/99, os cosméticos e produtos de higiene pessoal devem obedecer aos seguintes parâmetros microbiológicos: ausência de *Staphylococcus aureus*, ausência de *Escherichia coli* e ausência de *Pseudomonas aeruginosa*. É possível a associação de óleos essenciais levando a formação de um blend que seja eficaz contra os micro-organismos exigidos na legislação.

Na área alimentícia, as especiarias e os óleos essenciais podem ser usados para prolongar tempo de vida dos alimentos, uma vez que, além de reduzir ou eliminar micro-organismos patogênicos, podem contribuir na melhoria do paladar e aroma do produto. Um produto alimentício que tenha um componente natural que atue tanto como agente flavorizante quanto agente conservante teria muita aceitação no mercado atual. Além dessas funções, há muitos trabalhos mostrando que óleos essenciais também apresentam atividade antioxidante. Portanto o seu uso em alimentos pode ser multifuncional, característica muito valorizada pelos profissionais que trabalham com desenvolvimento de produtos.

A microencapsulação realizada será de grande valia para aumentar a estabilidade do produto, visto que influenciou nas características inerentes dos óleos essenciais. Pode ser observado aumento da temperatura de estabilidade térmica, seguido de transformação do estado líquido para o estado sólido. Devido à simplicidade, ao elevado rendimento e à facilidade de transposição de escala, a técnica de malaxagem foi escolhida para que a tecnologia seja viável de uso comercial e possa ser inserida no mercado.

Os resultados obtidos podem ser promissores também para o desenvolvimento de possíveis fitofármacos, fitocosméticos, alimentos funcionais e até adjuvantes que irão proporcionar efeito antimicrobiano e contribuir com o aumento da estabilidade do produto final.

A Farmácia e a Medicina hoje ainda utilizam apenas parte da produção mundial de plantas aromáticas e óleos essenciais, destinada sobretudo ao abastecimento da indústria alimentícia, da indústria química, perfumaria e cosmética. Entretanto, na história dos medicamentos, existem muitas referências às plantas aromáticas e óleos essenciais, tendo a atividade farmacêutica muito conhecimento e reconhecimento de suas propriedades e potencialidades.

Para trabalhos futuros, a sugestão é de desenvolvimento de produtos e acompanhamento prático de eficácia e segurança para que assim o uso de plantas aromáticas e óleos essenciais possam ser mais bem explorados também na área de saúde.

Vale ressaltar que as todas as sugestões de produtos deste trabalho devem passar por testes de eficácia e segurança. Os óleos essenciais, assim como qualquer produto natural, também podem apresentar toxicidade. A dose de uso deve ser bem analisada para que o produto seja tanto eficaz como também seguro.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIGIANS, N.; KALPOUTZAKIS, E.; MITAKU, S.; CHINOU, I.B. Composition and antimicrobial activity of essential oil of two *Origanum* species. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 49, p. 4168-4170, 2001.

AKISUE G, AKISUE MK, SILVA JR, ANDALUZ MI. Padronização da droga e do extrato fluido de *Cymbopogon citratus*. **Revista de Farmácia e Biologia**, v. 14, p. 109-119, 1996.

ALTMAN, P.M. Australian tea tree oil: a natural antiseptic. **Australian Journal of Biotechnology**, v.3, n.4, p.247-248, 1989.

AMARAL, M.F.Z.J.; BARA, M.T.F. Avaliação da atividade antifúngica de extratos de plantas sobre o crescimento de fitopatógenos. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v.2, n.2, p.5-8, 2005.

ARRUDA, D. C.; D'ALEXANDRI, A. M. K.; ULIANA, S. R. B. Antileishmanial Activity of the Terpene Nerolidol. **Antimicrobial Agents and Chemother**, v. 49, n. 5, p. 1.679-1.687, 2005.

AZEVEDO, M.B.; RIBEIRO, L. P.; TASIC, L.; RODRIGUES, F.H.; CANTOS, F.C.; PAULA, V.; IANZER, D.; SANTOS, R.A. New formulation of an old drug in hypertension treatment: the sustained release of captopril from cyclodextrins nanoparticles. **International Journal of Nanomedicine** 6:1005-1016, 2011.

BAKKALI, F.; AZEVEDO, M.; TASSIC, L.; JULIANA, F.; RODRIGUES, F.H.; CANTOS, F.C.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, p. 446- 475, 2008.

BATT, C., SOLBERG, M. & CEPONIS, M. Effect of volatile components of carrot seed oil on growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus*. **Journal of Food Science**, v. 48, p. 762-768, 1983.

BAUER, K.; GARBE, D.; SURBURG, H. **Common fragrance and flavor materials: preparation, properties and uses**. 3. ed. Germany: Wiley-VCH, 1997.

BIASSI, I.A.; **Plantas aromáticas do cultivo à produção de óleo essencial**. Curitiba: Ed Layer Studio Gráfico e Editora Ltda, p.160, 2009.

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. 388-594, 2009.

BOWN, D. **The Royal Horticultural Society Encyclopedia of herbs and their uses**. Dorling Kindersley Ltd. London, 424p, 1995.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potencial applications in foods – a review. **International Journal of Food Microbiology**, v.94, p. 223- 253, 2004.

CARDELLO, H.M. A.B, CELESTINO, E.M. Encapsulação de aromas e sabores: utilização de amidos como agentes encapsulantes. **Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia em Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 166-171, 1996.

CARRICONDE, C.; MORES, D.; VON FRITSCHEN, M.; CARDOZO JUNIOR, E. L. **Plantas medicinais e alimentícias**. Olinda: Centro Nordestino de Medicina Popular; Universidade Federal Rural de Pernambuco. v.1, p.45-47, 1996.

CARSON, C.F.; HAMMER, K.A.; RILEY, T.V. *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil: a review of antimicrobial and other medicinal properties. **Clinical Microbiology Reviews**, v.19, n.1, p.50-62, 2006.

CHAIEB. K.; KAJLAOUI. H.; ZMANTAR. T.; KAHLA-NAKBI. A.B.; ROUABHIA. M.; MAHDOUANI. K.; BAKHROUF. A. The chemical composition and biological activity of clove essential oil, *Syzygium aromaticum*: a short review. **Phytotherapy Research**, v. 21, p. 501-506, 2007.

CHANG, Y.I, REINECCIUS, G.A. Interaction of β -cyclodextrin with enantiomers of limonene and carvone. **Journal of Food Science**, v. 55, n. 6, p. 1686-1695, 1990.

CIMANGA K.; KAMBU K.; LONA L.; APERS S.; BRUYNE T.; HERMANS N. TOTTÉ J.; VLIENTINCK A.J.. Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo. **Journal of Ethnopharmacology**, v.79 n.2, p.213-20, 2002.

CLEFF, M.B. **Avaliação da atividade antifúngica do óleo essencial de *Origanum vulgare* L. frente a fungos de importância em veterinária com ênfase em *Candida* spp.** 114f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) - Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2008.

CORAZZA, S. **Aromacologia: uma ciência de muitos cheiros**. São Paulo, Senac, 2002.

CRAVEIRO, A. A.; FERNANDES, A. G.; ANDRADE, C. H. S.; MATOS, F. J. A.; ALENCAR, J. W.; MACHADO, M. I. L. **Óleos essenciais de plantas do Nordeste**. Fortaleza: UFC, 210 p., 1981.

CRAVEIRO, A. A.; QUEIROZ, D. C. **Óleos essenciais e a química fina**. Química Nova, São Paulo, v. 16 n. 3, p.224-228, 1992.

COX, S.D.; MANN, C.M.; MARKHAM, J.L. Interactions between components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. **Journal of Applied Microbiology**, v.91, p.492-7, 2001.

CUNHA, M. S. S.; DACUNHA, M. B.; TORRES, L.J.J.; MARTÍNEZ P.R.. Characterization of Lapachone and Methylated-Cyclodextrin Solid-state Systems. **American Association of Pharmaceutical Science**, 8(3); 2007.

DEWICK, P.M. **Medicinal Natural Products – A Biosynthetic Approach**, 2^a ed., Inglaterra: John Wiley & Sons LTDA, p. 200-210, 2009.

DUKE JA. **Handbook of Biologically Active Phytochemicals and their Activities**, CRC Press: Boca Raton, CRC Press; 1 edition, 1992.

EKLUND, T. **Organic acids and esters**. En: G. W. Gould (Ed). Mechanisms of action of food preservation procedures. Elsevier Applied Science. Londres. 161-200. 1989.

FABIO, A., A. CORONA, E. FORTE; P. QUAGLIO. Inhibitory activity of spices and essential oils on psychrotrophic bacteria. **New Microbiology.**, 26(1): 115-120; 2003.

FIGUEIREDO, A. S. G. et al. **Estudo do efeito do *Baccharis dracunculifolia* sobre o metabolismo oxidativo de neutrófilos e influência de fatores sazonais sobre esta atividade**. Simpósio Internacional de Iniciação Científica. São Paulo: Ed. USP, 2006.

FINCH, C.A. **Industrial microcapsulation: polymers for microcapsule walls**. In: Encapsulation and controlled release. Cambridge: Royal Society of Chemistry, p. 1-12, 1993.

FREDHEIM, E. G. A.; KLINGENBERG, C.; ROHDE, H.; FRANKENGERGER, S.; GAUSTAD, P.; FLAEGSTAD, T.; SOLLID, J. E. Biofilm Formation by *Staphylococcus haemolyticus*. **Journal of Clinical Microbiology**. V. 47, p. 1172-1180, 2009.

GREAY, S.; HAMMER, K.A. Recent developments in the bioactivity of mono- and diterpenes: anticancer and microbial activity, **Phytochemistry reviews**, Online, p. 1-6, 2011.

GREEBLATT, H. C., DOMBROSKI, M., KLISHEVICH, W., KIRKPATRIK, I.B., GARRISON, W., REDDING, B.K. **Encapsulation and controlled release of flavours and fragrances**. In: Encapsulation and controlled release. Cambridge: Royal Society of Chemistry, p. 148-162, 1993.

GUERRA M.J.M.; BADELL J.B.; ALBAJES A.R.R.; PÉREZ H.B.; VALENCIA R.M.; AZCUY A.L. Evaluación toxicológica aguda de los extractos fluidos al 30 y 80% de *Cymbopogon citratus* (D.C.). **Revista Cubana de Plantas Medicinales** 5: 97-101, 2000.

GUINOISEAU E.; LUCIANI A.; ROSSI P.G.; QUILICHINI Y.; TERNENGO S.; BRADESI P.; BERTI L. Cellular effects induced by *Inula graveolens* and *Santolina corsica* essential oils on *Staphylococcus aureus*. **European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases**, v.29, n.7, p. 873-9, 2010.

HAMMER, K.A.; CARSON, C.F.; RILEY, T.V. In vitro activity of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil against dermatophytes and other filamentous fungi. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v.50, p.195-9, 2002.

HELANDER, I. M., ALAKOM, I. H. L., LATVA, K. K., MATTILA, S. T., POL, I., MID, E. J., GORRIS, L. G. M. & VON, W. A. Characterization of the Action of Selected Essential Oil Components on Gram-Negative Bacteria. **Journal Agricultural Food Chemistry**, 46: 3590-3595, 1998.

JACOBSON M. **Glossary of Plant-Derived Insect Deterrents**, CRC Press: Boca Raton. 1990.

JAN SUSZKIW. Lignin + Nootkatone = Dead Ticks. USDA. **Agricultural Research**, January 1, 2011.

JORDAN, R. A. et al. Efficacy of Plant-Derived and Synthetic Compounds on Clothing as Repellents Against *Ixodes scapularis* and *Amblyomma americanum*. **Journal of Medical Entomology**, v. 49, p. 101–106, 2012.

JULIANI, H. R. Quality of geranium oils (pelargonium species): case studies in southern and eastern Africa. **Journal of Essential Oil Research**, Carol Stream, v. 18, 2006.

KANG R, HELMS R, STOUT MJ, JABER H, NAKATSU T. Vietnamese culinary herbs in the United States. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** v. 40, p. 2328-2332, 1992.

KEELER RF, TU AT. **Toxicological of Plant and Fungal Compounds; Handbook of Natural Toxins**; Marcel Dekker: Nova York, p. 665, 1991.

KELSEY, R.G. et al. Changes in heartwood chemistry of dead yellow-cedar trees that remain standing for 80 years or more in southeast Alaska. **Journal of Chemical Ecology** 31(11):2653-70, 2005.

KOLLENGODE, A.N.R., HANNA, M. A Cyclodextrin complexed flavors retention in extruded starches. **Journal of Food Science**, v. 62, n. 5, p. 1057-1060, 1997.

KUIATE JR, BESSIERE JM, VILAREM G, AMVAM PH. Chemical composition and antidermatophytic properties of the essential oils from leaves, flowers and fruits of *Cupressus lusitanica Mill.* from Cameroon. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 21, p. 693–7, 2006.

LAI, F.; WISSING, S.S.; MULLER, R.H.; FADDA, A.M.; *Artemisia arborescens* L. essential oil-loaded solid lipid nanoparticles for potential agricultural application: preparation and characterization. **An official Journal of the American Association of Pharmaceutical Scientists**, v. 7, p. 1-9, 2006.

LAMBERT, R.J.W.; SKANDAMIS, P.N.; COOTE, P.J. A Study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. **Journal of Applied Microbiology**, v.91, p.453-462, 2001.

LEAL TCAB, FREITAS SP, SILVA JF, CARVALHO AJC. Produção de biomassa e óleo essencial em plantas de capim cidreira [*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf] em diferentes idades. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais** v. 5, p. 61-64, 2003.

LEITE, A. M. et al . Inhibitory effect of beta-pinene, alpha-pinene and eugenol on the growth of potential infectious endocarditis causing Gram-positive bacteria. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 121-126, 2007.

LI, S., PURDY, W.C. Cyclodextrins and their applications in analytical chemistry. **Chemical Reviews**, v. 92, n. 6, p. 1457-1469, 1992.

MACEDO, C. S.; UHRIG, M.L.; KIMURA, E.A.; KATZIN, A.M. et al.Characterization of the isoprenoid chain of coenzyme Q in *Plasmodium falciparum*. **FEMS Microbiology Letters**, v. 207, n. 1, p. 13-20, 2002.

MARTINS, E.R.; CASTRO, E.M; CASTELLANI, D.C.; DIAS, J.E. **Plantas medicinais**. Viçosa, MG: UFV, 220p, 2003.

GUERRA M.J.M.; BADELL J.B.; ALBAJES A.R.R.; PÉREZ H.B.; VALENCIA R.M.; AZCUY A.L. Evaluación toxicológica aguda de los extractos fluidos al 30 y 80% de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf (Caña Santa). **Revista Cubana de Plantas Medicinales** v.5, p. 97-101, 2000.

MARRIOTT, C.; SHELLIE, R.; CORNWELL, C. Gas chromatographic technologies for the analysis of essential oils. **Journal chromatography**, v. 936, p. 1-22, 2001.

MENDONÇA, A.T. **Efeito dos óleos essenciais de condimentos sobre o crescimento de *Staphylococcus aureus* em ricota cremosa**. Lavras, Minas Gerais. 2004, 72p. Tese de doutorado, Universidade Federal de Lavras.

MENEZES, P.; SERAFINI, M.R.; QUINTANS, L.J.; SILVA, G.F.; OLIVEIRA, J.F.; CARVALHO, F.M.S. Inclusion complex linalol and b-cyclodextrin. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry** p.115:2429-2437, 2014.

MILOS, M.; MASTELIC, J.; JERCOVIK, L. Chemical composition and oxidant effect of glicosidically bound volatile compounds from oregano (*Origanum vulgare* L. spp. hirtum). **Food Chemistry**. 71: 79-83, 2000.

MING L.C., FIGUEIREDO R.O., MACHADO S.R., ANDRADE R.M.C. Yield of essential oil of and citral content in different parts of lemongrass leaves (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf) Poaceae. **Acta Horticulturae** 426: 555-559, 1996.

MORAES, L.A. S, FACANALI, R. MARQUES,M.O.M, MING,C.M.L., MEIRELLES, A.M.A. Phytochemical characterization of essential oil from *Ocimum selloi*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**,v.74(1), p. 183-186, 2001.

MORTON J.F. **Atlas of Medicinal Plants of Middle America**. Springfield, Illinois: Charles C. Thomas Publisher; p. 21, 1981.

MÜHLBAUER, R.C., LOZANO, S.P., PALACIO, S., REINLI, A., FELIX, R. Common herbs, essential oils, and monoterpenes potently modulate bone metabolism. **Bone**, v. 32, p.372-380, 2003.

MUNOZ-BOTELO, S., DEL CASTILLO, B., MARTIN, M.A. Las ciclodextrinas: características y aplicaciones de la formacion del complejo de inclusion. **Archives of Pharmacal Research**, v. 36, n. 2, p. 187-198, 1995.

NCCLS. **Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically**; Approved Standard—Sixth Edition. NCCLS document M7-A6 (ISBN 1-56238-486-4). USA, 2003.

NGOKWEY, N. Home remedies and doctors remedies in Feira (Brazil). **Social Science e Medicine**, v.40, n. 8, p. 1141-1153, 1995.

NISHIJIMA, S.; KUROKAWA, I.; KATOH, N.; WATANABE, K. The bacteriology of acne vulgaris and antimicrobial susceptibility of *Propionibacterium acnes* and *Staphylococcus epidermidis* isolated from acne lesions. **The Journal of Dermatology**, May;27(5):318-23, 2000.

NZEAKO, B.C.; LAWATI, B.A. Comparative studies of antimycotic potential of thyme and clove oil extracts with antifungal antibiotics on *Candida albicans*. **African Journal of Biotechnology**, v.7, n.11, p.1612-19, 2008.

OKOH, O. O.; SADIMENKO, A. P.; AFOLAYAN, A. J. Comparative evaluation of the antibacterial activities of the essential oils of *Rosmarinus officinalis L.* obtained by hydrodistillation and solvent free microwave extraction methods. **Food Chemistry**, v. 120, p. 308-312, 2010.

OLSEN, S.J., MacKINON, L.C., GOULDING, J.S., BEAN, N.H., SLUTSKER, L. **Surveillance for foodborne disease outbreaks - United States, 1993-1997**. Morbidity and Mortality Weekly Report, v.49, p.1-51, 2000.

OOSTERHAVEN, K.; HARTMANS, K.J; SCHEFFER, J.J.C. Inhibition of potato sprout growth by carvone enantiomers and their bioconversion in sprouts. **American Journal of Potato Research**, 38: 219-230, 1995.

ORTIZ R.S.; MARRERO G.V.; NAVARRO A.L. Instructivo técnico para el cultivo de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf (Caña Santa). **Revista Cubana de Plantas Medicinales** 7: 89-95, 2002.

PANELLA, N.A.; DOLAN, M.C.; KARSCHEZY, J.J.; XIONG, Y.; PERALTA-CRUZ, J.; KHASAWNEH, M.; MONTENIERI, J.A.; MAUPIN, G.O. Use of novel compounds for pest control: insecticidal and acaricidal activity of essential oil components from heartwood of Alaska yellow cedar. **Journal of Medical Entomology** 42(3):352-8, 2005.

PARK, M.; GWAK, K.S.; YANG, I.; CHOI, W.S.; JO, H.J.; CHANG, J.W.; JEUNG, E.B.; CHOI, I.G. Antifungal activities of the essential oil in *Syzygium aromaticum* and *Leptosmum petersonii* bailey and their constituents against various dermatophytes. **The Journal of Microbiology**, v.45, n.5, p.460-5, 2007.

QUEIROGA, C. L. **Estudo fitoquímico do óleo essencial de *Baccharis dracunculifolia***. 193 f. Dissertação (Mestrado em Química)–Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.

RADUNZ, L. L., **Efeito da temperatura do ar de secagem no teor e na composição dos óleos essenciais de guaco (*Mikania glomerata Sprengel*) e hortelã-comum (*Mentha x villosa Huds*)**. Viçosa, 2004. 90 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa.

RANA, I.S.; RANA, A.S; RAJAK, R.C. Evaluation of antifungal activity in essential oil of the *Syzygium aromaticum* (L.) by extraction, purification and analysis of its main component eugenol. **Brazilian Journal of Microbiology**. 2011;42(4):1269-1277.

RAO, B. R.R. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose scented geranium. **Industrial Crops And Products**, Netherlands, 16, p. 133-144, 2002.

RETAMAR, J.A. Variaciones fitoquímicas de la especie *Lippia alba* (salvia morada) y sus aplicaciones en la química fina. **Essenze Derivati Agrumari** 16: 55-60, 1994.

ROBBERS, J. E.; SPEEDIE, M. K.; TYLER, V. E. **Farmacognosia e farmacobiocologia**. São Paulo: Premier, 327p, 1997.

ROUQUEROL, J.; WADSO, I.; HAINES, P. J. **Handbook of Thermal Analysis & Calorimetry**; Elsevier: Amsterdam, vol. 5, p. 21-62, 2007.

SACCHETTI, G.; MAIETTI, S.; MUZZOLI, M.; SCAGLIANTI, M.; MANFREDINI, S.; RADICE, M.; BRUNI, R. **Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods**. Food Chemistry, Oxford, v. 91, n. 4, p. 621-632, Aug. 2005.

SANDRA, P.; BICCHI, C.; **Capillary Gas Chromatography in Essential Oils Analysis**. Huething; Nova York, 1987.

SANGWAN, N.S.; FAROOQI, A.H.A.; SHABIH, F.; SANGWAN R.S. Regulation of essential oil production in plants. **Plant Growth Regulation**, v. 34, p. 3–21, 2001.

SANTOS, A. L.; CHIERICE, G.O.; ALEXANDER, K.; RIGA, A.; MATTHEWS, E. Characterization of the raw essential oil eugenol extracted from *Syzygium aromaticum* L. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v.96, p. 821-825, 2009.

SAXENA, G; BANERJEE, S.; RAHMAN, L.; MALLAVARAPU, G.; SHARMA, S.; KUMAR, S.; An efficient in vitro produce for micropropagation and generation of somaclones os rose scented Pelargonium. **Plant Science**, v. 155, n. 2, p. 133-140, 2000.

SIKKEMA, J.; DE BONT, J. A. M.; POOLMAN, B. Interactions of cyclichydrocarbons with biological membranes. **Journal of Biological Chemistry**, v. 269, p. 8022-8028, 1994.

SILVA, J. P. L.; SILVA, DUARTE J. M.; PEREZ, D. V.; FRANCO, B. D. G. M. Óleo essencial de orégano: interferência da composição química na atividade frente a *Salmonella Enteritidis*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 30 (Supl.1): 136-141, 2010.

SILVA, F.; FERREIRA, S.; QUEIROZ, J.A.; DOMINGUES, F.C. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil: its antibacterial activity and mode of action evaluated by flow cytometry. **Journal of Medical Microbiology**, 2011.

SIMÕES, C.M.O., SCHENKEL, E.P., GOSMANN, G., MELLO, J.C.P., MENTZ, L.A., PETROVICCK, P.R. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. Florianópolis, 2ed., Ed.UFSC/UFRGS, p. 387-408, 2000.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. **Óleos voláteis**. In: SIMÕES, C.M.O et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre / Florianópolis: Editora UFRGS/ Editora UFSC, p. 467-495, 2003.

SINGH, G., MAYURIA, S., DELAMPASONA, M, P.; CATALAN, C. A. A comparison of chemical, antioxidant and antimicrobial studies of cinnamon leaf and bark volatile oils, oleoresins and their constituents. **Food and chemical Toxicology**, 45, 1650-1661, 2007.

SHIMIZU, M. Quantity estimation of some contaminants in commonly used medicinal plants. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin** 38: 2283-2287, 1990.

SHIN, S. Anti aspergillus activities of plant essential oils and their combination effects with ketoconazole or amphotericin B. **Archives of Pharmacal Research**, Seoul, v.26, n.5, p. 389-393, 2003.

SMITH, R.L., COHEN, S.M., DOULL, J., FERON, V.J., GOODMAN, J.I., MARNETT, L.J., PORTOGHESE, P.S., WADDELL, W.J., WAGNER, B.M., HALL, R.L., HIGLEY, N.A., GAVIN, C.L., ADAMS, T.B. A procedure for the safety evaluation of natural flavor complexes used as ingredients in food: essential oils. **Food and Chemical Toxicology**, v. 43, p. 345-363, 2005.

SOLOMONS, T. W.; FRYHLE, C. B. **Química Orgânica**. v. 2, 8a ed. Rio de Janeiro: TC, p.416-426 e 115-116, 2006.

SOLÓRZANO S., Miranda N., Essential oils from aromatic herbs as antimicrobial agents. **Current Opinion in Biotechnology**, v.23, p.1-6, 2011.

SOUSA, B.M.H.; MENEZES, P.P.; DUARTE, M.C.; MATOS, I.G.; ARAUJO, F.O.; DORIA, G.A.A.; SILVA, G.F.; ALVES, P.B.; LIMA, R.N.; QUINTASN-JR, L.J.; BEZERRA, D.P.; ARAÚJO, A.A.S.; SERAFINI, M.R. **Desenvolvimento de sistemas de liberação do óleo da Hyptis fruticosa em β -ciclodextrina e lipossomas**. IN: IX Congresso Brasileiro de Análise Térmica e Calorimetria. Serra Negra/São Paulo, nov-2014.

SOUSA M.P., MATOS M.E.O., MATOS F.J.A., MACHADO M.I.L., CRAVEIRO A.A. **Constituintes químicos ativos de plantas medicinais brasileiras**. Fortaleza: Edições UFC, Laboratório de Produtos Naturais, 416 p., 1991.

SOUZA, A.B.; MARTINS, C.H.; SOUZA, M.G.; FURTADO, N.A.; HELENO, V.V.; ROCHA, E.M.; CUNHA, W.R.; VENEZIANI, R.C.; AMBROSIO, S.R. Antimicrobial activity of terpenoids from *Copaifera langsdorffii* Desf. against cariogenic bacteria. **Phytotherapy Research**, v.25, n.2, p. 215-20, 2011.

SOUZA, E.L.; LIMA, E.O.; FREIRE, K.R.L.; SOUSA, C.P. Inibitory action of some essential oils and phytochemicals on the growth of moulds isolated from foods. **Brazilian Archives of Biology Technology** 48: 245-250, 2005.

SYED, T.A. Treatment of toenail onychomycosis with 2% butenafine and 5% *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil in cream. **Tropical Medicine & International Health**, v.4, p.284-7, 1999.

SZENTE, L., SZEJTLI, J. Molecular encapsulation of natural and synthetic coffee flavor with β -cyclodextrin. **Journal of Food Science**, v. 51, n. 4, p. 1024-1027, 1986.

TADINI, C.C. Embalagem de material renovável tem ação antimicrobiana. **Agência USP de Notícias**, 2011. Disponível: <http://www.usp.br/agen/?p=67880>. Acesso em 25 março de 2015.

THOROSKI, J.; BLANK, G.; BILIADERIS, C. Eugenol induced inhibition of extracellular enzyme production by *Bacillus cereus*. **Journal of Food Protection**, v.52, p.399-403, 1989.

THOSS, M., SCHAWABE, L., FROMMING, K.H. Cyclodextrin inclusion compounds of lemon oil, orange oil, hop oil and chamomile oil. **Swiss Journal**, v. 138, n. 5-6, p. 144-148, 1993.

ULTEE, A.; BENNINK, M.H.J.;MOEZELAAR, R. The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.68, p. 1561-1568, 2002.

VENTURINI, C. G.; NICOLINI, J.; MACHADO, C.; MACHADO, V.G. **Propriedades e aplicações recentes das ciclodextrinas**. Quím. Nova, São Paulo, v. 31, n. 2, 2008.

WENDAKOON, C. N.; SAKAGUCHI, M. Inhibition of amino acid decarboxylase activity of *Enterobacter aerogenes* by active components of spices. **Journal of Food Protection**, 58, 280-283, 1995.

WENDAKDOON, CN, SAKAGUCHI M. Combined effect of sodium chloride and clove on growth and biogenic amine formation of *Enterobacter aerogenes* in mackerel muscle extract. **Journal of Food Protection** 56:410-13, 1993.

WOLFFENBUTTEL, A.N., **A Química dos óleos essenciais e aromaterapia, abordagem técnica e científica**. São Paulo, Editora Roca, pag 13-21, 2011.

ZHENG GQ, KENNEY PM, LAM LKT. Efficacy, safety, quality control, marketing and regulatory guidelines for herbal medicines. **Journal of Natural Products** 55: 999-1003, 1992.

ZOGHBI M.G.B., ANDRADE E.H.A., SANTOS A.S., SILVA M.H., MAIA J.G.S. Essential oils of *Lippia alba* (Mill) N. E. Br growing wild in the Brazilian Amazon. **Flavour and Fragrance Journal** 13: 47-48, 1998.

ANEXOS



Universidade Federal de Minas Gerais
 Instituto de Ciências Exatas
 Departamento de Química / Colegiado de Extensão
 Telefax : (31) 3409-5724 – e-mail: núcleo@qui.ufmg.br

CERTIFICADO DE ANÁLISE QUÍMICA

Solicitante: Maria Fernanda Macedo Gomes

Composição Química:

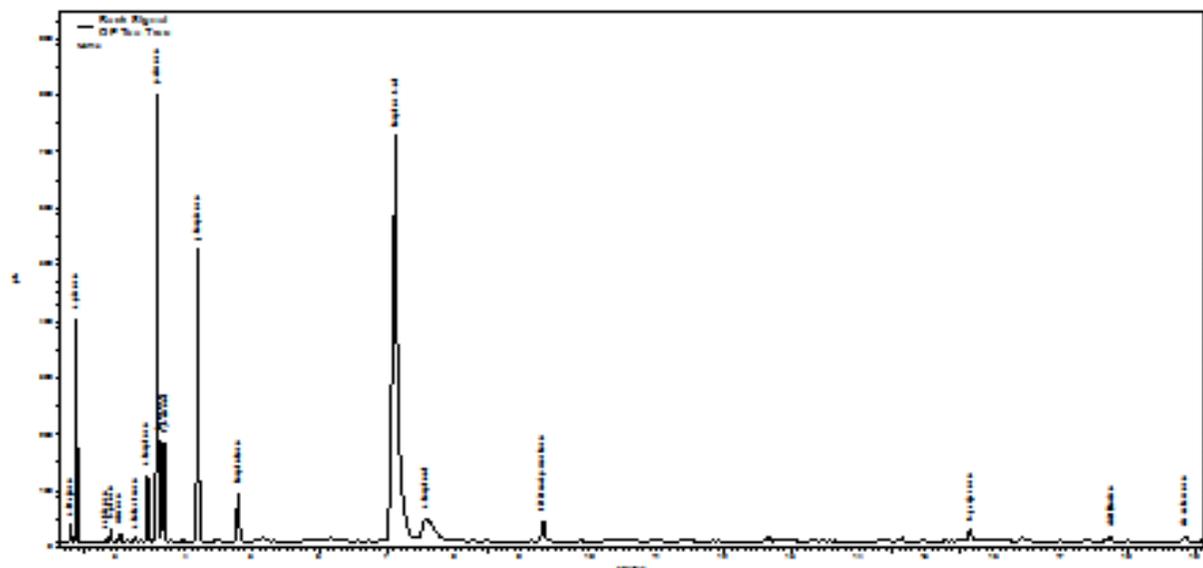
ÓLEO ESSENCIAL DE TEA TREE

Nome comercial: Óleo essencial de Tea Tree, Melaleuca

Nomenclatura botânica: *melaleuca alternifolia*

Extração: Destilação por arraste a vapor

Parte da planta: Folhas



Pico	Constituinte ID	%
1	α -thujeno	0.4
2	α -pineno	4.7
3	sabineno	0.1
4	β -pineno	0.3
5	mirreno	0.2
6	α -felandreno	0.1
7	α -terpineno	2.1
8	p-cimeno	14.8
9	limoneno	3.2
10	1,8 cineol	3.0
11	γ -terpineno	10.5
12	terpinoleno	2.2
13	terpinen-4-ol	47.1
14	α -terpineol	6.2
15	dihidroxi menteno	1.5
16	β -gurjuneno	0.9
17	viridiflorino	0.4
18	cis-calameno	0.5

Dra. Vany Ferra
 Laboratório de Cromatografia
 Departamento de Química – UFMG
vanyferraz@ufmg.br
 Belo Horizonte, 22/10/2014

Método de análise:

Cromatografia Gasosa de Alta Resolução. Cromatógrafo a Gás AGILENT 7820A.
 Coluna: HP-5, 30m x 0,32mm x 0,25 μ m (AGILENT). Temp.: Coluna: 70°C (0min), 3°C /min a 200°C.
 Injetor: 200°C Split: 1/50. Detector FID: 220°C. Vol. de Injeção: 1 μ l (conc 1.0 % em clorofórmio).



Universidade Federal de Minas Gerais
 Instituto de Ciências Exatas
 Departamento de Química / Colegiado de Extensão
 Telefax: (31) 3409-5724 – e-mail: núcleo@qui.ufmg.br

UFMG

CERTIFICADO DE ANÁLISE QUÍMICA

Solicitante: Maria Fernanda Macedo Gomes

ÓLEO ESSENCIAL DE NOOTKA TREE

Nome comercial: Óleo de Nootka tree

Nomenclatura botânica: *Cupressus nootkatensis*

Extração: Destilação por arraste a vapor

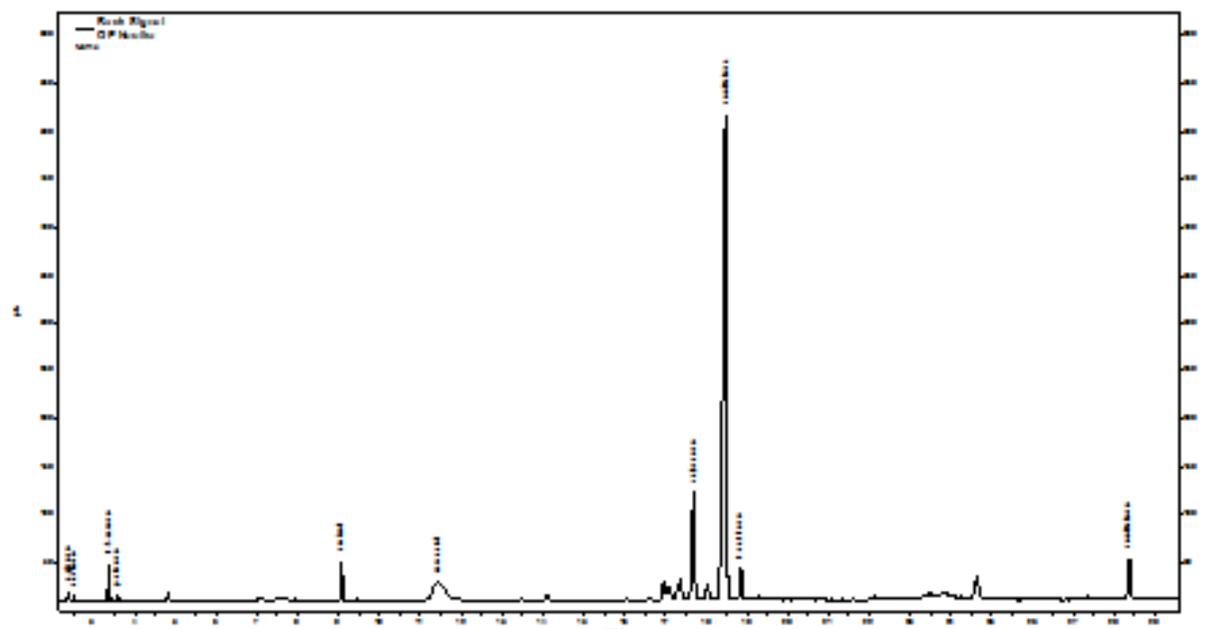
Método de cultivo: Orgânico não certificado

Parte da planta: Madeira

Origem: Canadá

Composição Química:

Pico	Constituinte ID	%
1	α -pineno	0.2
2	canfeno	0.1
3	δ -3-careno	1.1
4	p-cimeno	0.2
5	cavicol	2.4
6	carvacrol	8.0
7	valenceno	10.2
8	nootkateno	52.9
9	δ -cadineno	2.9
10	nootkatona	3.9



Dra. Vany Ferraz
 Laboratório de Cromatografia
 Departamento de Química – UFMG
 vanyferraz@ufmg.br
 Belo Horizonte, 05/11/2014

Método de análise:

Cromatografia Gasosa de Alta Resolução. Cromatógrafo a Gás AGILENT 7820A.
 Coluna: HP-5, 30m x 0,32mm x 0,25 μ m (AGILENT). Temp.: Coluna: 70°C (0min), 3°C /min a 250°C.
 Injetor: 250°C Split: 1/50. Detector FID: 250°C. Vol. de injeção: μ l (conc 1.0 % em clorofórmio)



Universidade Federal de Minas Gerais
 Instituto de Ciências Exatas
 Departamento de Química / Colegiado de Extensão
 Telefax: (31) 3409-5724 – e-mail: núcleo@qui.ufmg.br

UFMG

CERTIFICADO DE ANÁLISE QUÍMICA

Solicitante: Maria Fernanda Macedo Gomes

ÓLEO ESSENCIAL de CRAVO FOLHA

Nome comercial: Óleo Essencial de Cravo folha

Lote: 219 fab: jun/2014 val: jun/2016

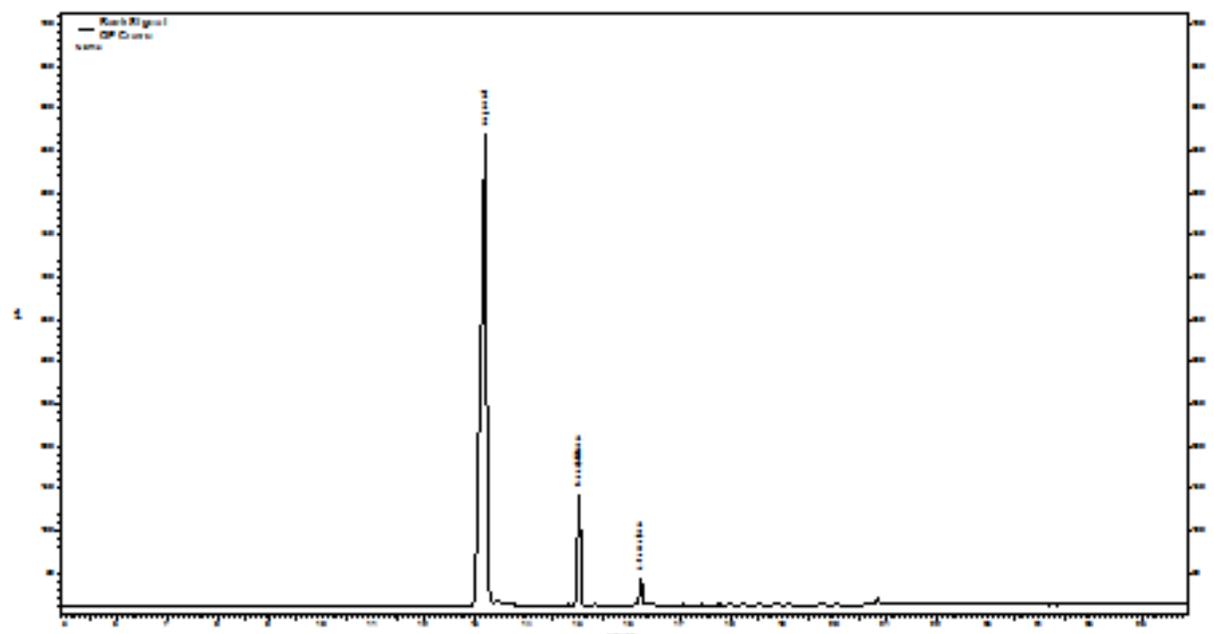
Nomenclatura botânica: *Syzygium aromaticum*

Extração: Destilação por arraste a vapor

Parte da planta: Folhas

Composição Química

Pico	Constituinte ID	%
1	eugenol	86.5
2	β -cariofileno	9.2
3	α -humuleno	2.2



Dra. Vany Ferraz
 Laboratório de Cromatografia
 Departamento de Química – UFMG
 vanyferraz@ufmg.br
 Belo Horizonte, 04/11/2014

Método de análise:

Cromatografia Gasosa de Alta Resolução. Cromatógrafo a Gás AGILENT 7820A.
 Coluna: HP-5, 30m x 0,32mm x 0,25 μ m (AGILENT). Temp.: Coluna: 70°C (0min), 3°C /min a 200°C.
 Injetor: 200°C Split: 1/50. Detector FID: 220°C. Vol. de injeção: 1 μ l (conc 1.0 % em clorofórmio)



Universidade Federal de Minas Gerais
 Instituto de Ciências Exatas
 Departamento de Química / Colegiado de Extensão
 Telefax: (31) 3409-5724 – e-mail: núcleo@qui.ufmg.br

UFMG

CERTIFICADO DE ANÁLISE QUÍMICA

Solicitante: Maria Fernanda Macedo Gomes

ÓLEO ESSENCIAL de ORÉGANO

Nome comercial: Óleo essencial de Orégano

Nomenclatura botânica: *origanum vulgare*

Extração: Destilação por arraste a vapor

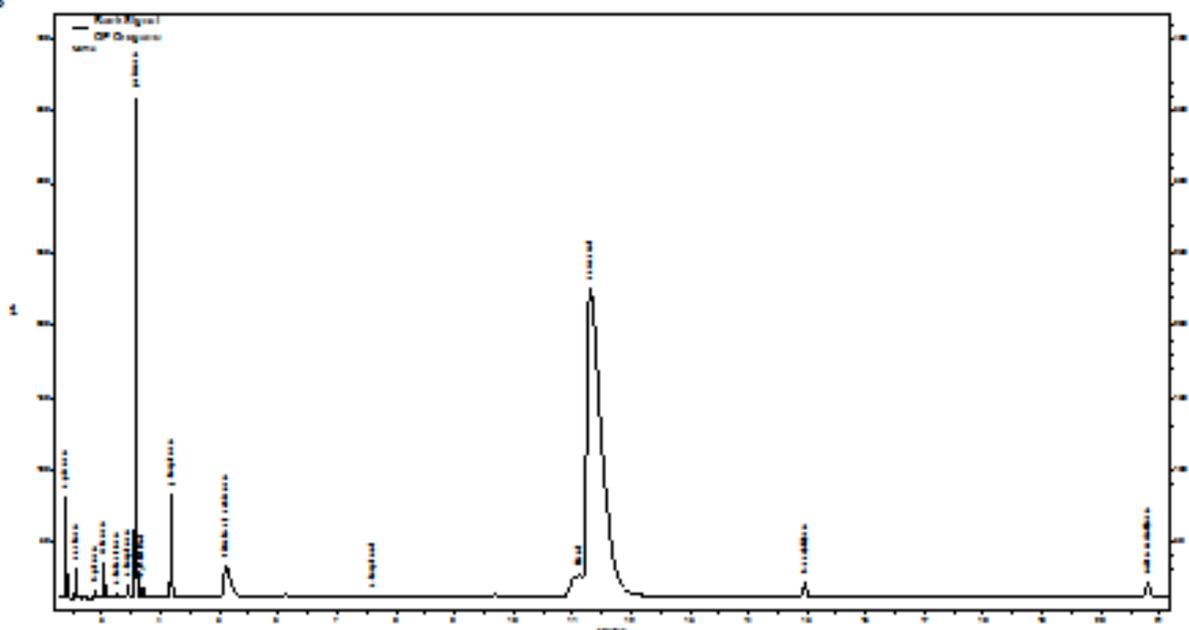
Método de cultivo: Orgânico certificado

Parte da planta: Folhas

Origem: Brasil

Composição Química:

Pico	Constituinte ID	%
1	<u>α-pineno</u>	1.4
2	<u>canfeno</u>	0.5
3	<u>β-pineno</u>	0.1
4	<u>mirceeno</u>	0.7
5	<u>α-felandreno</u>	0.1
6	<u>α-terpineno</u>	0.3
7	<u>p-cimeno</u>	10.0
8	<u>limoneno</u>	0.2
9	<u>1,8-cineol</u>	0.3
10	<u>γ-terpineno</u>	2.3
11	<u>hidrato cis sabineno</u>	3.5
12	<u>α-terpineol</u>	0.2
13	<u>timol</u>	3.8
14	<u>Carvacrol</u>	74.2
15	<u>β-cariofileno</u>	0.7
16	<u>óxido cariofileno</u>	0.7



Dra. Vany Ferraz
 Laboratório de Cromatografia
 Departamento de Química – UFMG
 vanyferraz@ufmg.br
 Belo Horizonte, 04/11/2014

Método de análise:

Cromatografia Gasosa de Alta Resolução. Cromatógrafo a Gás AGILENT 7820A.
 Coluna: HP-5, 30m x 0,32mm x 0,25 μm (AGILENT). Temp.: Coluna: 70°C (0min), 3°C /min a 200°C.
 Injetor: 220°C Split: 1/50. Detector FID: 250°C. Vol. de Injeção: 1 μl (conc. 1.0 % em clorofórmio)



Universidade Federal de Minas Gerais
 Instituto de Ciências Exatas
 Departamento de Química / Colegiado de Extensão
 Telefax: (31) 3409-5724 – e-mail: núcleo@qui.ufmg.br

CERTIFICADO DE ANÁLISE QUÍMICA

Solicitante: Maria Fernanda Macedo Gomes

ÓLEO ESSENCIAL de CANELA

Nome comercial: Óleo essencial de Canela

Nomenclatura botânica: Cinnamomum cassia

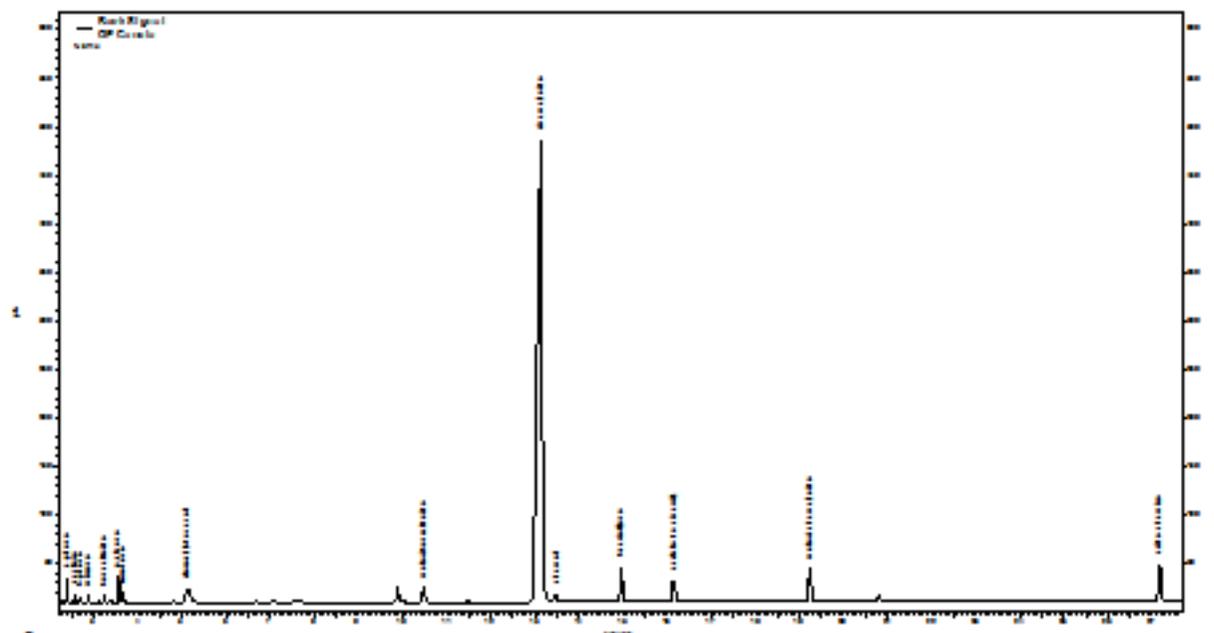
Extração: Destilação por arraste a vapor

Parte da planta: Cascas

Origem: Brasil

Composição Química:

Pico	Constituinte ID	%
1	α -pineno	0.6
2	canfeno	0.2
3	β -pineno	0.2
4	mirreno	0.2
5	benzaldeido	0.2
6	p-cimeno	0.9
7	limoneno	0.5
8	clorociclohexanol	2.5
9	metoxibenzaldeido	1.1
10	cinamaldeido	77.0
11	cinamol	1.4
12	β -cariofileno	2.8
13	acetato de cinamila	2.3
14	metoxi cinamaldeido	3.0
15	acido cinamico	3.4



Dra. Vany Ferraz
 Laboratório de Cromatografia
 Departamento de Química – UFMG
 vanyferraz@ufmg.br
 Belo Horizonte, 04/11/2014

Método de análise:
 Cromatografia Gasosa de Alta Resolução. Cromatógrafo a Gás AGILENT 7820A.
 Coluna: HP-5, 30m x 0,32mm x 0,25 μ m (AGILENT). Temp.: Coluna: 50°C (0min), 3°C /min a 200°C.
 Injetor: 200°C Split: 1/50. Detector FID: 220°C. Vol. de Injeção: 1 μ l (conc 1.0 % em clorofórmio)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
 DEPARTAMENTO DE QUÍMICA / COLEGIADO DE EXTENSÃO
 TELEFAX : (31) 3409-5724 – E-MAIL: NUCLEO@QUI.UFMG.BR

UFMG

CERTIFICADO DE ANÁLISE QUÍMICA

Solicitante: Maria Fernanda Macedo Gomes

ÓLEO ESSENCIAL DE GERÂNIO

Nome comercial: Gerânio Africano

Nomenclatura botânica: *peritagonium graveolens*

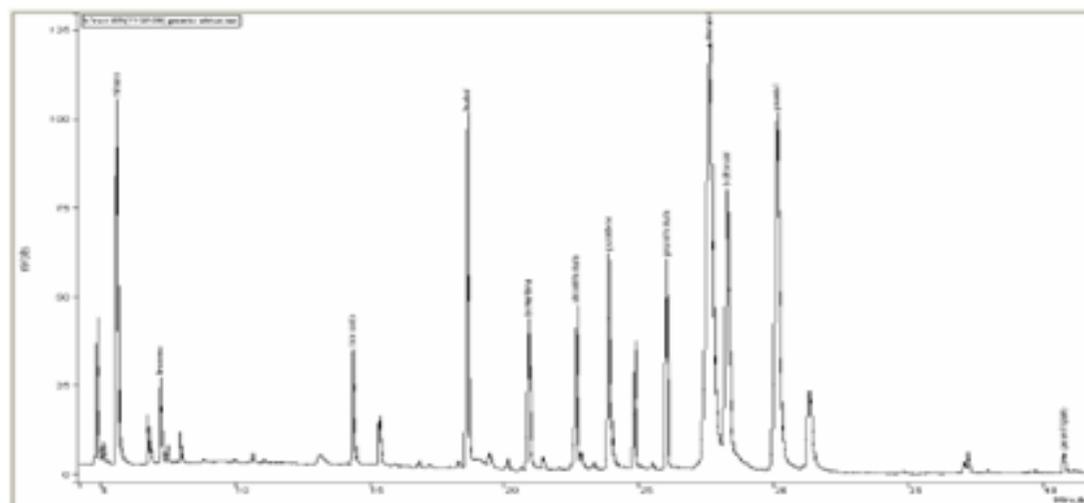
Extração: Destilação por arraste a vapor

Parte da planta: Erva

Origem: África do Sul

Composição Química:

Pico	Constituinte ID	%
1	mirreno	6,1
2	limoneno	1,2
3	rose óxido	2,3
4	linalool	6,5
5	isomentona	3,1
6	citronilil formato	3,5
7	guaiadieno	3,7
8	geranil formato	3,8
9	α -citronelol	25,5
10	β -citronelol	12,1
11	geraniol	16,0
12	geranil tigolato	0,4



Dra. Vany Ferra
 Laboratório de Cromatografia
 Departamento de Química – UFMG
vanyferraz@ufmg.br
 Belo Horizonte, 04/11/2014

Método de análise:
 Cromatografia Gasosa de Alta Resolução. Cromatógrafo a Gás AGILENT 7820A.
 Coluna: HP-5 30m x 0,32mm x 0,25 μ m (AGILENT). Temp.: Coluna: 70°C (0min), 3°C/min a 200°C.
 Injetor: 200°C Split: 1/50. Detector FID: 220°C. Vol. de injeção: 1 μ l (conc 1,0 % em clorofórmio)



Universidade Federal de Minas Gerais
 Instituto de Ciências Exatas
 Departamento de Química / Colegiado de Extensão
 Telex: (31) 3409-5724 - e-mail: núcleo@qui.ufmg.br

CERTIFICADO DE ANÁLISE QUÍMICA

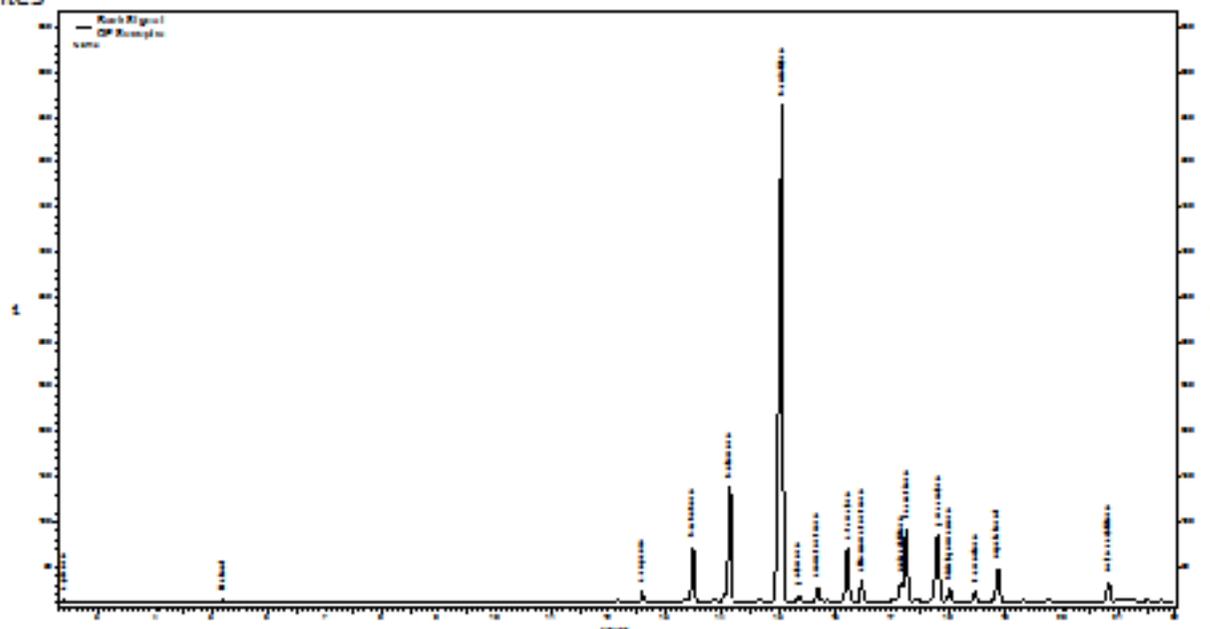
Solicitante: Maria Fernanda Macedo Gomes

Composição Química:

ÓLEO ESSENCIAL DE SUCUPIRA

Nome comercial: Óleo essencial de Sucupira
 Nomenclatura botânica: Pterodon emarginatus
 Extração: Destilação por arraste a vapor
 Método de cultivo: Selvagem
 Parte da planta: Sementes
 Origem: Brasil

Pico	Constituinte ID	%
1	α -pineno	0.1
2	linalool	0.1
3	α -copaeno	0.7
4	β -cubebeno	4.2
5	β -elemeno	10.0
6	β -cariofileno	49.9
7	γ -elemeno	0.8
8	aromadendreno	1.3
9	α -humuleno	4.5
10	alloaromadendreno	1.7
11	epi-cariofileno	1.6
12	daucadieno	6.2
13	γ -muuroleno	6.8
14	biciclogemacreno	1.2
15	δ -amorfenos	0.8
16	espatulenol	3.1
17	oxido cariofileno	1.9



Dra. Vany Ferraz
 Laboratório de Cromatografia
 Departamento de Química - UFMG
 vanyferraz@ufmg.br
 Belo Horizonte, 05/11/2014

Método de análise:

Cromatografia Gasosa de Alta Resolução. Cromatógrafo a Gás AGILENT 7820A.
 Coluna: HP-5, 30m x 0,32mm x 0,25 μ m (AGILENT). Temp.: Coluna: 70°C (0min), 3°C/min a 250°C.
 Injetor: 250°C Split: 1/50. Detector FID: 260°C. Vol. de injeção: 1 μ l (conc 1.0 % em clorofórmio).



Universidade Federal de Minas Gerais
 Instituto de Ciências Exatas
 Departamento de Química / Colegiado de Extensão
 Telefone: (31) 3409-5724 – e-mail: núcleo@qui.ufmg.br

UFMG

CERTIFICADO DE ANÁLISE QUÍMICA

Solicitante: Maria Fernanda Macedo Gomes

ÓLEO ESSENCIAL DE PINDAÍBA QT MIRCENO

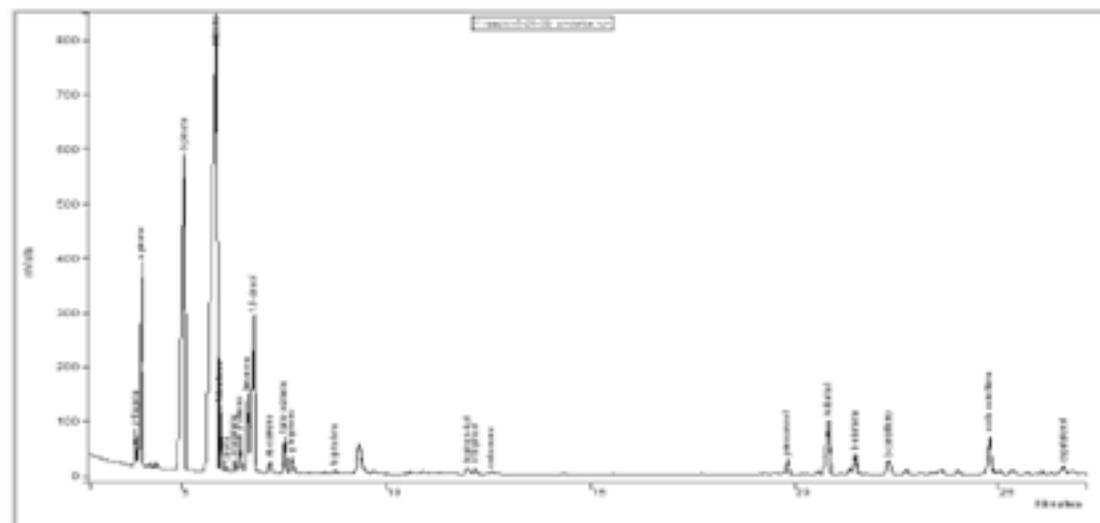
Nome comercial: Pindaíba

Nomenclatura botânica: *Xilopia brasiliensis*

Extração: Destilação por arraste a vapor

Parte da planta: Folhas

Origem: Bahia - Brasil



Composição Química:

Pico	Constituinte ID	%
1	α -thujeno	1,1
2	α -pineno	6,4
4	β -pineno	19,7
5	mirceno	42,4
6	α -felandreno	1,7
7	careno	0,2
8	α -terpineno	0,3
9	p-cimeno	1,4
10	limoneno	3,2
11	1,8-cineol	7,0
12	cis-ocimeno	0,4
13	trans-ocimeno	1,2
14	γ -terpineno	0,6
15	terpinoleno	0,2
20	terpinen-4-ol	0,3
21	α -terpineol	0,3
22	verbenona	0,2
23	pinocarveol	0,7
25	verbenol	2,9
27	β -elemeno	1,0
28	β -cariofileno	0,9
32	óxido cariofileno	2,4
37	espatulenol	0,5

Obs: Picos menores que 0,1% foram excluídos

Dra. Vany Ferra
 Laboratório de Cromatografia
 Departamento de Química – UFMG
 vanyferraz@ufmg.br
 Belo Horizonte, 04/11/2014

Método de análise:

Cromatografia Gasosa de Alta Resolução. Cromatógrafo a Gás AGILENT 7820A.
 Coluna: HP-5, 30m x 0,32mm x 0,25 μ m (AGILENT). Temp.: Coluna: 70°C (0min), 3°C /min a 200°C.
 Injetor: 200°C Split: 1/50. Detector FID: 220°C. Vol. de injeção: 1 μ l (conc 1.0 % em clorofórmio)



Universidade Federal de Minas Gerais
 Instituto de Ciências Exatas
 Departamento de Química / Colegiado de Extensão
 Telefax: (31) 3409-5724 – e-mail: núcleo@qui.ufmg.br



CERTIFICADO DE ANÁLISE QUÍMICA

Solicitante: Maria Fernanda Macedo Gomes

ÓLEO ESSENCIAL DE PRIPRIOCA

Nome comercial: nagarmotha, priprioica, cyperus, dandá

Nomenclatura botânica: *Cyperus scariosus*

Extração: Destilação por arraste a vapor

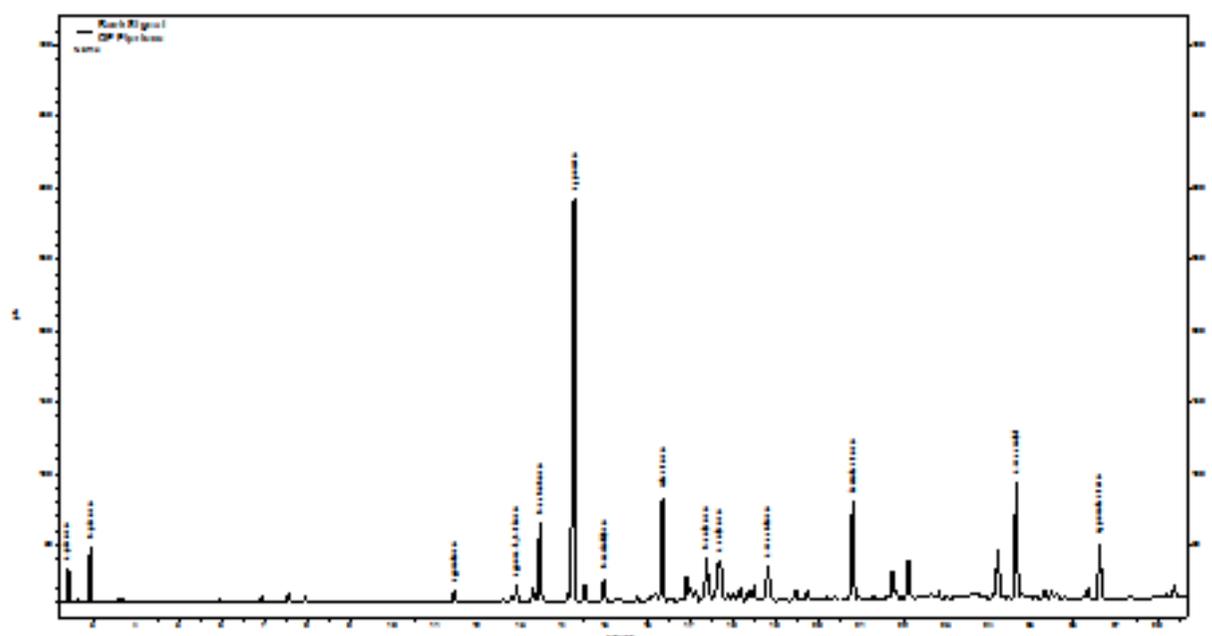
Método de cultivo: Orgânico não certificado

Parte da planta: Raízes

Origem: Índia

Composição Química:

Pico	Constituinte ID	%
1	α -pineno	0.6
2	β -pineno	1.1
3	cypoteno	0.6
4	cypers-2,4-dieno	0.8
5	cubebeno	4.3
6	cypereno	23.9
7	β -cariofileno	1.4
8	rotundeno	6.0
9	β -selineno	3.8
10	α selineno	5.0
11	α -muuroleno	3.0
12	isorotundeno	6.3
13	α -muurolol	7.6
14	cyperotundeno	3.7



Dra. Vany Ferraz
 Laboratório de Cromatografia
 Departamento de Química – UFMG
 vanyferraz@ufmg.br
 Belo Horizonte, 25/11/2014

Método de análise:
 Cromatografia Gasosa de Alta Resolução. Cromatógrafo a Gás AGILENT 7820A.
 Coluna: HP-5, 30m x 0,32mm x 0,25 μ m (AGILENT). Temp.: Coluna: 70°C (0min), 3°C /min a 250°C. Injetor:
 250°C Split: 1/50. Detector FID: 250°C. Vol. de Injeção: 1 μ l (conc 1.0 % em clorofórmio)



Universidade Federal de Minas Gerais
 Instituto de Ciências Exatas
 Departamento de Química / Colegiado de Extensão
 Telefax: (31) 3409-5724 – e-mail: núcleo@qui.ufmg.br

CERTIFICADO DE ANÁLISE QUÍMICA

Solicitante: Maria Fernanda Macedo Gomes

Composição Química:

ÓLEO ESSENCIAL DE CAPIM LIMÃO

Nome comercial: Óleo de Capim Limão

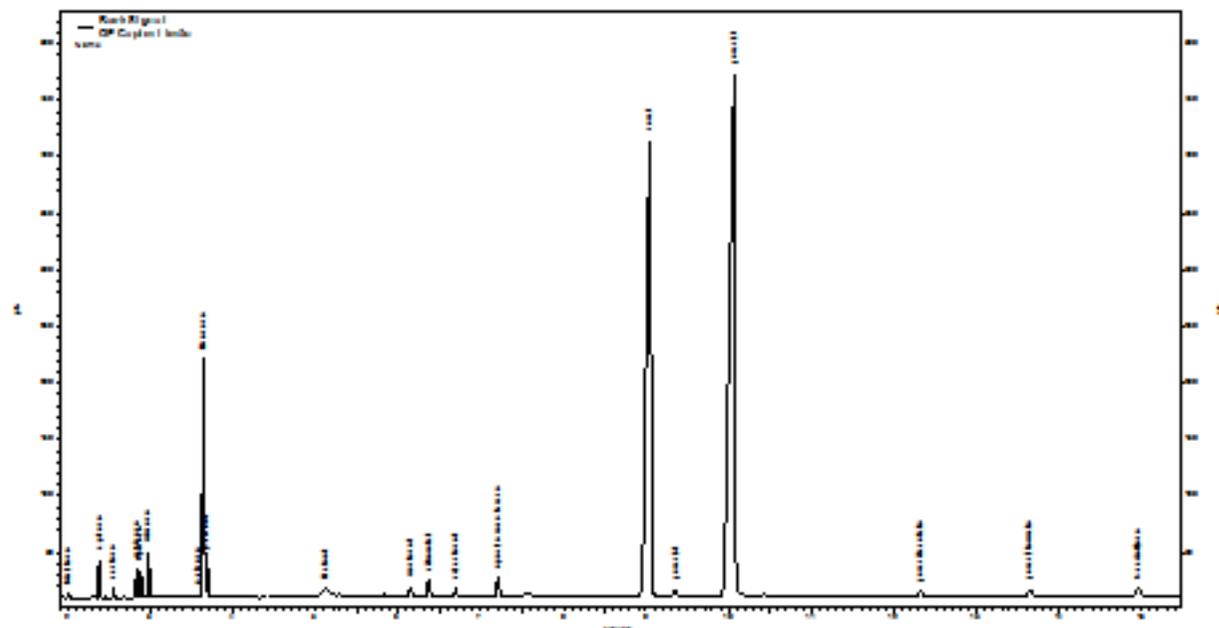
Nomenclatura botânica: *Cymbopogon citratus*

Extração: Destilação por arraste a vapor

Método de cultivo: Orgânico não certificado

Parte da planta: Folhas

Origem: Brasil



Pico	Constituinte ID	%
1	triciclono	0.1
2	α -pineno	0.8
3	canfeno	0.2
4	sabineno	0.7
5	β -pineno	0.6
6	mirreno	1.1
7	p-cimeno	0.1
8	limoneno	6.9
9	1,8-cineol	0.9
10	linalool	1.3
11	mentenol	0.5
12	citronelal	0.8
13	crisantenol	0.4
14	epoxido rose furano	1.0
15	neral	34.0
16	geraniol	0.5
17	geranial	46.4
18	geranil acetato	0.4
19	geranil formato	0.6
20	β -cariofileno	0.6

Dra. Vany Ferraz
 Laboratório de Cromatografia
 Departamento de Química – UFMG
 vanyferraz@ufmg.br
 Belo Horizonte, 04/11/2014

Método de análise:

Cromatografia Gasosa de Alta Resolução. Cromatógrafo a Gás AGILENT 7820A.
 Coluna: HP-5, 30m x 0,32mm x 0,25 μ m (AGILENT). Temp.: Coluna: 70°C (0min), 3°C /min a 200°C.
 Injetor: 220°C Split: 1/50. Detector FID: 250°C. Vol. de Injeção: 1 μ l (conc 1.0 % em clorofórmio).



Universidade Federal de Minas Gerais
 Instituto de Ciências Exatas
 Departamento de Química / Colegiado de Extensão
 Telefax: (31) 3409-5724 - e-mail: núcleo@qui.ufmg.br

UFMG

CERTIFICADO DE ANÁLISE QUÍMICA

Solicitante: Maria Fernanda Macedo Gomes

ÓLEO ESSENCIAL DE ALECRIM CÂNFORA

Nome comercial: Alecrim Cânfora

Nomenclatura botânica: *Rosmarinus officinalis*

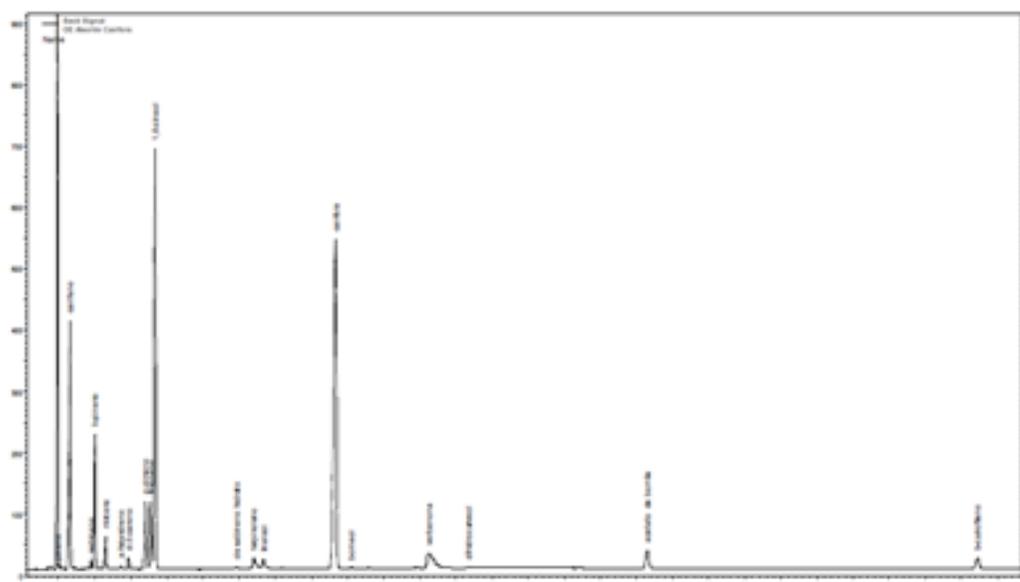
Extração: Destilação por arraste a vapor

Parte da planta: Folhas e galhos

Origem: Brasil

Composição Química:

Pico	Constituinte ID	%
1	α -pineno	21.7
2	canfeno	10.0
3	sabineno	0.4
4	β -pineno	5.1
5	mirreno	1.3
6	α -felandreno	0.2
7	δ -3-careno	0.5
8	β -cimeno	3.1
9	limoneno	3.2
10	1,8-cineol	20.0
11	cis sabineno hidrato	0.1
12	terpinoleno	1.1
13	linalool	0.8
14	canfora	25.4
15	borneol	0.1
16	verbenona	3.1
17	dihidrocarveol	0.1
18	acetato de bornila	1.7
19	β -cariofileno	1.1



Dra. Vany Ferraz
 Laboratório de Cromatografia
 Departamento de Química – UFMG
vanyferraz@ufmg.br
 Belo Horizonte, 04/11/2014

Método de análise:

Cromatografia Gasosa de Alta Resolução. Cromatógrafo a Gás AGILENT 7820A.
 Coluna: HP-5, 30m x 0,32mm x 0,25 μ m (AGILENT). Temp.: Coluna: 70°C (0min), 3°C /min a 200°C.
 Injetor: 200°C Split: 1/50. Detector FID: 220°C. Vol. de Injeção: 1 μ l (conc 1.0 % em clorofórmio)



Universidade Federal de Minas Gerais
 Instituto de Ciências Exatas
 Departamento de Química / Colegiado de Extensão
 Telefone: (31) 3409-5724 – e-mail: núcleo@qui.ufmg.br



CERTIFICADO DE ANÁLISE QUÍMICA

Solicitante: Maria Fernanda Macedo Gomes

Composição Química:

ÓLEO ESSENCIAL DE PIMENTA ROSA

Nome comercial: Aroeira rosa frutos, aroeira brasileira

Nomenclatura botânica: Schinus terebinthifolius

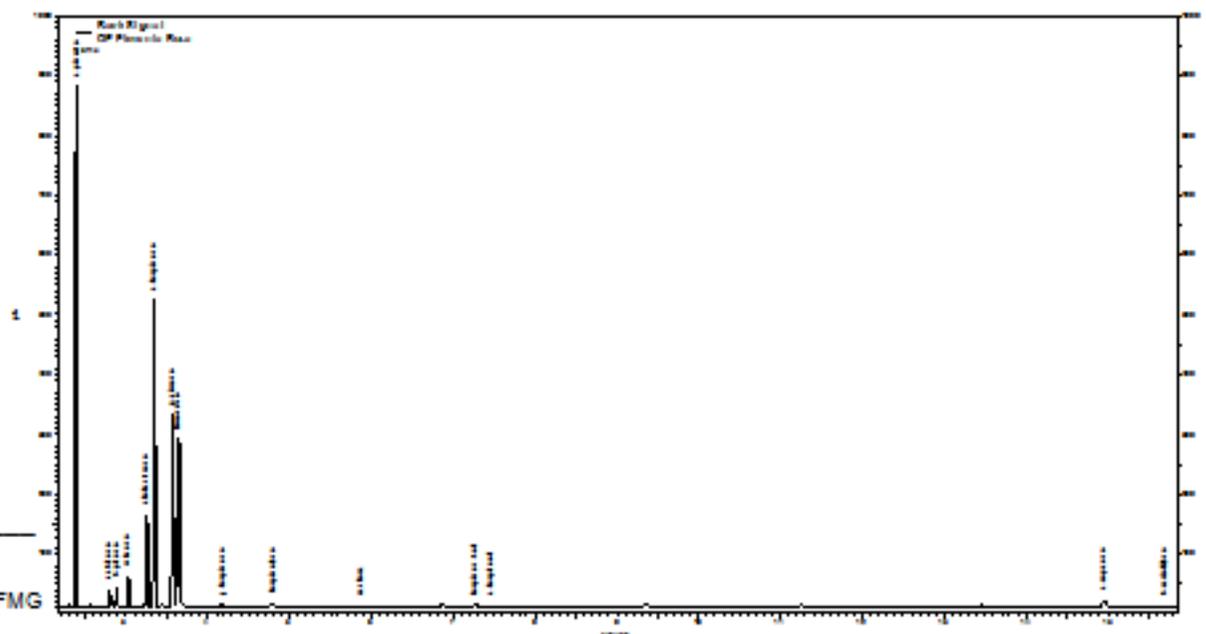
Extração: Destilação por arraste a vapor

Método de cultivo: orgânico não certificado

Parte da planta: frutos secos

Origem: Brasil

Pico	Constituinte ID	%
1	α -pineno	27.2
2	sabineno	1.3
3	β -pineno	1.3
4	mirreno	2.0
5	α -felandreno	6.5
6	α -terpineno	21.6
7	p-cimeno	14.8
8	limoneno	16.5
9	γ -terpineno	0.3
10	terpinoleno	0.7
11	canfora	0.2
12	terpinen-4ol	0.6
13	α -terpineol	0.5
14	α -copaeno	1.2
15	β -cariofileno	0.3
16	muuroladieno	0.9
17	gamacreno D	0.2



Dra. Vany Ferraz
 Laboratório de Cromatografia
 Departamento de Química – UFMG
 vanyferraz@ufmg.br
 Belo Horizonte, 04/11/20114

Método de análise:

Cromatografia Gasosa de Alta Resolução. Cromatógrafo a Gás AGILENT 7820A.
 Coluna: HP-5, 30m x 0,32mm x 0,25 μ m (AGILENT). Temp.: Coluna: 70°C (0min), 3°C /min a 200°C.
 Injetor: 220°C Split: 1/50. Detector FID: 250°C. Vol. de Injeção: 1 μ l (conc 1.0 % em clorofórmio).



Universidade Federal de Minas Gerais
 Instituto de Ciências Exatas
 Departamento de Química / Colegiado de Extensão
 Telefax: (31) 3409-5724 – e-mail: núcleo@qui.ufmg.br

CERTIFICADO DE ANÁLISE QUÍMICA

Solicitante: Maria Fernanda Macedo Gomes

ÓLEO ESSENCIAL DE BREU BRANCO

Nome comercial: Óleo essencial de Breu branco, amescla, almacega

Nomenclatura botânica: Protium heptaphyllum

Extração: Destilação por arraste a vapor

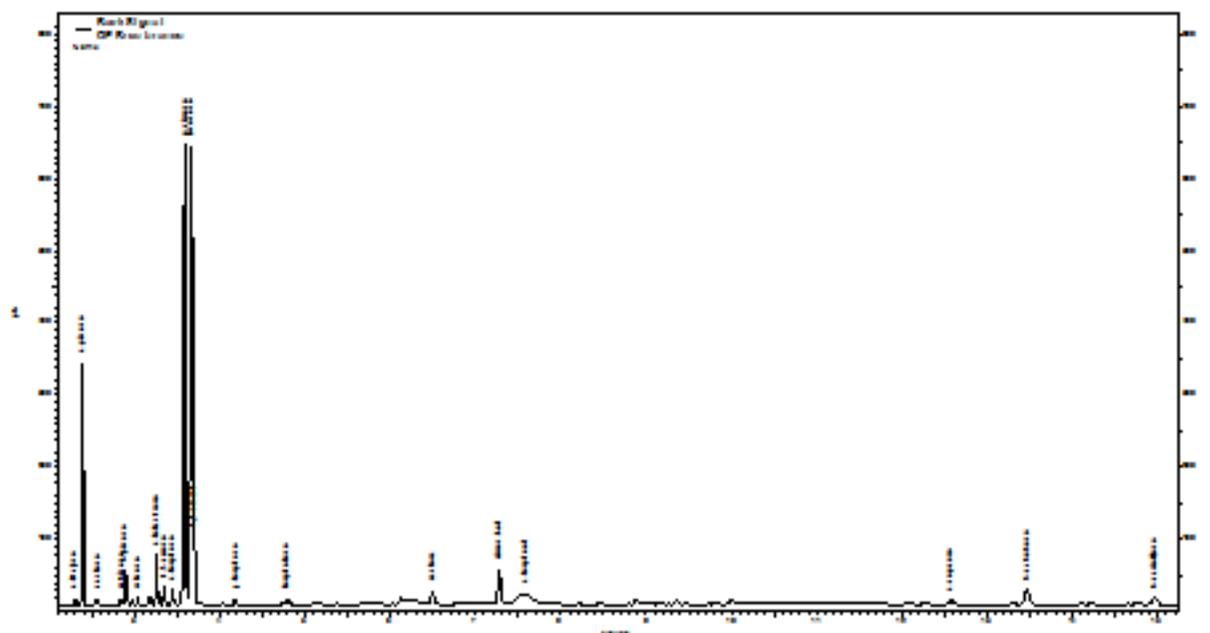
Método de cultivo: Convencional

Parte da planta: Resina

Origem: Brasil

Composição Química:

Pico	Constituinte ID	%
1	α -thujeno	0.2
2	α -pineno	8.9
3	canfeno	0.4
4	sabineno	0.3
5	β -pineno	2.3
6	mirreno	0.4
7	α -felandreno	2.7
8	δ -3-careno	0.9
9	α -terpineno	0.8
10	p-cimeno	27.2
11	limoneno	33.2
12	1,8-cineol	2.9
13	γ -terpineno	0.4
14	terpinoleno	0.7
15	canfora	1.0
16	cimen-8ol	3.3
17	α -terpineol	4.6
18	α -copaeno	0.4
19	β -cubebeno	1.9
20	β -cariofileno	0.9
21	óxido cariofileno	0.5



Dra. Vany Ferraz
 Laboratório de Cromatografia
 Departamento de Química – UFMG
 vanyferraz@ufmg.br
 Belo Horizonte, 05/11/2014

Método de análise:
 Cromatografia Gasosa de Alta Resolução. Cromatógrafo a Gás AGILENT 7820A.
 Coluna: HP-5_{ms} 30m x 0,32mm x 0,25 μ m (AGILENT). Temp.: Coluna: 70°C (0min), 3°C/min a 250°C. Injetor:
 250°C Split: 1/50. Detector FID: 250°C. Vol. de Injeção: 1 μ l (conc 1.0 % em clorofórmio)



Universidade Federal de Minas Gerais
 Instituto de Ciências Exatas
 Departamento de Química / Colegiado de Extensão
 Telefone: (31) 3409-5724 - e-mail: núcleo@qui.ufmg.br



CERTIFICADO DE ANÁLISE QUÍMICA

Solicitante: Maria Fernanda Macedo Gomes

Composição Química:

ÓLEO ESSENCIAL DE CIPRESTE LUSITÂNICA

Nome comercial: Óleo essencial de Cipreste Lusitânica

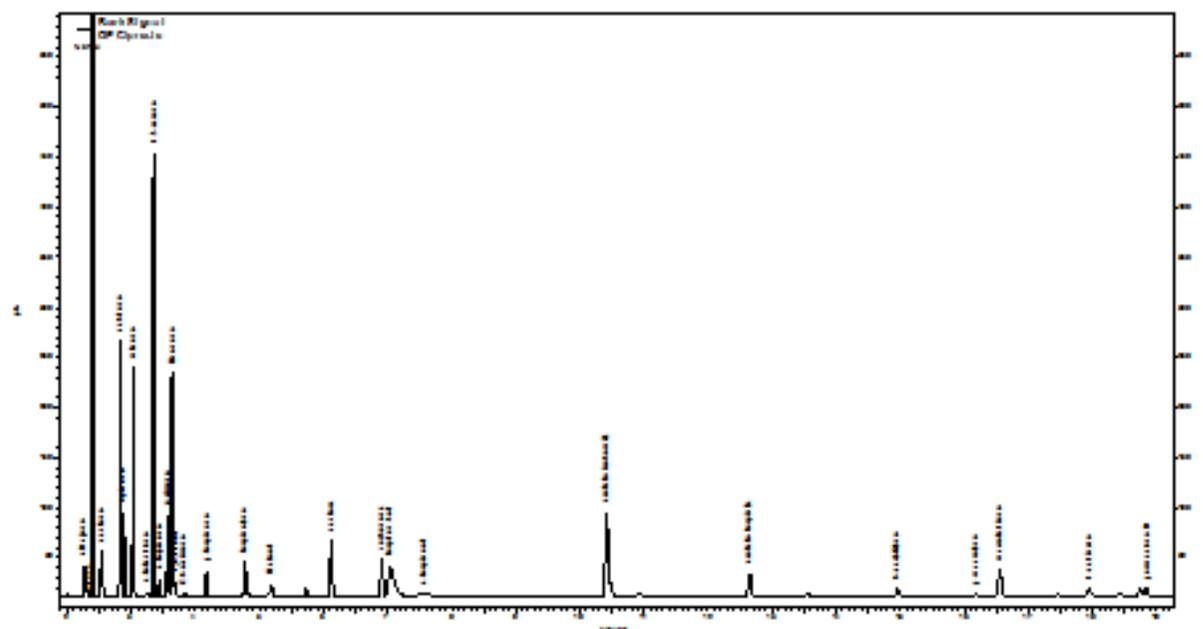
Nomenclatura botânica: *Cupressus lusitanica*

Extração: Destilação por arraste a vapor

Método de cultivo: Orgânico não certificado

Parte da planta: Folhas

Origem: Brasil



Pico	Constituinte ID	%
1	α -thujeno	1.2
2	α -pineno	29.1
3	canfeno	1.7
4	sabineno	6.5
5	β -pineno	2.1
6	mirreno	6.0
7	α -felandreno	0.2
8	δ -3-careno	12.6
9	α -terpineno	0.5
10	p-cimeno	2.6
11	limoneno	7.4
12	1,8-cineol	0.5
13	Z- β -ocimeno	0.1
14	γ -terpineno	1.0
15	terpinoleno	1.6
16	linalool	0.9
17	canfora	2.7
18	verbenona	1.9
19	terpinen-4ol	4.3
20	α -terpineol	1.0
21	acetato isobornila	6.0
22	acetato terpinila	1.5
23	β -cariofileno	0.6
24	γ -muuroлено	0.3
25	muuroладieno	2.0
26	δ -cadineno	0.8
27	germacreno D	0.7

Dra. Vany Ferraz
 Laboratório de Cromatografia
 Departamento de Química – UFMG
 vanyferraz@ufmg.br
 Belo Horizonte, 04/11/2014

Método de análise:
 Cromatografia Gasosa de Alta Resolução. Cromatógrafo a Gás AGILENT 7820A.
 Coluna: HP-5, 30m x 0,32mm x 0,25 μ m (AGILENT). Temp.: Coluna: 70°C (0min), 3°C /min a 200°C.
 Injetor: 220°C Split: 1/50. Detector FID: 250°C. Vol. de Injeção: 1 μ l (conc 1.0 % em clorofórmio).



Universidade Federal de Minas Gerais
 Instituto de Ciências Exatas
 Departamento de Química / Colegiado de Extensão
 Telefone: (31) 3409-5724 – e-mail: núcleo@qui.ufmg.br

CERTIFICADO DE ANÁLISE QUÍMICA

Solicitante: Maria Fernanda Macedo Gomes

ÓLEO ESSENCIAL de OLÍBANO

Nome comercial: Óleo essencial de Olíbano

Nomenclatura botânica: *Boswellia carterii*

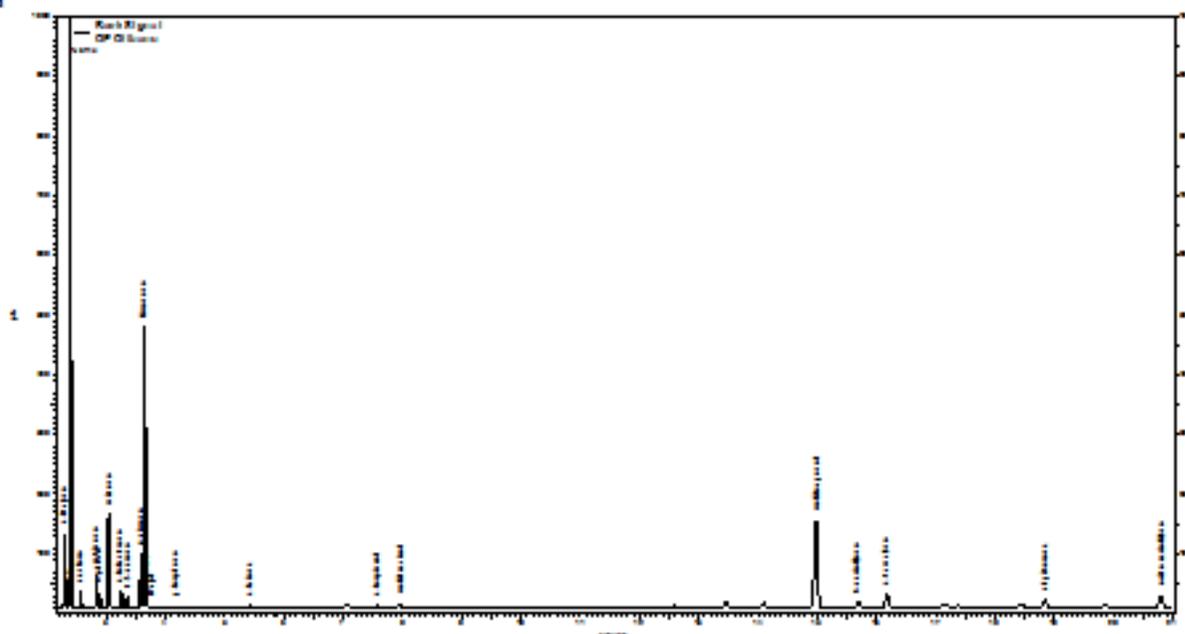
Extração: Destilação por arraste a vapor

Método de cultivo: Orgânico não certificado

Parte da planta: Resina

Composição Química:

Pico	Constituinte ID	%
1	α -thujeno	3.0
2	α -pineno	37.6
3	canfeno	0.7
4	sabineno	1.6
5	β -pineno	0.7
6	mirreno	4.6
7	α -felandreno	0.9
8	δ -3-careno	0.6
9	p-cimeno	3.1
10	limoneno	16.3
11	1,8-cineol	0.2
12	thujol	0.1
13	γ -terpineno	0.1
14	α -tuiona	0.2
15	α -terpineol	0.8
16	metil cavicol	0.5
17	metil eugenol	11.8
18	β -cariofileno	1.0
19	α -humuleno	2.0
20	zingiberona	1.2
21	óxido cariofileno	1.9
22	acetato incensila	0.6



Dra. Vany Ferraz
 Laboratório de Cromatografia
 Departamento de Química – UFMG
 vanyferraz@ufmg.br
 Belo Horizonte, 05/11/2014

Método de análise:

Cromatografia Gasosa de Alta Resolução. Cromatógrafo a Gás AGILENT 7820A.
 Coluna: HP-5, 30m x 0,32mm x 0,25 μ m (AGILENT). Temp.: Coluna: 70°C (0min), 3°C /min a 250°C.
 Injetor: 250°C Split: 1/50. Detector FID: 250°C. Vol. de injeção: 1 μ l (conc 1.0 % em clorofórmio)

5.