



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

**MONTAGEM DE UMA APARELHAGEM COM MATERIAIS ALTERNATIVOS
PARA A EXTRAÇÃO DO LIMONENO DAS CASCAS DE LARANJA**

JOSUÉ BERTO DA SILVA FILHO

RECIFE

2022



JOSUÉ BERTO DA SILVA FILHO

**MONTAGEM DE UMA APARELHAGEM COM MATERIAIS ALTERNATIVOS
PARA A EXTRAÇÃO DO LIMONENO DAS CASCAS DE LARANJA**

Monografia apresentada a coordenação do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção título de Licenciado (a) em Química.

Orientador: Professor Dr. João Rufino de Freitas Filho.

RECIFE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B545m Filho, Josué Berto da Silva
Montagem de uma aparelhagem com materiais alternativos para a extração do limoneno das cascas de laranja / Josué Berto da Silva Filho. - 2022.
54 f. : il.

Orientador: Joao Rufino de Freitas Filho.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Licenciatura em Química, Recife, 2022.

1. Limoneno. 2. Óleos essenciais. 3. Experimentação. 4. Condensador alternativo. 5. Ensino de química. I. Filho, Joao Rufino de Freitas, orient. II. Título

CDD 540

JOSUÉ BERTO DA SILVA FILHO

**MONTAGEM DE UMA APARELHAGEM COM MATERIAIS ALTERNATIVOS
PARA A EXTRAÇÃO DO LIMONENO DAS CASCAS DE LARANJA**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Rufino de Freitas Filho (Depto. de Química – UFRPE)
Orientador

Prof^a. Analice de Almeida Lima (Depto. de Educação – UFRPE)
Primeiro Examinador

Prof^a. Dr^a. Kátia Cristina Freitas (Depto. de Química – UFRPE)
Segundo Examinador.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu querido pai, Josué Berto da Silva , que me ensinou, desde criança, valorizar a cultura, a escola e professores. Por isso não poderia deixar de homenageá-lo nesse momento tão importante de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo agradeço a Deus pela oportunidade de realizar o sonho de ter entrado na UFRPE e ter chegado nesse momento que significa muito em minha vida. Pois sem Ele não seria possível vivenciar tantos momentos felizes na universidade.

Quero agradecer ao meu orientador Prof. Dr. João Rufino de Freitas Filho pela paciência, inspiração e força, que foi fundamental para elaboração desse trabalho.

Grato a minha querida mãe que me deu força durante os momentos difíceis vivenciados no decorrer do curso. Seu olhar sereno sempre me transmitiu tranquilidade quando precisei.

É com muita saudade que ofereço ao meu pai que não está mais aqui entre nós minha eterna gratidão. Ele foi o grande incentivador da minha vida profissional e acadêmica, foi o melhor amigo que tive em toda minha vida. Devo tudo o que conquistei aos sábios conselhos que meu pai me dava. É difícil suportar a ausência de quem amamos, mas o que me faz prosseguir é a certeza que meu pai estaria muito feliz por mim se estivesse aqui.

RESUMO

Os óleos essenciais são substâncias voláteis e podem ser obtidos através de diversos métodos: hidrodestilação, extração por solventes orgânicos, destilação a vapor, extração por fluido supercrítico, enfloração, prensagem a frio, dentre outros. Este trabalho teve como objetivo investigar a extração de óleos essenciais da casca da laranja utilizando a aparelho de destilação montado com materiais alternativos e comparar a eficiência deste com o aparelho convencional utilizado em laboratório. Para extração do limoneno a metodologia utilizada foi a técnica de hidrodestilação que é um método antigo e versátil no qual o material vegetal permanece em contato com a água em ebulição, o vapor força a abertura das paredes celulares e ocorre a evaporação do óleo que está entre as células da planta. A proposta de construção do material e extração de óleo foi devido a necessidade de facilitar o ensino e a aprendizagem de conceitos de química no ensino médio. A ideia de extrair o óleo essencial da casca da laranja foi um artifício utilizado para incentivar as atividades experimentais na escola. Pois, ao observar um experimento o estudante tem a oportunidade de fazer uma reconstrução interna de tudo aquilo vivenciado naquele momento. Em conclusão, nesse trabalho foi elaborada a construção de um condensador caseiro de baixo custo, utilizando materiais alternativos e posteriormente a extração do óleo onde alguns conceitos podem ser estudados, tais como, ponto de ebulição, condensação, evaporação, forças intermoleculares, solubilidade, polaridade etc.

Palavras-chave: Limoneno, óleos essenciais, experimentação, condensador alternativo, ensino de química.

ABSTRACT

Essential oils are volatile substances and can be obtained through several methods: hydrodistillation, extraction by organic solvents, steam distillation, extraction by supercritical fluid, flowering, cold pressing, among others. This work aimed to investigate the extraction of essential oils from the orange peel using a distillation apparatus assembled with alternative materials and to compare its efficiency with the conventional apparatus used in the laboratory. For the extraction of limonene, the methodology used was the hydrodistillation technique, which is an old and versatile method in which the plant material remains in contact with boiling water, the steam forces the cell walls to open and the oil that is between them evaporates. the plant cells. The proposal to build the material and extract the oil was due to the need to facilitate the teaching and learning of chemistry concepts in high school. The idea of extracting the essential oil from the orange peel was an artifice used to encourage experimental activities at school. Because, when observing an experiment, the student has the opportunity to make an internal reconstruction of everything experienced at that moment. In conclusion, in this work, the construction of a low cost homemade condenser was elaborated, using alternative materials and later the oil extraction where some concepts can be studied, such as boiling point, condensation, evaporation, intermolecular forces, solubility, polarity etc.

Keywords: Limonene essential oils, experimentation, alternative condenser, chemistry teaching

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Contextualização da temática	12
1.2 Justificativa	12
1.3 Problema de pesquisa	13
1.4 Objetivos	13
Gerais	13
Específicos	13
2 UMA REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 Abordagem histórica	14
Aromaterapia	16
Fitoterapia	17
2.2 Aspectos gerais sobre os óleos essenciais	18
2.3 Tecendo considerações sobre o limoneno	20
Fenilpropanóides	20
Terpenóides	21
2.4 Processos de extração	24
Hidrodestilação	25
Destilação por arraste a vapor	27
Extração por solventes orgânicos	28
Extração com fluído supercrítico	29
Enfloração	31
Pesagem a frio	32
2.5 Utilização de materiais alternativos no ensino de química	33
2.6 Abordagem sobre o ensino de funções orgânicas	34
3 PERCURSO METODOLÓGICO	36
3.1 Pesquisa bibliográfica	36
3.2 Coleta do material	36
3.3 Montagem da aparelhagem para extração do limoneno	36
3.4 Procedimentos experimentais	37

3.5 Estudo dos conceitos envolvidos-----	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO-----	38
Montagem do equipamento-----	38
Elaboração dos procedimentos para extração do limoneno-----	42
Proposta de estudo dos conceitos envolvidos no decorrer do experimento-----	46
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS-----	48
6 REFERÊNCIAS-----	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura química do limoneno-----	22
Figura 2. Isômeros ópticos do limoneno-----	23
Figura 3. Enantiômeros do limoneno-----	23
Figura 4. Isômeros <i>R</i> e <i>S</i> do limoneno-----	24
Figura 5. Morfologia da laranja-----	24
Figura 6. Sistema de hidrodestilação-----	26
Figura 7. Aparelho de Clevenger-----	26
Figura 8. Sistema de destilação por arraste a vapor-----	27
Figura 9. Sistema de extração por solventes orgânicos-----	29
Figura 10. Planta de extração de óleo essencial por fluido supercrítico-----	30
Figura 11. Processo de extração de óleo essencial por enfleurage-----	32
Figura 12. Processo de extração de óleo essencial por prensagem a frio-----	32
Figura 13. Etapas do trabalho-----	36
Figura 14. Materiais utilizados para construir o condensador alternativo-----	38
Figura 15. Garrafas de água mineral-----	39
Figura 16. Recipientes marcados para o corte-----	39
Figura 17. Recipientes cortados-----	40
Figura 18. Garrafas conectadas-----	40
Figura 19. Perfuração dos recipientes já colados com durepóxi-----	41
Figura 20. Caneta utilizada para acoplamento da mangueira-----	41
Figura 21. Chaleira de vidro utilizada como balão destilação-----	42
Figura 22. Destilador montado-----	42
Figura 23. Pesagem das cascas da laranja-----	43
Figura 24. Condensador pronto para destilação-----	43
Figura 25. Chaleira com água e cascas da laranja-----	44
Figura 26. Aparelhagem completa para iniciar a destilação-----	44
Figura 27. Início do aquecimento o sistema-----	45
Figura 28. Esquema do processo de obtenção do óleo essencial-----	45
Figura 29. Óleo da casca da laranja extraído por hidrodestilação-----	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Os 18 principais óleos essenciais no mercado mundial-----20

Tabela 2. Classificação dos terpenos-----21

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA TEMÁTICA

Os óleos essenciais são empregados e explorados há cerca de 3.500 anos pela humanidade (SCOTT, 2005). Utilizam-se diferentes métodos de extração para isolar tais óleos, devendo-se ressaltar que, dependendo do método, a composição do óleo pode variar significativamente (CASSEL et al., 2009), alguns dos métodos de extração mais utilizados são: hidrodestilação, extração por solventes orgânicos, destilação a vapor, extração por fluido supercrítico, enfloração, prensagem a frio, dentre outros. A proporção de óleos essenciais extraídos por destilação a vapor é de 93%, enquanto que os 7% restantes são extraídos utilizando os outros métodos (YUSOFF et al., 2011).

Os óleos essenciais são uma mistura complexa de álcoois, aldeídos, hidrocarbonetos, cetonas, ésteres e éteres (BENCHAAR, 2007), com a maior concentração de terpenos e terpenóides e, em menor grau, fenilpropanóides encontrados em todos os tecidos vegetais vivos, que se concentram na casca, flores, folhas, rizomas e sementes (DHIFI, 2016).

1.2 JUSTIFICATIVA

Devido à importância dos óleos essenciais, estudos que visem desenvolver técnicas que possam aumentar sua produção e qualidade são imprescindíveis (ELGENDY., 2015; CHRYSARGYRIS, 2017a). A busca por produtos naturais com potencial biológico para o tratamento de doenças infecciosas é importante, principalmente para infecções fúngicas. *T. rubrum* e *M. canis*, causadores de doenças de pele em humanos e animais, é uma alternativa que visa reduzir os efeitos colaterais dos antifúngicos comerciais e o desenvolvimento de fungos resistentes (BOUCHARA et al., 2017). Economicamente são empregados nas indústrias de alimentos, cosméticos e produtos de limpeza, bem como na medicina alternativa, devido às suas inúmeras propriedades terapêuticas (GRASSMANN et al. 2000).

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Grande parte dos óleos essenciais é obtida por hidrodestilação, por meio da qual as extrações são feitas com técnicas que envolvem destilação com água (material vegetal imerso em água líquida), destilação com água e vapor (material vegetal colocado acima do nível da água líquida) e destilação direta com vapor de água (material vegetal colocado em um recipiente onde é injetado somente vapor de água). As duas primeiras formas são as mais indicadas para extração de óleos essenciais em pequena escala com unidades portáteis de uso em campo e a última, a destilação direta com vapor de água é indicada para um processamento maior de material vegetal, em escala industrial (KOKETSU & GONÇALVES, 1991). Diante desse contexto será que é possível extrair o limoneno da casca da laranja por hidrodestilação, em pequena escala, através de um extrator caseiro e comparar eficiência do mesmo com métodos tradicionais?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Investigar a extração de óleos essenciais da casca da laranja utilizando o aparelho de destilação montado com materiais alternativos e comparar a eficiência deste com o aparelho convencional utilizado em laboratório.

1.4.2 Objetivos específicos

- Montar uma aparelhagem caseira para a extração de óleos essenciais da casca da laranja com materiais alternativos;
- Elaborar procedimento experimental para extração do óleo;
- Extrair o limoneno por hidrodestilação em equipamento construído com materiais alternativos;
- Reconhecer os procedimentos e princípios de funcionamento do processo de destilação por arraste a vapor;
- Reconhecer características estruturais e propriedades das substâncias orgânicas a partir dos componentes dos óleos essenciais.

2. UMA REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ABORDAGEM HISTÓRICA

Segundo MILLER (1991), não se pode datar exatamente a primeira extração por destilação de óleos essenciais. O autor cita em seu livro que o objetivo das primeiras destilações realizadas teria sido a obtenção do álcool de vinho, o chamado “espírito” presente no mel fermentado. Esse fato provavelmente ocorreu na época posterior ao dilúvio, de acordo com as escrituras hebraicas. Há alguns milhares de anos, ervas aromáticas, bálsamos e resinas eram empregadas para embalsamar cadáveres em cerimônias religiosas ou de sacrifícios, porém, nenhum documento reporta de modo claro o uso de óleos essenciais isolados (STANWAY,1993).

De acordo com antigos hieróglifos egípcios e manuscritos chineses, óleos essenciais eram usados há mais de mil anos antes de Cristo, para curar doenças (FILIPPIS, 2001). No entanto, foi apenas a partir da Idade Média, através do processo de destilação, introduzido pelos cientistas muçulmanos, que se iniciou a real comercialização de materiais aromáticos (SIANI et al., 2000).

Os antigos persas e egípcios conheciam os óleos essenciais de Terebintina (madeira de pinheiro) e resina de mastique (*Pistacia lentiscus*), sem dúvida o primeiro óleo essencial obtido a partir da destilação a seco. Vasos de alabastro, encontrado em antigas tumbas de faraós, possuíam óleos essenciais e datavam de mais de 6.000 anos (PRICE, 1994). Os óleos essenciais eram empregados pelos egípcios, também, em massagens de embelezamento, para proteger a pele do clima árido e evitar a decomposição de seus mortos, demonstrando que conheciam suas propriedades antissépticas. Essas informações difundiram-se para os antigos gregos e deles para os romanos (DE LA CRUZ, 1997).

Durante as cruzadas, o conhecimento dos óleos aromáticos e perfumes difundiram-se para o leste e Arábia, o médico e filósofo árabe chamado Abu Ali al-Husayn Abdallah Ibn Sina, conhecido como Avicena, foi o primeiro a utilizar o processo de destilação com serpentina refrigerada para extrair o óleo essencial de rosas. Nesta época o produto final obtido era na realidade o hidrolato, água com o óleo essencial, como por exemplo, a água-de-rosas extraída da *Rose centifolia*. Foi atribuída a Avicena a “invenção da destilação”, mas na realidade ele aperfeiçoou o

método, o que possibilitou a obtenção de muitos óleos e produtos com melhor qualidade para a época. (GRACE, 1999).

A primeira descrição, no que se refere aos óleos essenciais, foi realizada detalhadamente por Arnold Villanova de Bachuone no século XIII onde relacionou terebintina, alecrim e sálvia. As ervas eram maceradas em “l' eau vie” ou fermentadas em água (devido à presença de álcool), mas a separação dos óleos essenciais não era realizada ao fim do processo, obtendo-se, assim, somente águas aromáticas. Neste século muitos óleos essenciais foram destilados, os de amêndoas amargas, arruda, canela, sândalo e rosa estão entre eles. (CORAZZA, 2002).

Em 1551, Adam Lonicer produziu a obra intitulada “Krauterbuch”, conhecido genericamente como Livro das Ervas, no qual catalogou as ervas e os óleos de sementes conhecidos até então, com as devidas informações de seu uso medicinal. Esta obra tornou-se um marco valoroso na divulgação da aromaterapia prática (CORAZZA, 2002).

Entre 1560 e 1580 o jesuíta José de Anchieta relatou minuciosamente as plantas comestíveis e medicinais do Brasil em suas missivas ao superior-geral da Companhia de Jesus, em Portugal. O padre Anchieta cita uma “erva boa” quando se referiu à *Mentha piperita*, utilizada pelos índios para combater indigestão, suavizar nevralgias, reumatismo e doenças nervosas (CORAZZA, 2002).

No ano de 1563, o doutor Giovanni Battista Della Porta publicou seu trabalho intitulado “l'iber de distillatione” com a meta de especificar claramente os óleos carreadores, os óleos essenciais e os métodos de separação dos óleos essenciais das aromáticas águas destiladas. Durante os séculos XVI e XVII houve uma grande expansão na utilização dos óleos essenciais na terapêutica de várias enfermidades e sua introdução no comércio mundial (CORAZZA, 2002).

Em 1928, Gattefossé publicou um livro intitulado “Aromatherapy”, onde relatava suas pesquisas, reacendendo o interesse por essa tradição milenar (LAWLESS, 1995). Em 1938, o médico Godissart, em Los Angeles, começou suas atividades na área da aromaterapia clínica tratando úlceras faciais, câncer de pele, gangrena e outras formas de infecção cutânea com formulações a base de óleos essenciais. Outro importante trabalho foi “Terapia através dos óleos essenciais”, escrito pelo médico Jean Valnet, que havia estudado as pesquisas de Gattefossé. (DAVIS, 1993; EDRIS, 2007).

Durante a segunda guerra mundial o Doutor Jean Valnet (1933-1995), serviu como médico na frente da armada francesa nas muralhas chinesas e ao tratar as vítimas, ele teria ficado sem antibióticos, fato que o levou a tentar fazer uso de óleos essenciais, tais como lemon, chamomille, Eucalyptus globulos, entre outros, e para seu espanto tais óleos possuíam poderoso efeito em reduzir e/ou parar os processos infecciosos, possibilitando salvar muitos soldados. Esses relatos foram publicados em 1964, na França, no seu livro “Aromatherapie” (TISSERAND, 1993).

Paul Belaiche e Jean Claude Lapraz são médicos renomados franceses que foram alunos do Doutor Valnet e responsáveis pela expansão e divulgação de seu trabalho. Eles descobriram, analisaram e verificaram clinicamente que os óleos essenciais continham propriedades antivirais, antibacterianas, antifúngicas e anti-sépticas, sendo também poderosos oxigenadores com habilidades de agir como agentes carreadores na condução de nutrientes para células do corpo (ROSE, 1996).

Com o advento da segunda guerra mundial e o desenvolvimento tecnológico da indústria farmacêutica, a terapia através dos óleos essenciais e a fitoterapia foram praticamente renegadas e esquecidas, posto, era o auge dos antibióticos. No entanto, a perda dos efeitos curativos de muitos princípios ativos sintéticos, devido ao surgimento de microrganismos cada vez mais resistentes, levou a indústria farmacêutica a sintetizar outros bem mais potentes e por vezes com efeitos adversos ainda mais indesejáveis; esse fato reacendeu o interesse pelas terapias que fazem uso de óleos essenciais (LAVABRE, 1997).

Foi somente durante os séculos XVI e XVII que os óleos essenciais receberam suas primeiras aplicações e sua introdução no comércio. A partir disso o campo da aromaterapia cresceu rapidamente ao redor do mundo (CRUZ, 2011).

2.1.1 Aromaterapia

A aromaterapia é considerada a arte e a ciência que propõe a saúde e o bem-estar do corpo, da mente e das emoções, por meio da utilização terapêutica do aroma natural proveniente das plantas obtidos através de seus óleos essenciais (GRACE, 1999; ULRICH, 2004).

Os óleos essenciais são compostos retirados de plantas aromáticas, e têm-se registros dessa prática desde o início da história da humanidade. Deste período em

diante, os OE obtidos eram utilizados para diversos costumes, tais como: rituais espirituais, medicinais, assim como na prevenção de infecções e pragas no Egito (STEVENSEN, 1998), sendo que tais óleos eram utilizados em massagens de embelezamento, em lugares secos, para proteger a pele do clima árido e evitar a decomposição de seus mortos (DE LA CRUZ, 1997), empregando seu uso para embalsamar cadáveres em cerimônias religiosas ou de sacrifícios (STANWAY, 1993).

As possibilidades quanto ao uso de óleos essenciais na Aromaterapia são variadas e algumas foram descritas (SILVA, 1998) a seguir: aromatização de ambientes; banhos aromáticos e escalda-pés; massagens aromáticas, inalações, bochechos, gargarejos, compressas e a ingesta que é mais usada pelos franceses.

Buchbauer et al. (2004) notaram que a inalação de óleos essenciais corrobora para um melhor entendimento do termo aromaterapia, sendo que esta terapia trará um efeito estimulante ou sedativo no indivíduo após este inalar compostos aromáticos.

Saúde não é caracterizado apenas pela ausência de dor ou doença, este termo traz consigo, um conceito de bem-estar, seja mental ou físico. Existe um grande número de estudos que comprovam a eficácia da aromaterapia, enumerando diversos pontos positivos, pelos seus resultados sobre os estados emocionais e mentais, como uma redução da ansiedade, bom humor, dentre outras (CANNARD, 1996; MORRIS, 2002).

2.1.2 Fitoterapia

Os óleos essenciais exibem diversas propriedades biológicas, como a ação larvívica (RAJKUMAR et al., 2010), atividade antioxidante (WANNES et al., 2010), promovendo ações analgésicas e anti-inflamatórias (MENDES et al., 2010), fungicida (CARMO et al., 2008) e antitumoral (SILVA et al, 2008).

Pibiri et al. (2006) descrevem a redução sofrida por uma contagem bacteriana, quando suas linhagens foram submetidas aos vapores dos óleos essenciais, durante a desinfecção de ambientes fechados, assim como nas circulações de ar. De acordo com os autores, isto reforça o potencial antimicrobiano de óleos essenciais quando este encontra-se em seu estado gasoso, o que poderá

ser amplamente empregado, mirando um controle de microrganismos em ambientes ou mesmo seu uso por via inalatória.

No que diz respeito ao tratamento de doenças causadas por fungos, averiguou-se que o tratamento convencional é restrito em função da baixa intensidade das drogas antimicrobianas, custo elevado do tratamento e sua longa duração. Por meio disso, justifica-se a procura e o uso de novas substâncias e terapias alternativas, permitindo a inclusão de produtos naturais, como os óleos essenciais, como agentes com potencial ação antifúngica (SILVA et al., 2008).

2.2 ASPECTOS GERAIS SOBRE OS ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais são substâncias complexas, voláteis e de fragrância variável, oriundos de qualquer parte da planta, sendo produzidos principalmente pelas famílias Lauraceae, Myrtaceae, Labiateae, Rutaceae, Umbeliferaceae, entre outras, e resultantes do metabolismo secundário das plantas aromáticas (BUCHERBAUER, 2004; BANDONI; CZEPAK, 2008).

As propriedades farmacológicas atribuídas aos OE são diversas e algumas são preconizadas por apresentarem vantagens importantes, quando comparadas a outros medicamentos, como por exemplo, a sua volatilidade, que os torna ideal para uso em nebulizações, banhos de imersão ou simplesmente em inalações. A volatilidade e o baixo peso molecular de seus componentes, possibilitando assim que eles sejam rapidamente eliminados do organismo através das vias metabólicas (BANDONI; CZEPAK, 2008).

Com o descobrimento e a elucidação das centenas de componentes dos óleos essenciais nas últimas décadas, pode se entender a complexidade e a enorme diversidade que existe neste grupo de produtos naturais, o qual consiste normalmente de mono (C_{10}) e sesquiterpenos (C_{15}), fenilpropenos e outros componentes voláteis (Franz, 2010).

Os terpenos, substâncias presentes tanto em plantas como em animais, são descritos como possuidores de uma diversidade considerável de propriedades biológicas incluindo a ação antimicrobiana, fungicida, antiviral, anti-hiperglicêmica, anti-inflamatória e atividade antiparasitária (PADUCH et al, 2007).

Os monoterpenos, importantes constituintes dos óleos essenciais, são altamente voláteis, sendo arrastados pelo vapor de água livres de outros

componentes, sendo utilizados por suas características organolépticas marcantes (BANDONI; CZEPAK, 2008).

Outro aspecto importante, quanto ao uso dos óleos essenciais, refere-se a forma de obtenção. Estes podem ser extraídos através de inúmeras técnicas e suas propriedades dependem do tipo de extração. Os métodos mais utilizados são: extração por arraste a vapor, hidrodestilação, prensagem a frio, extração por solventes orgânicos, extração por alta pressão e extração por CO₂ supercrítico (OKOH et al., 2010).

O processo de arraste a vapor é o processo de extração mais utilizado e consiste em colocar o material vegetal no destilador, que, através da passagem do vapor pelo material vegetal, extrai os compostos aromáticos voláteis da planta; passa através do sistema de condensação e é coletado em um recipiente de decantação, onde a água separa-se naturalmente do óleo assim formado; sua retirada do recipiente é feita através de uma torneira. O óleo essencial, assim que obtido, é colocado em funil de decantação para que haja uma separação minuciosa da água. Posteriormente é envasado em vidro âmbar e mantido em local abrigado de temperaturas elevadas e luminosidade (CASTRO et al., 2005).

Quanto aos frutos cítricos, a extração normalmente é feita pela prensagem a frio do pericarpo. O Brasil é considerado um grande produtor e exportador mundial de óleos de lima e de laranja (BIZZO et al., 2009).

As flores, folhas, cascas e rizomas também são matérias-primas para extração de importantes óleos para o comércio, com destaque para os óleos essenciais de rosas, eucalipto, canela e gengibre. Estes óleos apresentam grande aplicação nas indústrias de perfumaria, cosmética, alimentos e são coadjuvantes em medicamentos (BIZZO et al., 2009).

Os monoterpenos, sesquiterpenos e fenilpropanóides nestes óleos são também os principais constituintes que conferem suas características organolépticas (BIZZO et al., 2009).

Bagetta et al. (2010) relatam sobre a crescente produção de óleo essencial conforme a demanda, especialmente para as áreas de produtos de perfumaria e indústria cosmética, mas também uma crescente demanda das indústrias alimentícias e farmacêuticas. Na Tabela 1, são apresentados os principais óleos essenciais de interesse no mercado mundial (BIZZO et al., 2009).

Tabela 1 - Os 18 principais óleos essenciais no mercado mundial

Óleo essencial	Espécie
Laranja (Brasil)	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck
Menta japonesa (Índia)	<i>Mentha arvensis</i> L. f. <i>piperascens</i> Malinv. ex Holmes
Eucalipto (tipo cincol)	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill., <i>E. polybractea</i> R.T. Baker e <i>Eucalyptus</i> spp.
Citronela	<i>Cymbopogon winterianus</i> Jowitt e <i>C. nardus</i> (L.) Rendle
Hortelã-pimenta	<i>Mentha x piperita</i> L.
Limão	<i>Citrus limon</i> (L.) N.L. Burm.
Eucalipto (tipo citronela)	<i>Eucalyptus citriodora</i> Hook.
Cravo-da-índia	<i>Syzygium aromaticum</i> (L.) Merr. e L. M. Perry
Cedro (EUA)	<i>Juniperus virginiana</i> L. e <i>J. ashei</i> Buchholz
Lima destilada (Brasil)	<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm. & Panz.) Swingle
Spearmint (nativa)	<i>Mentha spicata</i> L.
Cedro (China)	<i>Chamaecyparis funebris</i> (Endl.) Franco
Lavandim	<i>Lavandula intermedia</i> Emeric ex Loisel
Sassafrás (China)	<i>Cinnamomum micranthum</i> (Hayata) Hayata
Cânfora	<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) J. Presl.
Coentro	<i>Coriandrum sativum</i> L.
Grapefruit	<i>Citrus paradisi</i> Macfady
Patchouli	<i>Pogostemon cablin</i> (Blanco) Benth.

Fonte: Adaptado de Bizzo et al, 2009.

2.3 TECENDO CONSIDERAÇÕES SOBRE O LIMONENO

Quimicamente, a grande maioria dos óleos essenciais é constituída de derivados fenilpropanóides ou de terpenóides, sendo que estes últimos predominam (SIMÕES e SPITZER, 2000).

2.3.1 Fenilpropanóides

Os fenilpropanóides formam-se a partir do ácido chiquímico, que forma as unidades básicas dos ácidos cinâmico e p-cumárico. Esses últimos, por meio de reduções enzimáticas produzem propenilbenzenos e/ou alilbenzenos e, por meio de oxidações com degradação das cadeias laterais, geram aldeídos aromáticos. Ciclizações enzimáticas intramoleculares produzem cumarinas (SIMÕES e SPITZER, 2000).

2.3.2 Terpenóides

Quimicamente, os terpenos podem ser definidos como “alcenos naturais”, isto é, apresentam uma dupla ligação carbono-carbono sendo caracterizado como um hidrocarboneto insaturado (MCMURRY, 2011). Por outro lado, se um terpeno contém oxigênio, o mesmo é denominado de terpenoide, podendo apresentar diferentes funções químicas, entre as quais: ácidos, álcoois, aldeídos, cetonas, éteres, fenóis ou epóxidos terpênicos.

Terpenos, hidrocarbonetos e derivados oxigenados terpenóides são os principais constituintes dos óleos essenciais. Estes compostos são formados por unidades do isopreno (05 carbonos). Os monoterpenos são compostos por duas unidades do isopreno (10 carbonos), os sesquiterpenos, por sua vez, são compostos por três unidades do isopreno (15 carbonos), os diterpenos por 20 unidades de carbonos, os triterpenos por 30 unidades de carbono e os tetraterpenos por 40 unidades de carbono (BRUNETON, 1991). Dentre eles, os terpenos são a principal classe, ou seja, são os principais componentes, sendo que um exemplo é o limoneno, um monoterpeno presente na maioria dos óleos essenciais já relatados (LANÇAS e CAVICHIOLI, 1990). A Classificação dos terpenos baseada na quantidade de unidades de isopreno, com os respectivos exemplos é representada pela Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação dos terpenos

Classificação	Bloco de isopreno	Quantidade de carbono	Exemplo
Hemiterpenos	1	5	Isopreno (monômero empregado na fabricação de borracha), prenol (odor frutado e utilizado na fabricação de perfumes) e ácido isovalérico (aroma característico de “queijo velho/chulé”).
Monoterpenos	2	10	Limoneno (aroma característico de fruta cítrica) e α -terpineol (aroma característico floral/pinho).
Sesquiterpenos	3	15	Farneseno (“diesel da cana”), nootkatona (aroma característico de toranja) e bisabolol (essência de camomila).
Diterpenos	4	20	Esteviosídeo (produção de adoçante natural a base de stevia) e sclareol (proveniente da sálvia - <i>Salvia sclarea</i>)
Triterpenos	6	30	Esqualeno (encontrado no óleo de fígado de tubarão)
Tetraterpenos	8	40	Carotenoides como o β -caroteno (pigmento da cenoura) e a zeaxantina (pigmento predominante em vegetais amarelos).
Politerpenos	>8	>40	Látex (borracha natural)

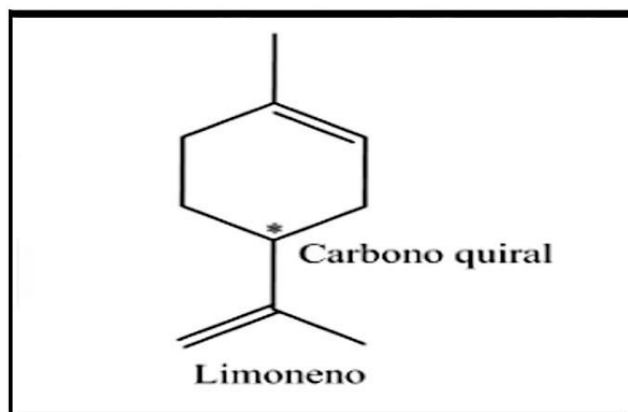
Fonte: Adaptado de: Margetts (2005); Baser e Demirci (2007), Pavarini e Lopes (2016).

Os monoterpenos podem, ainda, ser divididos em três grupos: acíclicos, monocíclicos e bicíclicos. Em cada um desses subgrupos há ainda outras classificações (quanto à função dos grupamentos): hidrocarbonetos insaturados (por exemplo, o d-limoneno), alcoóis (linalol), aldeídos (geranial) ou cetonas, lactonas e tropolonas. As variações estruturais dos sesquiterpenos são da mesma natureza que as precedentes, podendo ser acíclicos (nerol), monocíclicos ou bicíclicos (β selineno) ou lactonas sesquiterpênicas (BRUNETON, 1991; SIMÕES e SPITZER, 2000).

Os monoterpenos e sesquiterpenos, com estruturas terpênicas de menor massa molecular, apresentam volatilidade acentuada. Essa última característica, por sua vez, apresenta grande importância para o aroma dos produtos naturais, particularmente de frutas cítricas, ervas aromáticas, especiarias e condimentos (FARKAS e MOHÁCSI-FARKAS, 2014).

O limoneno, 4-isoproprenil-1-metil-ciclo-hexeno, fórmula $C_{10}H_{16}$, $136,24 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ é uma substância líquida aromática (T.E. - $176 \text{ }^\circ\text{C}$) nas condições ambiente. A estrutura consta na figura 1.

Figura 1 – Estrutura química do limoneno.



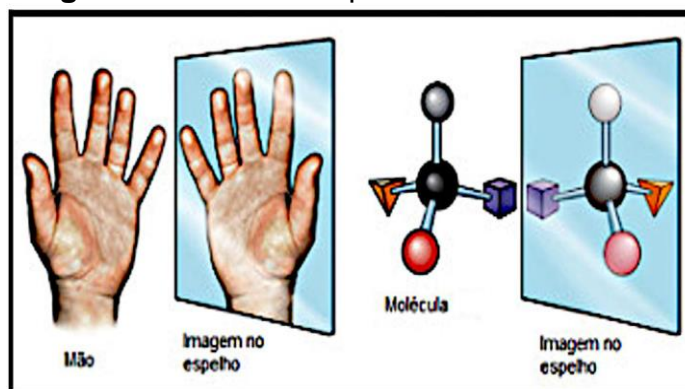
Fonte: (Paul M. Burnham).

Na molécula de limoneno, encontra-se: um anel ciclohexênico, uma metila, ligação dupla formando o radical isopropenila e carbono quiral.

O limoneno é um monoterpeno cíclico formado somente por átomos de carbono e hidrogênio. É uma substância natural e volátil produzida principalmente por frutas cítricas como o limão, a lima e a laranja. O limoneno chega a compor cerca de 96% do óleo essencial obtido das cascas da laranja, sendo responsável em grande parte pelo seu aroma.

O limoneno apresenta em seu anel ciclo-hexeno um carbono quiral (está ligado a quatro substituintes diferentes entre si). Esta característica faz com que o limoneno exista na forma de dois isômeros ópticos. Os isômeros ópticos são aqueles em que sua imagem no espelho não se sobrepõe à molécula original. Esse fato pode ser observado na Figuras 2.

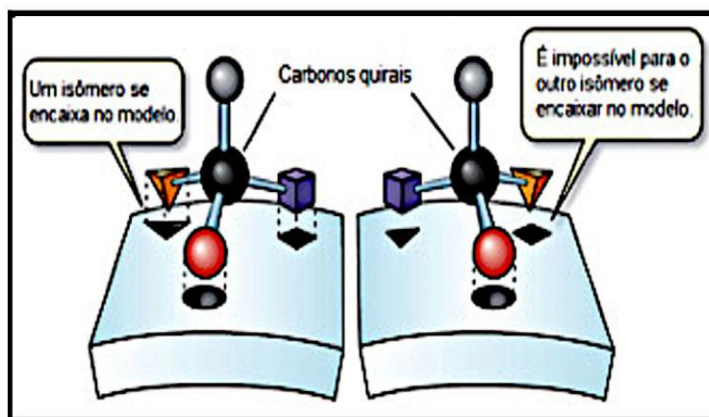
Figura 2 – Isômeros ópticos do limoneno.



Fonte: (Paul M. Burnham).

Os carbonos quirais são identificados como R ou S, segundo a IUPAC. Outras notações também para isômeros ópticos incluem o uso das letras d (dextrogiro, desvia o plano da luz polarizada para a direita) e l (levógiro, desvia o plano da luz polarizada para a esquerda), e os símbolos + e -. Assim, podemos chamar um isômero de *R*(+)-limoneno e o outro de *S*(-)-limoneno. Estes dois enantiômeros do limoneno são os mais abundantes monoterpenos na natureza. O *R*(+)-limoneno possui um aroma de frutas cítricas, principalmente aroma de laranja, enquanto que o *S*(-)-limoneno apresenta aroma semelhante ao do limão. A Figura 3 e 4 evidencia os dois enantiômeros.

Figura 3 – Enantiômeros do limoneno.

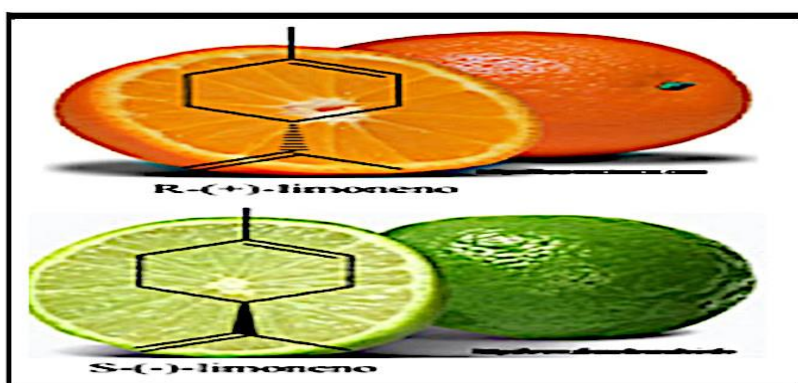


Fonte: (Paul M. Burnham).

O (-)-Limoneno é um importante precursor na biossíntese do (-)-mentol, que é a principal substância da hortelã e a responsável pelo seu sabor refrescante.

O (+)-limoneno, isômero encontrado principalmente nas cascas da laranja, está relacionado à atividade inseticida do óleo essencial da laranja. Alguns produtos já foram lançados no mercado contendo o (+)-limoneno com a finalidade de matar insetos.

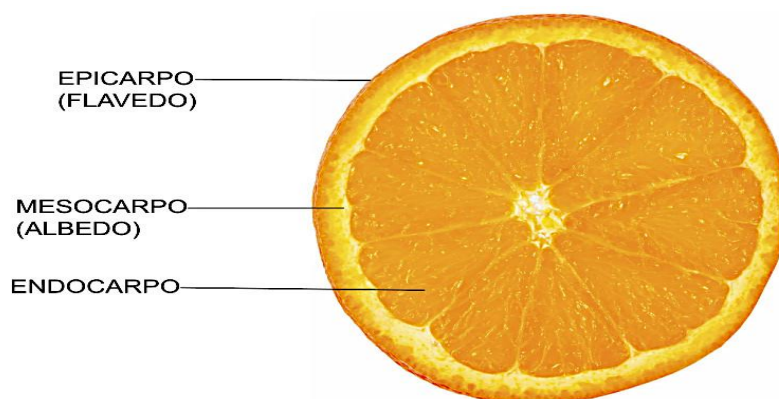
Figura 4 – Isômeros *R* e *S* do limoneno.



Fonte: (Paul M. Burnham).

As laranjas são cultivadas em climas tropicais e subtropicais e, morfologicamente, elas são compostas por semente, vasos de suco, endocarpo, flavedo e albedo (AWAN et al., 2013), como mostra a Figura 5.

Figura 5 – Morfologia da laranja



Fonte: Própria.

2.4 PROCESSOS DE EXTRAÇÃO

Os óleos essenciais podem ser extraídos em quantidade suficiente para serem utilizados em sínteses químicas ou como novos materiais, para uso científico ou comercial (SERAFINI et al., 2002). Utilizam-se diferentes métodos de extração para isolar óleos essenciais de plantas aromáticas, tais como a hidrodestilação, a

destilação a vapor, a extração por solventes orgânicos, a extração com fluido supercrítico, dentre outros.

O termo hidrodestilação pode ser empregado para diferentes métodos: hidrodestilação com água, hidrodestilação com água e vapor e hidrodestilação por vapor. Atualmente estes termos foram substituídos por hidrodestilação, no caso de utilização de água, e arraste a vapor para extrações utilizando água e vapor ou apenas vapor (BIASI e DESCHAMPS, 2009).

Os métodos comumente utilizados para isolar os óleos essenciais são a destilação a vapor e a extração com solventes; porém, a extração com fluidos supercríticos também tem sido empregada por algumas indústrias do ramo (SERAFINI et al., 2002).

Independentemente do método de extração utilizado, o conteúdo de óleo essencial extraído é muito baixo quantitativamente, inferior a 1% em alguns casos; havendo exceções, como no caso de botões florais de cravo, onde podem ser encontrados rendimentos de até 15% (SERAFINI et al., 2002).

2.4.1 Hidrodestilação

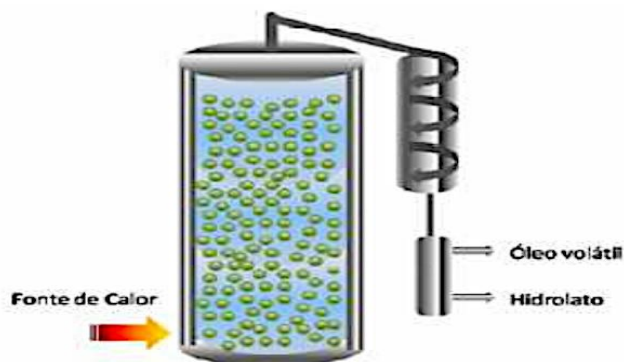
Os óleos essenciais são muito voláteis, ou seja, eles se vaporizam rapidamente sob o efeito do aumento da temperatura. Por isso o uso da técnica de extração por destilação se disseminou tanto, para a grande maioria das plantas produtoras, especialmente quando o óleo é extraído das folhas (PINHEIRO, 2003).

O termo destilação refere-se à separação de componentes de uma mistura devido à diferença da pressão de vapor. Toda substância com determinado ponto de ebulição é volátil e possui um determinado valor de pressão de vapor, que por sua vez é dependente da temperatura. Portanto, os constituintes do óleo essencial do material vegetal, em contato com a água aquecida, receberão pressão das moléculas de vapor d'água entrando em ebulição. No estado volátil, estes constituintes serão condensados e separados da água (BIASI & DESCHAMPS, 2009).

A hidrodestilação é um método antigo e versátil no qual o material vegetal permanece em contato com a água em ebulição, o vapor força a abertura das paredes celulares e ocorre a evaporação do óleo que está entre as células da planta. O vapor, que consiste na mistura de óleo e água, passa por um

condensador, onde ocorre seu resfriamento (SILVA, 2011) e, como os componentes voláteis e a água são imiscíveis, ocorre a formação de duas fases líquidas que podem ser separadas (SATOR, 2009). Este processo é representado pela Figura 6, devendo-se ressaltar que o mesmo é muito empregado na extração de flores como, por exemplo, o neroli, e ainda raízes, madeiras e cascas (PINHEIRO, 2003).

Figura 6 - Sistema de hidrodestilação.



Fonte: (SARTOR, 2009).

Para avaliação do rendimento de óleo essencial em laboratório ou mesmo para a produção em pequena escala, o método de hidrodestilação é empregado com o uso de aparelho tipo Clevenger (Figura 7) (BIASI e DESCHAMPS, 2009). A importância desse método reside no fato que as informações coletadas na extração servem de base para o desenvolvimento do processo industrial. Entretanto, essa metodologia pode proporcionar degradação de alguns compostos presentes no óleo essencial, visto que a matéria-prima permanece em contato direto com a água quente por longos períodos de tempo (SERAFINI et al., 2002).

Figura 7 – Aparelho de Clevenger.



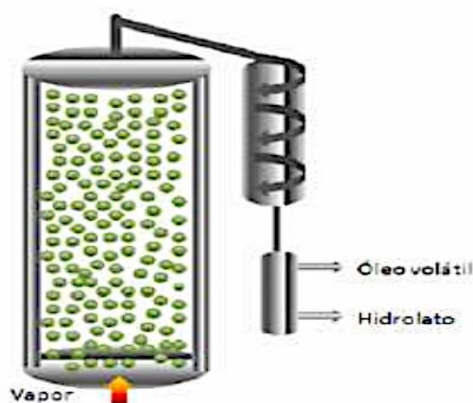
Fonte: (BOONE, 2011).

2.4.2 Destilação por arraste a vapor

A destilação por arraste a vapor é uma operação unitária, utilizada principalmente para materiais sensíveis à temperatura, sendo baseada na diferença de volatilidade de determinados compostos presentes na matéria-prima vegetal. A indústria prefere a destilação por arraste a vapor devido à sua maior simplicidade e economia, pois permite tratar de uma única vez quantidades significativas de material vegetal (STEFFANI, 2003).

Na extração por arraste a vapor, o material vegetal, de onde será extraído o óleo, é geralmente moído ou triturado (FÜLLER, 2008). Este processo utiliza uma caldeira para geração de vapor, um extrator (destilador), onde é colocada a matéria-prima a ser extraída, um condensador e um frasco de coleta (vaso florentino). O vapor é percolado através do leito de sólidos, no interior do vaso extrator, arrastando o óleo essencial. A mistura vapor-óleo segue então para o condensador, onde ocorre a mudança de fase. O condensado é alimentado no vaso florentino, onde ocorre a separação das fases, por diferenças de polaridade, já que os óleos essenciais são apolares ou pouco polares (STEFFANI, 2003). Posteriormente o óleo essencial é envasado em vidro âmbar e mantido em local abrigado de temperaturas elevadas e luminosidade (MACHADO & FERNANDES Jr., 2011). O sistema de destilação por arraste a vapor é representado pela figura 8.

Figura 8 – Sistema de destilação por arraste a vapor.



Fonte: (SARTOR, 2009).

Na extração por arraste a vapor, em relação à composição química do óleo essencial, obtêm-se compostos mais voláteis em curtos intervalos de tempos de extração; por outro lado, extrações mais demoradas apresentam compostos não apreciáveis e de maior custo, devido ao elevado tempo de processo (SERAFINI et al., 2002).

De acordo com Sator (2009), quando se trata de pequenas capacidades, o processo de extração por arraste a vapor pode ser implementado sem grandes conhecimentos técnicos, no entanto, esta operação merece um estudo cuidadoso em plantas industriais com capacidade mais elevada, pois a eficiência da operação pode ser determinante. As indústrias dão preferência à extração por arraste a vapor, pois, segundo ROMDHANE e TIZAOUI (2005), além de produzir um óleo de alta qualidade, é de simples operação em comparação com outros processos e não agride o meio ambiente.

2.4.3 Extração por solventes orgânicos

Determinados tipos de óleos são muito instáveis, não suportando aumentos de temperatura. Neste caso, utilizam-se solventes orgânicos para sua extração, tais como hexano, benzeno, metanol, etanol, propanol, acetona, pentano e diversos solventes clorados (FILIPPIS, 2001), sendo que, geralmente tem-se preferência por solventes apolares (FÜLLER, 2008), ressaltando-se que o benzeno é um dos mais utilizados. As principais características que o solvente deve ter são: a seletividade, uma baixa temperatura de ebulição, ser quimicamente inerte e possuir um baixo custo (BIASI & DESCHAMPS, 2009).

Para a utilização deste método devem-se observar as especificidades de cada óleo, para que não ocorram reações secundárias, prejudiciais à qualidade do produto (PINHEIRO, 2003).

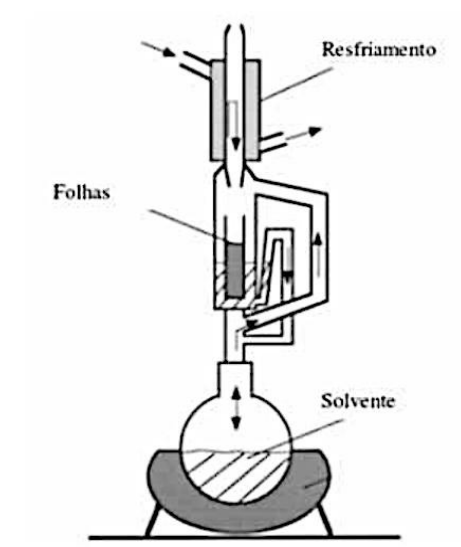
Em 1835, ocorreu pela primeira vez a utilização do método de extração por solventes orgânicos, para a extração de óleos essenciais de flores, porém, apenas recentemente teve seu uso mais difundido. Consiste em um método de extração mais brando e, a partir dele, obtém-se um maior rendimento na extração. Porém, a desvantagem deste método é que, junto com o óleo essencial, o solvente também retira ceras e pigmentos da matéria-prima, que são caracterizados como contaminantes do óleo (BIASI e DESCHAMPS, 2009).

O processo de extração utilizando solvente consiste em colocar um solvente orgânico em contato com a matriz vegetal. Após um intervalo de tempo, suficiente para que ocorra a transferência dos constituintes solúveis presentes na planta, efetua-se a separação das fases sólida e líquida. O óleo é obtido pela evaporação do solvente presente na fase líquida (STEFFANI, 2003).

O efeito negativo na utilização de solventes orgânicos é a remoção de todo o solvente residual e a extração de compostos não voláteis. A remoção destes necessita de muita energia e alto custo de investimentos em equipamentos, além disso, os solventes podem provocar alterações químicas nas moléculas e efeitos tóxicos nos consumidores. Sendo assim, o solvente residual pode ser indesejável devido a sua toxicidade, à sua capacidade reagente ou mesmo pela interferência no sabor e no aroma do extrato (SARTOR, 2009).

A Figura 9 representa o equipamento utilizado pelo Método Soxhlet na extração por solventes orgânicos.

Figura 9 – Sistema de extração por solventes orgânicos.



Fonte: (SARTOR, 2009).

2.4.4 Extração com fluido supercrítico

Um fluido supercrítico é aquele em que o gás se encontra a uma temperatura em que o mesmo não pode ser liquefeito por compressão isotérmica. A temperatura a partir da qual este fenômeno acontece é chamada de temperatura crítica. Quando o gás está numa condição em que tanto a pressão quanto a temperatura encontram-se em níveis superiores aos valores críticos, diz-se que o gás está em seu estado supercrítico. Nestas condições, o gás comprimido apresenta baixa viscosidade e elevada densidade, permitindo a utilização dos mesmos em processos de extração de solutos a partir de matrizes sólidas (SARTOR, 2009).

Steffani (2003) reporta que a primeira proposta de aplicação prática da SCFE (do inglês Supercritical Fluid Extraction) ocorreu em 1943, para o desafaltamento de petróleo. Sabe-se também que cientistas alemães têm investigado a extração de

produtos naturais usando fluidos supercríticos desde o início dos anos 60. A primeira unidade industrial de extração supercrítica entrou em funcionamento na Alemanha, em 1978, para produzir café descafeinado. Pode-se exemplificar uma planta de extração de óleos essenciais por fluido supercrítico, utilizada na atualidade, a partir da Figura 10.

Figura 10 - Planta de extração de óleo essencial por fluido supercrítico



Fonte: (PATEL et al., 2011).

Várias substâncias podem ser utilizadas como solventes supercríticos, tais como metano, etano e etileno, porém o CO₂ apresenta algumas características que o elegeram como uma opção diferenciada, entre elas está a facilidade de separação do soluto por ser extremamente volátil, não tóxico, não inflamável, relativamente barato e não apresenta odor (STEFFANI, 2003).

A extração supercrítica baseia-se no princípio da solubilidade dos compostos orgânicos em fluidos supercríticos, em relação à solubilidade dos mesmos em fluidos na fase vapor (SERAFINI et al., 2002). No caso de extração utilizando CO₂, costuma-se empregar condições onde a pressão é de até 200 atmosferas e a temperatura é de 33°C. Nessas condições, estando o CO₂ em estado de fluido supercrítico, este recebe as partes da planta que tem o óleo extraído, nas quais age como um solvente. Após o equilíbrio entre a pressão da substância e a pressão do ambiente o CO₂ volta ao estado gasoso restando apenas o óleo essencial (PINHEIRO, 2003). O CO₂ é utilizado de forma a alcançar um estado em que sua viscosidade corresponde a de um gás, mas sua capacidade de solubilidade é igual à de um líquido (BIASI e DESCHAMPS, 2009).

Utilizando-se esse método, obtêm-se óleos essenciais de melhor qualidade e, por isso mesmo, de acentuado potencial terapêutico, uma vez que este processo mantém de forma muito significativa a integridade dos extratos em termos de compostos ativos (PINHEIRO, 2003).

Uma das vantagens da extração com fluidos supercríticos é a condição operacional de extração, visto que, neste tipo de processo, são utilizadas baixas temperaturas, o que permite a extração de produtos em termos sensíveis, sem que ocorra alteração nas propriedades dos compostos extraídos. Além disso, considera-se também a tecnologia de fluidos supercríticos como sendo limpa, pois utilizam-se apenas solventes atóxicos com elevada solubilidade. Porém, como desvantagem do uso desta técnica, ressalta-se o alto grau de periculosidade, devido às altas pressões empregadas na mesma (SERAFINI et al., 2002).

2.4.5 Enfloração (enfleurage)

De acordo com Simões et al., (2003), o método de enfloração foi amplamente utilizado no passado, porém atualmente é empregado apenas para algumas indústrias de perfumes. Emprega-se este método na extração de óleos voláteis de pétalas de flores como, por exemplo, do jasmim, da laranjeira e de rosas.

Tomando o exemplo das flores de jasmim, tem-se o conhecimento que após realizada a colheita das mesmas, suas atividades fisiológicas, como produção de óleo essencial, são mantidas durante um certo período (BIASI e DESCHAMPS, 2009).

Esta técnica é empregada em flores que possuem baixo teor de óleo essencial, sendo este extremamente instável, não podendo ser destilado por arraste a vapor, pois pode sofrer perdas quase completas de seus compostos aromáticos (PINHEIRO, 2003).

O método consiste na deposição das pétalas à temperatura ambiente sobre uma camada de gordura durante certo período de tempo. Em seguida, estas pétalas esgotadas são substituídas por novas até a saturação total, quando a gordura é tratada com álcool. Visando a obtenção de um óleo volátil, o álcool é destilado à baixas temperaturas e o produto, assim obtido, possui alto valor comercial (SIMÕES et al., 2003). O princípio do método de enfleurage está na grande capacidade da gordura absorver os constituintes voláteis emitidos pelas flores. Considera-se este

processo bastante lento, complexo e caro (BIASI e DESCHAMPS, 2009), pode-se visualizar o processo de extração por enfleurage a partir da Figura 11.

Figura 11 - Processo de extração de óleo essencial por enfleurage



Fonte: (NEVES, 2011).

2.4.6 Prensagem a frio

Este método é empregado para a extração dos óleos voláteis de frutos cítricos, como por exemplo, a bergamota, o limão, a grapefruit e a laranja (PINHEIRO, 2003), ressaltando-se que, no caso específico do Brasil, cuja exportação de óleos essencial de laranja é significativa, a prensagem a frio vem sendo utilizada em grande escala nas unidades de extração de suco de laranja no estado de São Paulo (BIASI e DESCHAMPS, 2009).

O método consiste em colocar os frutos inteiros diretamente em uma prensa hidráulica, sendo coletados o suco e o óleo presentes na casca (PINHEIRO, 2003). Posteriormente, o óleo é separado da emulsão formada com a água através de decantação, centrifugação ou destilação fracionada (SIMÕES et al., 2003), pode-se visualizar o processo de extração por prensagem a frio a partir da Figura 12.

Figura 12 - Processo de extração de óleo essencial por prensagem a frio



Fonte: (NEVES, 2011).

2.5. UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS NO ENSINO DE QUÍMICA

O Ensino de Química costuma ser direcionado por uma estrutura lógica dos conteúdos, o que torna o ensino fragmentado e descontextualizado, dando ênfase apenas a fórmulas e equações, onde a química é classificada como uma disciplina decorativa relacionada a símbolos, transmitida tradicionalmente com uso apenas do quadro e do livro didático (FILHO et. al., 2011).

Outro fator que pode ser observado é o desinteresse dos estudantes pelo estudo da Química onde em geral isso pode ser influenciado pela falta de atividades experimentais que possam relacionar a teoria e a prática, este problema é devido à falta de laboratório ou de equipamentos que permitam a realização de aulas práticas (PEREIRA, 2013), ou ao próprio preparo do educador.

Na maioria das escolas há uma grande dificuldade de se trabalhar a prática nas disciplinas de Ciências, seja por a escola não possuir laboratório ou pela falta de preparo de professores. A falta de experimentos para melhores elucidções de questões teóricas contribui para um senso comum distorcido sobre a disciplina (PEREIRA, 2013).

É de total importância a utilização da estratégia de ensino, experimentação em um contexto social de vivência dos estudantes, visando transcender a simples realização de observações e técnicas, características do ensino das ciências e dos métodos científicos (BARBOSA, 2009). Outra maneira muito importante de facilitar a inserção de práticas no ensino de Química é a utilização de materiais alternativos e de baixo custo.

Para que haja uma aprendizagem significativa em Química, é preciso buscar novos métodos de ensino, se refazer enquanto docente, por exemplo, através de formações continuadas e buscar novas alternativas e recursos inovadores que possibilitem aos estudantes construir seus conceitos, descobrirem novos meios para se chegar a um resultado e aprender de forma dinâmica (FILHO et. al, 2011).

Então, propõe-se a construção de recursos ou materiais de ensino que estabeleçam um elo entre a construção de conceitos químicos e a atividade prática e possa assim melhorar significativamente a aprendizagem do alunado (FILHO et. al, 2011).

Esses experimentos não precisam ser realizados em laboratórios ou em ambientes especiais, e não estão obrigatoriamente vinculados a materiais especiais,

logo eles podem ser realizados com materiais alternativos e de baixo custo em sala de aula (FRANÇA et. al, 2012), ou até mesmo em casa, já que a utilização de materiais de baixo custo é acessível e muitos experimentos podem ser realizados com objetos, materiais e reagentes que temos na cozinha.

Dessa forma mostra-se de fundamental importância o desenvolvimento de métodos de ensino-aprendizagem de baixo custo, além de uma mudança no próprio docente onde ele se reinventa e assim venha a estimular o aprendizado e possibilitar a compreensão do conteúdo com mais facilidade dessa forma o estudante poderá aprender a química não só na sala de aula, mas também identificá-la no dia-a-dia, já que isso é o que se busca numa aprendizagem significativa (FRANÇA et. al, 2012).

2.6 ABORDAGEM SOBRE O ENSINO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS

Durante muito tempo, a Química Orgânica foi considerada como a Química dos produtos naturais de origem animal e vegetal, derivando daí seu nome. Podemos dizer que a definição mais frequente para a Química Orgânica é a que conceitua essa área como o ramo da Química que trata dos compostos de carbono (FERREIRA et al., 2007, p.13).

A abordagem dos óleos essenciais no Ensino de Química Orgânica é fundamental para o estudo das mais variadas funções químicas, tais como: Álcoois (mentol), Aldeídos (citronelal), Fenóis (eugenol), Cetonas (cânfora), Éteres (eucaliptol), Hidrocarbonetos (limoneno), entre outras.

A experimentação no Ensino de Química motiva os diversos níveis de escolarização, pois os experimentos propiciam ao estudante uma compreensão mais científica das transformações que nela ocorrem. Neste contexto, o desenvolvimento de atividades experimentais aumenta a capacidade da aprendizagem dos alunos, pois funciona como meio de envolvê-los no tema em estudo (GIORDAN, 1999).

Os óleos essenciais são constituídos de misturas complexas de substâncias de variadas funções químicas (KOKETSU e GONÇALVES, 1991). De acordo Grossman (2005, p. 35) os óleos essenciais são produzidos em mínima quantidade e são bastante voláteis, o que faz com o que seu odor espalhe rapidamente por todo o ambiente. Os chamados óleos essenciais (OE) também são denominados de compostos aromáticos ou simplesmente de óleos voláteis e são extraídos principalmente da casca, rizoma, folha e fruto de plantas aromáticas. Seus componentes predominantes são metabólitos secundários das plantas que conferem

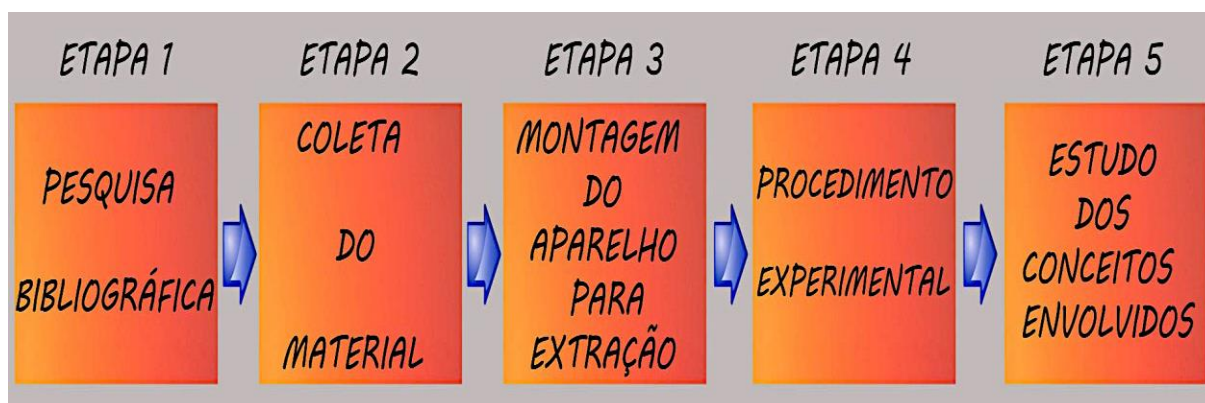
as características organolépticas a esses compostos (BIZZO; HOVEL e REZENDE, 2009).

Existem inúmeros métodos de extração de óleos essenciais (destilação a vapor, prensagem frio, hidrodestilação, enfleurage, extração por solventes e fluídos supercríticos). Diante disto, o mais utilizado é o de destilação onde há um contato entre uma fase líquida e outra vapor, havendo transferência simultânea da massa entre as fases (da gasosa para líquida por condensação e da líquida para a de vapor por vaporização) e de calor, resultando em um aumento de concentração na fase de vapor do componente mais volátil e um aumento da concentração do componente menos volátil na fase líquida (POMBEIRO, 2003).

3. PERCURSO METODOLÓGICO

O trabalho desenvolveu-se em cinco etapas, apresentadas a seguir (Figura 13).

Figura 13 – Etapas do trabalho



Fonte: Própria.

3.1. ETAPA 1 – PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Para a realização deste trabalho foi utilizado, pesquisas bibliográfica, em livros e site. Visando a melhora da capacitação dos discentes do ensino médio de escolas públicas e privadas que não têm recurso didático para realizar atividades experimentais, foi desenvolvido um destilador com materiais alternativos de custo baixo, capaz de realizar extração de óleos essenciais. Existem vários métodos de extração, entretanto o que vamos utilizar é a hidrodestilação.

3.2 ETAPA 2 - COLETA DO MATERIAL

As cascas de laranjas, foram adquiridas em supermercados, na cidade de Olinda, onde foram feitos os procedimentos experimentais e análises. A matéria-prima in natura, coletada, foi higienizada com água corrente e reservada em sacos plásticos para conservação sob refrigeração (5°C) até a extração.

3.3 ETAPA 3- MONTAGEM DA APARELHAGEM PARA EXTRAÇÃO DO LIMONENO DA CASCA DA LARANJA

Diante das dificuldades no ensino de química sempre foram muitas as procuras por métodos e técnicas para facilitar a aprendizagem dos estudantes.

Durante o ensino médio a ausência de atividades experimentais ocorre porque as escolas não têm laboratórios para realizar os experimentos e não tem recursos para adquirir os materiais de laboratório, que apresentam um custo elevado.

Para extração do limoneno, foi montada uma aparelhagem alternativa usando garrafa PET, recipiente de vidro, mangueiras de 5/16 e 3/8, canetas, cola durepox, recipientes vazios de cloreto de magnésio que serviram como suporte para o condensador e fogareiro (chapa de aquecimento ou fogão). Uma chaleira de vidro será usada como destilador. O condensador será construído com garrafas PET, mangueira e canetas.

3.4 ETAPA 4 - PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

1. Cortar e pesar 120 g de epicarpo da casca de laranja. Atenção: cortar apenas a parte laranja da casca (epicarpo) com a faca. Convém cortar a parte laranja com um pouco ainda de mesocarpo (camada muito fina) para garantir que o óleo não é perdido na faca e nas mãos. É necessária mais ou menos a casca de três laranjas.

2. Transferir as cascas, que já foram cortadas e pesadas, para a chaleira de vidro.

3. Adicionar 250 ml de água no interior da chaleira de vidro.

4. Acoplar o condensador na chaleira de vidro.

5. Aquecer o sistema brandamente até a fervura para iniciar a produção do destilado na garrafa pet.

6. Observar o tempo necessário para o início da destilação e fazer as análises necessárias.

3.5. ETAPA 5 - ESTUDO DOS CONCEITOS ENVOLVIDOS

A fim de estruturar a aula experimental foi realizado um levantamento sobre os conteúdos a serem estudados no decorrer do experimento, sendo eles: Compostos orgânicos, grupos funcionais, funções orgânicas, óleos essenciais, processo de extração, destilação, evaporação, condensação, ponto de ebulição, solubilidade, polaridade, etc.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A destilação é um processo de separação baseado apenas na volatilidade, que é a capacidade da substância de passar do estado líquido ao estado de vapor ou gasoso. Quando temos duas ou mais substâncias formando uma mistura do tipo líquido-líquido ou líquido sólido, a destilação pode ser um método para separá-las, para isso o destilador é uma das melhores ferramentas.

Iniciamos nosso estudo montando o aparelho com materiais alternativos para utilização na extração dos óleos essenciais.

4.1. Montagem do equipamento

A princípio os materiais utilizados para realizar o experimento foram colocados sobre a mesa (Figura 14).

Figura 14 – Materiais utilizados para construir o condensador alternativo



Fonte: Própria.

O condensador foi utilizado para condensação de vapores em destilações. Ele foi confeccionado com garrafa pet. Para a fabricação do condensador foram utilizadas duas recipientes de água mineral de 500mL, Figura 15.

Figura 15 – Garrafas de água mineral



Fonte: Própria.

Inicialmente foi feita uma marcação no fundo das garrafas com um lápis hidrocor permanente azul, conforme Figura 16.

Figura 16 – Recipientes marcados para o corte



Fonte: Própria.

A parte inferior da primeira foi removida com o auxílio de um estilete, que estava com a lâmina amolada para garantir um corte preciso. O mesmo procedimento foi realizado na outra. A parte inferior de uma das garrafas foi retirada e na outra o fundo a garrafa foi retirado na altura de 1 cm (Figura 17).

Figura 17 – Recipientes cortados



Fonte: Própria.

As duas partes foram coladas a seguinte maneira: A garrafa que ficou menor foi inserida dentro daquela que ficou com um comprimento maior (Figura 18).

Figura 18 – Garrafas conectadas



Fonte: Própria.

A próxima etapa consistiu em fazer os furos nas partes superior e inferior das garrafas que já estavam unidas e coladas com durepóxi. Para isso utilizou-se uma chave de fenda estrela pequena que foi aquecida na chama do fogão. A partir daí foram feitos os furos. O mesmo procedimento foi utilizado para fazer os furos nas

duas tampas onde foi inserido um pedaço de mangueira para servir de caminho para o produto destilado (Figura 19).

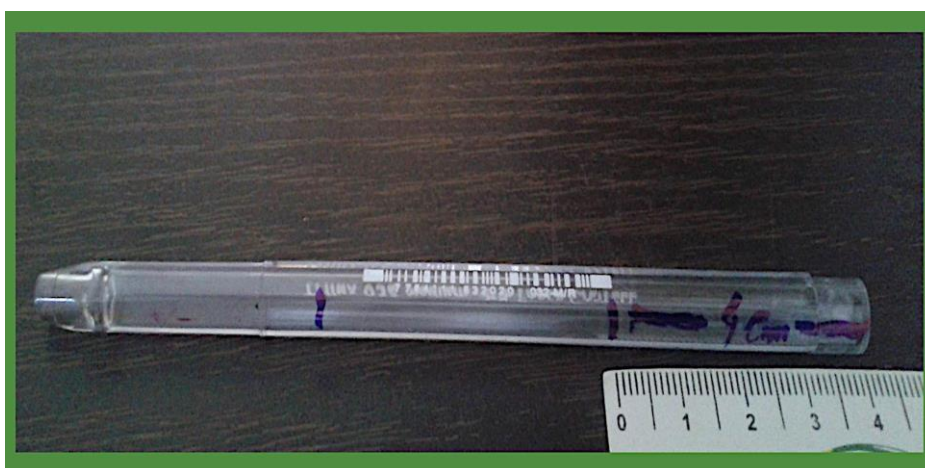
Figura 19 – Perfuração dos recipientes já colados com durepóxi



Fonte: Própria.

Logo após uma caneta esferográfica foi cortada em três pedaços, cada um mediu 4 cm aproximadamente (Figura 20).

Figura 20 – Caneta utilizada para acoplamento da mangueira



Fonte: Própria.

Os dois pedaços de caneta que tiveram o corte mais preciso foram utilizados para colocar nos furos. Para fixar os pedaços de caneta também foi utilizada a cola durepóxi. Nas duas extremidades das garrafas a mangueira ainda não estava fixada nas tampas, para realizar a fixação utilizou-se a mesma cola. Para substituir o balão

volumétrico foi utilizada uma chaleira e vidro, capaz de resistir altas temperaturas e apropriada para o aquecimento na chama do fogão. A partir daí ficou pronta a montagem do destilador confeccionado somente com matérias alternativas (Figuras 21 e 22 a chaleira e o destilador pronto respectivamente).

Figura 21 – Chaleira de vidro utilizada como balão destilação



Fonte: Própria.

Figura 22: Destilador montado



Fonte: Própria.

4.2. Elaboração dos procedimentos para extração do limoneno

O estudo laboratorial dos diversos processos tradicionais de extração do óleo de laranja permite promover a introdução do conceito de química nos laboratórios do ensino médio. Assim sendo, é aliciante tratar este tema em contexto educacional com vista a contribuir para o desenvolvimento de competências dos

estudantes, cada vez mais importantes para se tornar um cidadão crítico e consciente do seu papel na sociedade.

De posse da aparelhagem, deu-se início ao processo de extração do limoneno da casca da laranja. Inicialmente, pesou-se 120 gramas de casca de laranja. A balança foi tarada e posteriormente realizou-se a pesagem (Figura 23).

Figura 23: Pesagem das cascas da laranja



Fonte: Própria.

Logo após o condensador foi colocado sobre a pia da cozinha onde foi devidamente instalado. A mangueira de entrada de água foi conectada a uma torneira. A de saída ficou dentro da cuba da pia onde a água foi despejada durante o experimento (Figura 24).

Figura 24: Condensador pronto para destilação



Fonte: Própria.

Em seguida colocou-se 120g de cascas de laranja cortada na chaleira de vidro que funcionou como balão volumétrico e acrescentou 250 ml de água, para cobrir as cascas (Figura 25).

Figura 25: Chaleira com água e cascas da laranja



Fonte: Própria.

A partir daí o condensador que já estava com água corrente no seu interior foi conectado a chaleira de vidro para dar início ao experimento (Figura 26).

Figura 26: Aparelhagem completa para iniciar a destilação



Fonte: Própria.

Em seguida, a chama do fogão foi acesa e a mistura dentro da chaleira começou a ser aquecida. Depois de 9 minutos a mistura começou a ferver. Após 25 minutos o produto destilado começou a cair no recipiente de vidro (Figura 27).

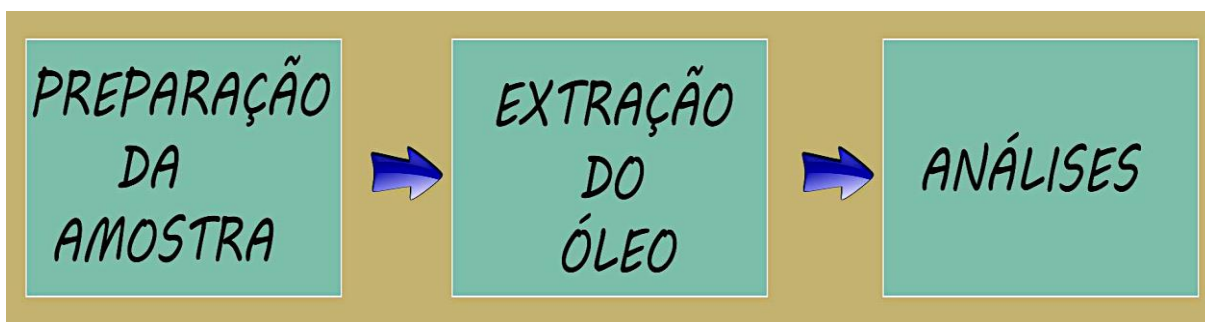
Figura 27: Início do aquecimento do sistema



Fonte: Própria.

A Figura 28, sumariza as etapas de extração que consistiu na preparação da amostra, extração do óleo e posteriormente suas análises.

Figura 28: Esquema do processo de obtenção do óleo essencial



Fonte: Própria.

4.3. Proposta de estudo dos conceitos envolvidos no decorrer do experimento

Esse último momento se destina a abordar sistematicamente o conhecimento incorporado através das diversas atividades, buscando a generalização dos conceitos vistos a partir das situações iniciais. Após os estudantes elaborarem as conclusões referentes aos problemas apresentados, o professor estabelece as leis, modelos e princípios que englobam o trabalho realizado, utilizando as contribuições e conclusões dos grupos. Por fim, os estudantes aplicam os conhecimentos nas diversas situações propostas.

A partir daí, propõe-se as seguintes questões: Vocês sabem o que são óleos essenciais e de onde são extraídos? Conhecem algum método de como fazer a extração de óleos essenciais? Onde já identificaram a presença de algum tipo de óleo essencial, no cotidiano? Vocês sabem qual é o interesse industrial por esse tipo de material e qual o ramo industrial que mais utiliza óleos essenciais como matéria prima, no Brasil? Quando observam o rótulo de um produto que contém óleos essenciais, vocês são capazes de compreender as informações relacionadas às propriedades físicas, químicas e biológicas do material? Compreendem qual a importância da relação: óleos essenciais, produtos naturais, química orgânica e natureza?

Para finalizar, é fundamental introduzir situações que façam os estudantes aplicar os conceitos da química orgânica e correlacionar os grupos funcionais e propriedades dos compostos orgânicos. Desse modo, a pesquisa também não ficará limitada ao campo das curiosidades ou da contextualização. Assim, para o término da vivência de uma intervenção didática em turma de ensino médio, sugere-se apresentar aos estudantes os conceitos de polaridade, solubilidade, evaporação, ponto de ebulição, condensação, misturas etc., tudo isso no decorrer do experimento.

Com relação a mistura heterogênea foi possível verificar de início o ponto de ebulição para começar a destilação ocorreu após minutos. Logo o aroma se espalhou rapidamente pelo ambiente devido a volatilidade do produto destilado. A mudança de estado de vapor para o líquido se evidenciou quando a primeira gota do produto destilado caiu no recipiente de vidro.

O vapor d'água formou-se arrastando o líquido destilado, condensando quando entrou em contato com a parte resfriada do condensador, formou a mistura água e óleo, coletada em um recipiente de vidro. Em relação ao material coletado é obtido-se uma mistura imiscível, onde temos duas fases.

A polaridade dos líquidos foi verificada durante a experiência. Identificar se o composto é polar ou apolar foi possível a partir do momento que o produto extraído possuía um líquido oleoso e água. Para os dois líquidos se misturarem deveriam ser simultaneamente polares ou apolares. Então foi concluído que temos líquidos com polaridades diferentes. Logo podemos afirmar que se a água é polar o líquido oleoso só pode ser apolar.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os resultados descritos, pode-se dizer que o trabalho alcançou seus objetivos, apesar do destilador ser confeccionado com materiais recicláveis de custo baixo, obteve resultados satisfatórios quanto à extração do óleo essencial da casca de laranja. O destilador foi desenvolvido com a intenção de trazer uma inovação para o estudo de química. Dessa maneira proporcionou um estudo diferenciado, a respeito de um tema presente no nosso cotidiano e relacionado com a química. Através dessa atividade foi possível contribuir para uma melhor capacitação de alunos de ensino médio, onde a prática experimental proposta pode ser realizada em escolas públicas de pouco recurso ou sem infraestrutura laboratorial.

Quando comparamos o método de hidrodestilação caseiro com aquele realizado em escala laboratorial verificamos que é possível analisar o produto resultante do extrator alternativo qualitativamente. Já no óleo extraído em laboratórios é possível realizar análises relacionadas a qualidade e a quantidade.

O mecanismo de extração construído com materiais recicláveis e de baixo custo, funcionou muito bem. Portanto, Através da hidrodestilação foi possível realizar o experimento e observar nitidamente o óleo essencial extraído da casca da laranja que é incolor e com aroma cítrico, observar na figura 29.

Figura 29: Óleo da casca da laranja extraído por hidrodestilação



Fonte: Própria.

6. REFERÊNCIAS

- BANDONI, A. L.; CZEPACK, M. P. Os recursos vegetais aromáticos no Brasil. Vitória: **Edufes**, 2008. 624p.
- BARBOSA, A. R. JESUS, J. A. **A Utilização De Materiais Alternativos Em Experimentos Práticos De Química E Sua Relação Com O Cotidiano**. 2009.
- BAŞER, K.H.C.; DEMIRCI, F. Chemistry of Essential Oils. In: BERGER, R.G. (ed.). *Flavours and Fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability*. Springer Science & Business Media, 2007. Ch. 4, p. 75-76.
- BENCHAAR, C .; CHAVES, AV; FRASER, CR et al. **Efeitos de óleos essenciais e seus componentes na fermentação microbiana ruminal in vitro**. Posso. J. Anim. Sci., V.87, p.413-419, 2007.
- BIASI, L.A.; DESCHAMPS, C., 2009, Plantas aromáticas: do cultivo à produção de óleo essencial. Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora Ltda.
- BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C.M. Óleos Essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. *Química Nova*, v.32, n.3, p.588-594. Abr. 2009.
- BOONE, C. V. Estudo químico do óleo essencial das raízes de Piper amalago. 2011. 13f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados, 2011.
- BOUCHARA, JP; MIGNON, B .; CHATURVEDI, V. Dermatophytes and Dermatophytoses: A Thematic Overview of State of the Art, and the Directions for Future Research and Developments. **Mycopathologia** , v.182, n.1-2, p.1-4, 2017.
- BRUNETON, J. **Elementos de Fitoquímica y de Farmacognosia**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1991.
- BUCHBAUER, G. On the biological properties of fragrance compounds and essential oils. **Wien Med Wochenschr**. 2004; 154(21–22):539–547.
- CANNARD, G. The effect of aromatherapy in promoting relaxation and stress education in a general hospital. **Complementary Therapies in Nursing and Midwifery**, v. 2, p. 38- 40, 1996.
- CARMO, E. S.; LIMA, E.O.; SOUZA, E. L. The potential of origanum vulgare l. (lamiaceae) essential oil in inhibitingthe growth of some food-related aspergillus species. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 39, n.2, p. 362-367, June 2008.

CASSEL, E.; VARGAS, R. M. F., MARTINEZ, N.; LORENZO, D.; DELLACASSA, E. Steamdistillation modeling for essential oil extraction process. **Industrial Crops and Products**, v. 29, p. 171-176, 2009.

CASTRO, C. et al. Análise econômica do cultivo e extração do óleo essencial de *Melaleuca Alternifolia* Cheel. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 241-249, 2005.

CHRYSARGYRIS, A; XYLIA, P; BOTSARIS, G; TZORTZAKIS, N. 2017a. **Atividades antioxidante e antibacteriana, composição mineral e do óleo essencial de hortelã** (*Mentha spicata* L.) afetadas pelos níveis de potássio. *Colheita e produtos industriais* 103: 202-212.

CORAZZA, S. A. Aromacologia através dos tempos. In: CORAZZA, S. **Aromacologia: uma ciência de muitos cheiros**. São Paulo: Senac, 2002.

CRUZ, Mari Gema Fontelles. **O uso de óleos essenciais na terapêutica**. 2011. 22p. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário de Várzea Grande.

DAVIS, P. **Aromaterapia de la A a la Z**. Madrid: EDAF, 1993.

DE LA CRUZ, M.G.F. **Plantas medicinais utilizadas por raizeiros uma abordagem etnobotânica no contexto da saúde e doença** [dissertação]. Cuiabá (MG): Universidade Geral do Mato Grosso, 1997.

DHIFI, W .; BELLILI, S .; JAZI, S .; BAHLOUL, N .; MNIF, W. Essential Oils 'Chemical Characterization and Research of some Biological Activities: **a Critical Review**. **Medicamentos**, v.3, p.25, 2016.

EDRIS, A.E. Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: a review. **Phytother. Res.** 2007; 21(4):308-23.

EL GENDY, AG; EL GOHARY, AE; OMER, EA; HENDAWY, SF; HUSSEIN, MS; PETROVA, V; STANCHEVA, I. 2015. Efeito do fertilizante com nitrogênio e potássio na produção de forragem e óleo de cerefólio (*Anthriscus cerefolium* L.). **Colheita e produtos industriais** 69: 167-174.

FARKAS, J., MOHÁCSI-FARKAS, C. In: MOTAJERMI, Y. (ed). 1º Ed. Safety of foods and beverages: spices and seasonings. Encyclopedia of Food Safety. Volume 3: Foods, Materials, Technologies and Risks. Elsevier, 2014. p. 324-330.

FERREIRA, M.; MORAIS, L.; NICHELE, T.Z. e DEL PINO, J. C. **Química orgânica**. Porto Alegre: Artmed, 2007.

FILHO, F. S. L.et. al. **A Importância do uso de Recursos Didáticos Alternativos no Ensino de Química: Uma Abordagem Sobre Novas Metodologias**. 2011.

FRANÇA, M. C.et. al. **Recurso Didático Alternativo para Aula de Eletroquímica**. 2012.

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

FÜLLER, T. N.; 2008. **Caracterização fenotípica, fitoquímica e molecular de populações de Elionurus SP. Humb. & Bonpl. Willd (capim-limão)**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Faculdade de Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no Ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 43-49, 1999.

GRACE, K. Introdução à Aromaterapia. In: GRACE, K. **Aromaterapia: o poder curativo dos aromas**. São Paulo: Mandarim, 1999.

Grassmann J, Hippeli S, Dornisch K., Rohnert U, Beuscher N, Elstner EF 2000. Antioxidant properties of essential oils. Possible explanations for their effects on anti-inflammatory. *Arzneimittel-Forsch* 50 : 135-139.

GROSSMAN, Luiz. **Óleos essenciais: na culinária, cosmética e saúde**. São Paulo: Optionline, 2005.

KOKETSU, M.; GONÇALVES, L.S. **Óleos essenciais e sua extração por arraste a vapor**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1991.

LANÇAS, F. M.; CAVICHIOLO, M. Analysis of the essential oils of Brazilian citrus fruits by capillary gas chromatography. *Journal of High Resolution Chromatography*, v. 13, p. 207-209, 1990.

LAVABRE, M. **Aromaterapia: a cura pelos óleos essenciais**. 4th ed. Rio de Janeiro: Record, 1997.

LAWLESS, J. **Home aromatherapy**. Hong Kong: Readers Digest Book, 1995.

MACHADO, B. F. M. T.; FERNADES Jr., A. Óleos essenciais: aspectos gerais e usos em terapias naturais. **Cadernos Acadêmicos**, v. 3, n. 2, p. 105-127, 2011.

MARGETTS, J. Aroma Chemicals V: Natural Aroma Chemicals. In: ROWE, D. (ed.). 1° Ed. *Chemistry and Technology of Flavours and Fragrances*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2005. Ch. 8, p. 175.

MCMURRY, J. 7° Ed. *Química Orgânica - Combo*. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 1344 p.

MENDES, S. S. et al. Evaluation of the analgesic and anti-inflammatory effects of the essential oil of *Lippia gracilis* leaves. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 129, n. 3, p. 391-397, 2010.

MILLER, R.A.I. **A utilização ritual e mágica dos perfumes**. Rio de Janeiro: Record, 1991.

MORRIS, N. The effects of lavender (*Lavendula angustifolium*) baths on psychological wellbeing: two exploratory randomized control trials. **Complementary Therapies in Medicine**, v. 10, p. 223-228, 2002.

NEVES, J. S. **Aromaterapia: Um tema para o ensino de química**, 2011, Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior de Química – Instituto de Química da Universidade de Brasília. Brasília - DF, 2011.

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. Cad. acad., Tubarão, v. 3, n. 2, p. 105-127, 2011 125 120, p. 308-312, 2010.

PADUCH, R. et al. Terpenes: substances useful in human healthcare. *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*, v. 55, n. 5, p. 315-327, Oct. 2007.

PATEL, P. N.; PATEL, K. M.; CHAUDHARY, D. S.; PARMAR, K. G.; PATEL, H. A.; KANSAGRA, C. D.; SEN, D. J. Extraction of herbal aroma oils from solid surface. **PharmacieGlobale**, v. 2, n. 9, 2011.

PAVARINI, D. P.; LOPES, N. P. A Ecologia Química e a Biossíntese dos Terpenos Voláteis das “Arnica-da-Serra” (*Lychnophora* spp.). *Revista Virtual de Química*. v. 8, nº 1, p. 242-261, 2016.

PEREIRA, A. et. al. **Uso de Materiais Alternativos em Aulas Experimentais de Química**. 2013.

PIBIRI, M. C. et al. Indoor air purification and ventilation systems sanitation with essential oils. **International Journal of Aromatherapy**, v. 16, n. 3-4, p. 149-153, 2006.

POMBEIRO, A. **Técnicas e operações unitárias em química laboratorial**. 4 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2003.

PRICE, J. **Praktische aromatherapie**. Neuhausen Suíça: Urania, 1994.

Paul M. Burnham, Hillsborough College, Sheffield.

RAJKUMAR, S.; JEBANESAN, A. Chemical composition and larvicidal activity of leaf essential oil from *Clausena dentata* (Willd) M. Roam. (Rutaceae) against the chikungunya vector, *Aedes aegypti* Linn. (Diptera: Culicidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 13, p. 107-109, 2010.

ROMDHANE, M.; TIZAOUI, C. The kinetic modeling of a steam distillation unit for the extraction of aniseed (*Pimpinellaanisum*) essential oil. **J. Chem. Technol. Biotechnol**, v. 80, p. 759-766, 2005.

ROSE, J. **O livro de aromaterapia**. Rio de Janeiro: Campus, 1996.

SARTOR, R. B.; 2009. **Modelagem, Simulação e Otimização de uma Unidade Industrial de Extração de Óleos Essenciais por Arraste a Vapor**. Dissertação (Mestrado em Pesquisa e Desenvolvimento de Processos). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

SCOTT, R.P.W. In: WORSFOLD, P.; TOWNSHEND, A.; POOLE, C. (ed). 2° Ed. **Essencial Oils**. Encyclopedia of Analytical Science. Elsevier, 2005. P. 554-561.

SIANI, A. C.; SAMPAIO, A. L. F.; SOUSA, M. C.; HENRIQUES, M. G. M. O.; RAMOS, M. F. S. **Óleos essenciais**. v. 3, n. 16, p. 38-43, 2000.

SILVA, A. R. **Tudo sobre aromaterapia**. São Paulo: Roca, 1998. 624 p.

SILVA, S. L.; CHAAR, J. S.; FIGUEIREDO, P. M. S.; YANO, T. Cytotoxic evaluation of essential oil from *Casearia sylvestris* Sw on human cancer cells and erythrocytes. **Acta amazônica**. Manaus. v. 38, n. 1, 2008.

SILVA, M. G. F.; Atividade antioxidante e antimicrobiana in vitro de óleos essenciais e extratos hidroalcoólicos de manjerona (*Origanum majorana* L.) e manjerição (*Ocimum basilicum* L.). 2011. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior de Química – Bacharelado em Química Industrial/Licenciatura em Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2011.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O. **Farmacognosia**. Porto Alegre: UFRGS, 2000, p. 387-415.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTEZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**, 5ª ed., Porto Alegre – Florianópolis. Editora da UFRGS/ Editora da UFSC, 2003.

STANWAY, A. **Guia geral das terapias alternativas**. Rio de Janeiro: Xenon Editora, 1993

STEFFANI, E. **Modelagem matemática do processo de extração supercrítica de óleo essencial de Ho-Sho (Cinnamomum camphora Nees & Eberm var. linaloolífera Fujita) Utilizando CO₂**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

STEVENSEN, C. J. Aromatherapy in dermatology. **Clinics in Dermatology**, v. 16, n.6, p. 689-694, 1998.

TISSERAND, R. **A arte da aromaterapia**. 13th ed. São Paulo: Roca, 1993.

ULRICH, H.N.A. Óleos etéreos. In: ULRICH, H.N.A. **Manual prático de aromaterapia**. Porto Alegre: Premier, 2004. 13-9.

WANNES, W. A. et al. Antioxidant activities of the essential oils and methanol extracts from myrtle (*Myrtus communis* var. *italica* L.) leaf, stem and flower. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, n.5, p. 1362-1370, 2010.

YUSOFF, Z. M.; NORDIN, M. N. N.; RAHIMAN, M. H. F.; ADNAN, R.; TAIB, M. N. Characterization of Down-Flowing Steam Distillation System using Step Test Analysis. **IEEE CSGRC**, p. 197-201, 2011.