

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO OPERACIONAL  
DE EXTRATORES DE ÓLEOS ESSENCIAIS.**

**MARIA DE FÁTIMA ALMEIDA VIEIRA**

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

1995

01/06/2015 (1043)  
V.638d/  
658d/

**MARIA DE FÁTIMA ALMEIDA VIEIRA**

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO OPERACIONAL  
DE EXTRATORES DE ÓLEOS ESSENCIAIS**

Dissertação apresentada à coordenação de pós-graduação em Engenharia Química da **Universidade Federal da Paraíba**, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Química**.

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: OPERAÇÃO E PROCESSOS**

**ORIENTADOR: PROFESSOR MICHEL FRANCOIS FOSSY (Dr)**

**CO-ORIENTADOR: PROFESSOR MARÇAL DE QUEIROZ PAULO (Dr)**

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**

1995



V658d Vieira, Maria de Fátima Almeida.  
Desenvolvimento e avaliação do rendimento operacional de  
extratores de óleos essenciais / Maria de Fátima Almeida  
Vieira. - Campina Grande, 1995.  
52 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) -  
Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e  
Tecnologia, 1995.

Referências.

"Orientação : Prof. Michel François Fossy, Prof. Marçal  
de Queiroz Paulo".

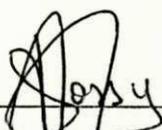
1. Química - Extração. 2. Óleos Essenciais - Extração.  
3. Aparelhos de Extração. 4. Dissertação - Engenharia  
Química. I. Fossy, Michel François. II. Paulo, Marçal de  
Queiroz. III. Universidade Federal da Paraíba - Campina  
Grande (PB). IV. Título

CDU 54:633.8(043)

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO OPERACIONAL  
DE EXTRATORES DE ÓLEOS ESSENCIAIS**

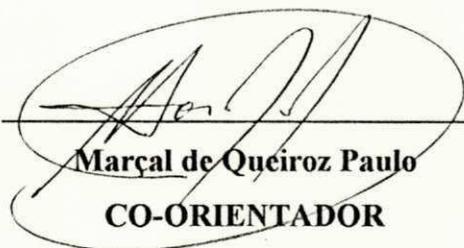
**MARIA DE FÁTIMA ALMEIDA VIEIRA**

**DISSERTAÇÃO APROVADA EM 21 DE JUNHO DE 1995**



---

**Michel François Fossy  
ORIENTADOR**



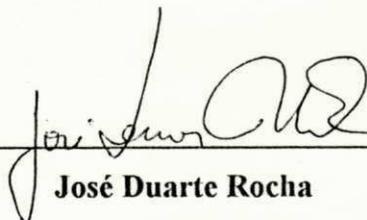
---

**Marçal de Queiroz Paulo  
CO-ORIENTADOR**



---

**Kepler Borges França  
EXAMINADOR**



---

**José Duarte Rocha  
EXAMINADOR**

**Campina Grande, junho de 1995**

## DEDICATÓRIA

À meus pais José Vieira da Silva e Maria do Socorro Almeida Vieira que foram a base do meu crescimento no mundo dos estudos. Ambos deram-me oportunidade e dedicação para minha realização profissional.

À meu esposo Lemarx Farias Cavalcanti pelo apoio, compreensão, paciência e contribuição para realização deste trabalho.

Ao professor Arnaldo Arsênio de Azevedo - Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN - (in memoriam), pela feliz inspiração ao escrever sobre a aplicabilidade da ciência, embora reconhecendo o desrespeito ao ser humano.

“(...) apesar de todas as conquistas técnicas e científicas, continua o desrespeito à dignidade humana e ao maior de todos os seres - O HOMEM - aviltado e infelicitado no que ele tem de mais sagrado: O DIREITO DE SER GENTE. Desprezado nos valores maiores, o homem é vítima de todas as injustiças.”  
( Arnaldo Arsênio de Azevedo)

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo estímulo e apoio financeiro.

À Universidade Federal da Paraíba e Coordenação do Mestrado em Engenharia Química, na pessoa do coordenador Kepler Borges França, que tornaram possível esta realização.

Ao Laboratório de Química de Produtos Naturais - LQPN - da Universidade Federal da Paraíba - UFPB Campus I, pela oportunidade dada para o desenvolvimento da parte experimental deste trabalho, utilizando de materiais e serviços essenciais.

Ao professor Marçal de Queiroz Paulo, pelo incentivo, atenção, disposição incansável nos projetos dos equipamentos e pela valiosa orientação na realização deste trabalho.

Ao professor Michel Francois Fossy pela orientação na realização deste trabalho.

Ao professor Antônio Luís Cabral pela oportunidade a que me foi dada para realização da parte experimental deste trabalho.

Ao professor Júlio Goldfarb pela colaboração na parte final deste trabalho.

Aos funcionários que auxiliaram-me no decorrer da realização deste trabalho - em especial a Severino Francisco Alves pelo carisma, amizade, dedicação e incentivo à luta para realização final deste trabalho.

Aos professores e colegas de curso (parte teórica e experimental), pela consideração, convívio e participação direta ou indireta nesta realização.

## RESUMO

Este trabalho foi constituído no estudo de avaliação do sistema e do rendimento operacional de um novo aparelho para extração de óleos essenciais. Os estudos foram realizados a partir das análises dos resultados obtidos experimentalmente, cujo princípio (acarretamento por arraste a vapor a pressão atmosférica) foi aplicado a três modelos de extratores.

O procedimento de avaliação foi baseado em análises nos três modelos, permitindo estabelecer qual deles proporcionou, dentro das mesmas condições de operação, um maior rendimento de extração de óleo essencial. Este estudo de avaliação envolveu análises de parâmetros que influenciaram diretamente na eficiência do processo de extração como: quantidade de água para produção de vapor, solvente, matéria-prima, tempo de extração e a temperatura de refrigeração do sistema de condensação.

A aplicação deste estudo consistiu basicamente na determinação da viabilidade operacional destes aparelhos de extração, no sentido de obter-se o modelo mais eficaz, a um custo relativamente baixo, com bons rendimentos e conseqüentemente a substituição de extratores clássicos que envolvem o mesmo princípio - arraste a vapor - mas que apresentam baixo rendimento em operações laboratoriais.

## ABSTRACT

This work was constituted in the study of the system evaluation and of operational efficiency of a new equipment for extraction of essential oils. The studies were developed from of the analysis of the results obtained experimentaly, whose principle (steam distillation at atmospheric pressure) was applied to three models of extractores.

The proceeding of evaluation was based in analysis in the three models, permitting to establish which one provided, in the same condition of operation, a greater efficiency of extraction of essential oils. This study of evaluation involved analysis of parameter that influenced directly in the efficiency of the process of extraction as: quantity of water for production of steam, solvent, raw material, time of extraction and the temperature of refrigeration of the system of condensation.

The application of this study constituted basically in the determination of the operational possibility of these equipments of extraction, in the direction to get the model more efficient, at a relatively low cost, with good efficiency and consequently the substitution of classical extractores that involve the same principle - steam distillation - but that present low efficiency in operations in laboratory.

## ÍNDICE

<b>1 - INTRODUÇÃO</b>	01
1.1 - Considerações gerais sobre o assunto	01
1.2 - Objetivo	01
1.3 - Revisão bibliográfica	02
<b>2 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b>	07
2.1 - Óleos essenciais	07
2.1.1 - Características gerais	07
2.1.2 - Composição química	07
2.1.3 - Características físicas e químicas dos óleos essenciais	10
2.1.4 - Ensaio sobre a presença de certos adulterantes e do valor prático das essências	12
2.1.5 - Aplicação dos óleos essenciais	13
2.1.6 - Importação de óleos essenciais	16
2.1.7 - A química inovadora - química dos óleos essenciais	16
2.2 - Processos de Obtenção dos óleos essenciais	18
2.3 - Umidade das plantas	23
<b>3 - TRABALHO EXPERIMENTAL</b>	25
3.1 - Descrição do sistema de extração	25
3.1.1 - Condensadores	25
3.1.2 - Corpos dos extratores	28
3.1.3 - Balão de aquecimento	31
3.1.4 - Manta	31
3.1.5 - Sistema de refrigeração	32
3.1.6 - Trape	33
3.1.7 - Fonte de energia	33
3.1.8 - Funil de separação	34
3.1.9 - Rotavapor	35
3.2 - Produtos químicos utilizados	36
3.3 - Matérias-primas utilizadas	36
3.4 - Materiais utilizados	36
3.5 - Operação do sistema	36
3.5.1 - Instalação	36
3.5.2 - Procedimentos de abastecimento	36
3.5.3 - Procedimentos de extração	37
3.5.4 - Processo de limpeza dos extratores	37
3.6 - Processo de avaliação das perdas de óleo essencial nas paredes dos extratores modelos 2 e 3	37
3.7 - Processo de determinação da umidade	38
3.8 - Processo de avaliação da eficiência das mantas	39

<b>4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	40
4.1 - Análises iniciais	40
4.2 - Avaliação comparativa entre os extratores modelos 2 e 3	41
4.2.1 - Efeito da quantidade de água	41
4.2.2 - Efeito da quantidade de solvente	42
4.2.3 - Efeito da quantidade de matéria-prima	43
4.2.4 - Efeito do tempo de extração	44
4.2.5 - Efeito da temperatura de refrigeração	45
4.3 - Estudo do efeito da temperatura de refrigeração sobre a quantidade de solvente não recuperado	45
<b>5 -CONCLUSÕES</b>	47
<b>6 - SUGESTÕES</b>	49
<b>7 - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	50

Apêndice A  
Apêndice B  
Apêndice C  
Apêndice D  
Apêndice E

## SIMBOLOGIA

E1 - Extrator Modelo 1

E2 - Extrator Modelo 2

E3 - Extrator Modelo 3

C1 - Condensador acoplado ao E1

C2 - Condensador acoplado ao E2

C3 - Condensador acoplado ao E3

$X_i$  - Fração molar do componente  $i$

$\gamma_i$  - Coeficiente de atividade do componente  $i$

K - Valor constante a uma temperatura fixa

TEAR - Temperatura de Entrada da Água de Refrigeração

TSAR E2 - Temperatura de Saída da Água de Refrigeração do Extrator Modelo 2

TSAR E3 - Temperatura de Saída da Água de Refrigeração do Extrator Modelo 3

# 1- INTRODUÇÃO.

## 1.1 - Considerações Gerais Sobre o Assunto.

Com o grande avanço da aplicabilidade dos óleos essenciais e das diversas substâncias neles presente, têm-se nos últimos anos observado um interesse mais profundo pelo conhecimento dos óleos essenciais por parte dos vários segmentos industriais. Dentre das necessidades dos pesquisadores, para tais fins, estão os processos e equipamentos que levem a obterem bons rendimentos de óleos, assegurando uma reprodutibilidade nos testes, permitindo sua utilização no desenvolvimento dos processos e dos equipamentos em escala piloto e industrial.

Nos processos e equipamentos utilizados o trabalho do Engenheiro Químico é de suma importância para o estudo das propriedades químicas das substâncias, suas possibilidades de transformação, e o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos processos técnicos das matérias-primas com o equipamento utilizado na industrialização do processo.

A avaliação do rendimento operacional dos aparelhos de destilação - extração a vapor pode ser aplicada através de base teórica e experimental, cujos resultados podem ser utilizados na obtenção de óleos essenciais a um custo relativamente baixo, sendo competitivo com os aparelhos já existentes levando a obtenção de lucro.

## 1.2 - Objetivo.

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Química de Produtos Naturais - LQPN - da Universidade Federal da Paraíba, consistiu do estudo de um sistema de extração de óleos essenciais, utilizando para avaliação do rendimento operacional três modelos de extratores de destilação-extração por arraste a vapor (ver fotos dos modelos - Apêndice D). Os equipamentos foram projetados sob a orientação do professor Dr. Marçal de Queiroz Paulo, da Universidade Federal da Paraíba - Campus I - João Pessoa.

No desenvolvimento do estudo do sistema, os objetivos principais foram:

- 1 - Análises comparativas do Extrator de óleo essencial clássico (Clevenger) contra o Extrator Modelo 1 quanto a quantidade de óleo extraído, ambos em idênticas condições de operação e, conseqüentemente verificar qual deles proporciona um menor custo operacional.
- 2 - A partir de avaliações feitas nos resultados experimentais obtidos no estudo comparativo preliminarmente realizado com o Extrator Modelo 1, projetou-se dois outros modelos de extratores: Extrator Modelo 2 e Extrator Modelo 3. Em seguida, realizou-se análise comparativa quanto a quantidade de óleo extraído e do solvente não recuperado entre os três modelos 1, 2, e 3, em idênticas condições de operação.
- 3 - Estudo comparativo nos dois extratores modelos que apresentaram uma maior quantidade de óleo extraído e apresentaram menor quantidade de solvente não recuperado, através de avaliação de parâmetros que influenciam diretamente nos resultados das extrações.
- 4 - Identificação do Extrator Modelo mais eficaz entre os dois modelos que foram analisados no item acima, considerando melhores condições de operação, influência sobre custos operacionais e controle de operação, além do rendimento e reprodutibilidade da qualidade das extrações.

### 1.3 - Revisão Bibliográfica.

Muitos constituintes químicos dos óleos essenciais, são atualmente utilizados em larga escala como compostos de partida para a síntese de produtos para várias indústrias, notadamente as de perfumaria, farmacêutica, cosmética, alimentícias e do fumo.

Estas matérias-primas oriundas em maior parte do reino vegetal e que encontram-se difundidas nos diferentes órgãos das plantas, juntamente com a química fina são as transformadoras destes produtos em fragrância, fármacos, cremes, loção, bebidas alcoólicas ou não, sorvetes, doces, condimentos, charutos e outros.

Perineau et al (1991), cita como exemplo o óleo essencial do fruto coriandre (Coriandrum sativum) família das ombellifereae, que tem dado lugar a numerosos estudos sobre sua composição química em razão de suas múltiplas aplicações nas indústrias alimentícias (produtos cárnicos, bebidas alcoólicas e docerias) bem como na indústria do fumo e do perfume.

Muitos dos trabalhos efetuados nos anos 60, possibilitaram a identificação dos principais monoterpenos (hidrocarbonetos e moléculas funcionalizadas) encontrados no óleo essencial do fruto do coriandre. Schratz & Qadry (1966) efetuaram um estudo da biossíntese dos constituintes voláteis nos diferentes órgãos da planta, que foram analisados a partir dos óleos extraídos sucessivamente no curso da sua maturação. Eles determinaram a influência da estocagem sobre a composição do óleo essencial produzido a partir do fruto.

Taskinem e Nykanen (1962) compararam os produtos isolados obtidos por arraste a vapor. Hirvi et al (1986) tiveram caminho semelhante, considerando as variações dos diversos produtos isolados por hidrodestilação, por extração a éter e pelo dióxido de carbono em estado supercrítico. MacLeod & Islam (1976) se destacaram pelo seu interesse na composição do óleo essencial produzido a partir das folhas. Da mesma maneira, posteriormente Potter & Fagerson (1990) fizeram principalmente a identificação dos aldeídos saturados ou não, com cadeia variando de 8 a 15 carbonos. Karim et al (1979) realizaram análises de dois lotes do fruto, e sobre a planta inteira em duas fases (antes e depois da floração). Eles mostraram que efetivamente os compostos voláteis em perfumes são principalmente biossintetizados ao nível do fruto. Por outro lado o óleo essencial do fruto se caracteriza pela forte proporção de linalol (70%), subtendo o tratamento da planta inteira, e se distingue pela presença de aldeído e de álcool alifático representando 34 a 58%, aumentado no curso da floração.

Atualmente muitos estudos deste tipo acima citado vem sendo realizados, uma vez que os óleos essenciais vem apresentando um valor comercial relativamente estável há muitos anos, e sua produção é muito explorada em regiões pouco desenvolvidas em virtude da agricultura primária envolvida em culturas menos exigentes. Assim é que Guatemala, Índia, China, Egito, Indonésia, Sri Lanka, Turquia e Brasil, entre outros, são tradicionais exportadores de óleos essenciais.

Os países mais desenvolvidos importam estes óleos como matéria-prima barata e lhes agregam valor através de purificação, destilação, preparação de derivados, isolamento de constituintes e modificações químicas. Os países que exportaram estes óleos essenciais como matéria-prima a baixo custo, passam agora a serem importadores dos constituintes químicos a elevados custos dos próprios óleos que exportaram, como é o caso do nosso país.

O Brasil é um grande importador de intermediários químicos derivados de óleos essenciais. Em 1985 o país importou 18 toneladas de óleo *Cymbopogon citratus*, conhecida como Lemongrass. Este exemplo citado é apenas um entre vários óleos que o país produz ou têm condição de produzir. Como produtor, o Brasil pode usar a tecnologia química nestes óleos, como fez com o óleo de pinho, passando rapidamente de importador para exportador dos produtos sintéticos derivado deste óleo. Nos dias atuais este quadro está mudando graças as pesquisas desenvolvidas com o objetivo de produzir óleos essenciais de qualidade e desenvolver transformações químicas para obtenção de produtos aplicados à indústria. A química fina pode integrar dentro da nação uma agroindústria extrativa primária à produção de produtos químicos de alto valor, tornando-o auto-suficiente em um setor economicamente estratégico e sensível.

Do ponto de vista do objetivo acima citado, os aparelhos destinados a extração de óleos essenciais merecem uma atenção especial no estudo dos seus projetos e do aprimoramento dos já existentes, destacando-se neste estudo a operação e o processo aplicado ao equipamento. Ao longo dos tempos o processo mais comum para extração dos óleos essenciais é o do acarretamento por arraste à vapor. Uma vez que estes óleos possuem uma característica importante que é a volatilidade de seus constituintes, a qual é uma propriedade derivada do processo de obtenção por arraste a vapor do material vegetal com vapor de água (Craveiro & Queiroz, 1993).

Os historiadores não chegaram a um acordo quanto à origem deste processo, mas a maioria atribui a Avicena, famoso filósofo, médico e alquimista árabe que viveu no início deste milênio. No entanto, Zozime, conhecido químico egípcio do século III d. c., escreveu vários projetos de equipamentos que teriam sido encontrados na parede de um templo em Mênflis. É bem provável, que os egípcios conhecessem um processo primitivo de destilação próximo aos utilizados atualmente. No século I d.C., Dioscorides já buscava saber a origem da destilação. Dizia ele que, um médico cozinhou umas pêsas entre dois pratos e, ao levantar o de cima, notou que o vapor que o cobria continha odores e óleos fixos (graxas) de pêsas. Esse incidente serviu-lhe de inspiração para construir instrumentos cada vez mais sofisticados e eficientes para extração da "quintessência" das plantas medicinais (Lavabre, 1991).

Devido a importância comercial dos óleos essenciais como matéria-prima para várias indústrias, e as importantes propriedades biológicas dos seus constituintes, ampliou-se a busca incessante para novos projetos e aprimoramento destes aparelhos.

Segundo Lavabre (1991), um equipamento clássico de extração de óleos essenciais é constituído por um tanque cilíndrico, onde são depositados as plantas que recebem o vapor produzido em outro recipiente conectado. Esse vapor causa a evaporação dos óleos contidos nas plantas. O tanque é coberto com uma tampa especial (col de cygne ou pescoço de cisne) que acumula o vapor e o envia para a serpentina, normalmente refrigerada com água corrente, onde o vapor é então condensado. A mistura de água condensada e óleo essencial se separa devido as diferenças de densidade e de solubilidade por decantação num recipiente coletor especial, chamado vaso Florentino. Estes aparelhos foram muito difundidos, nas fazendas do sudeste da França desde o início do século.

O ponto de partida para o aperfeiçoamento tecnológico dos equipamentos para extração de óleos essenciais originou-se a partir do aparelho de extração a nível laboratorial denominado de CLEVENGER (Clevenger, 1928). Este aparelho usado até os dias atuais, é constituído por um recipiente (balão volumétrico) no qual é depositado a matéria-prima e a água para produção de vapor. O corpo do aparelho é delgado e normalmente contém uma escala para leitura direta da quantidade do óleo extraído. Os vapores que arrastam o

óleo essencial são condensados através de um condensador tipo Alihn acoplado ao corpo do aparelho.

O rendimento do Clevenger não é satisfatório devido as perdas de óleo essencial concentrado no corpo do extrator, acima do nível d'água, o qual permanece durante todo o processo de extração em contato direto com o vapor, o que acarreta perdas no rendimento e na qualidade do óleo. Além disto, normalmente ocorre neste aparelho riscos de perdas dos componentes mais voláteis (Paulo, 1993).

A alteração do óleo extraído está principalmente condicionada a matéria-prima, a produção de vapor e ao sistema de condensação. A maioria dos aparelhos, a exemplo do Clevenger mantêm em contato permanente o óleo essencial extraído com o vapor utilizado no acarretamento durante todo processo, e a condensação dos vapores se faz por refluxo. Com o objetivo de melhorar o funcionamento e a eficiência destes aparelhos, (Cocking & Middleton, 1932) resolveram substituir este tipo de condensador de refluxo por um de passagem vertical, que apresenta as seguintes desvantagens: a) necessidade de aquecimento demasiado do aparelho para que o vapor atinja o topo do condensador; b) o aumento de tamanho do condensador aumenta a fragilidade do equipamento devido ao maior volume d'água para refrigeração. Equipamentos semelhantes ao discutidos anteriormente estão também descrito na Farmacopéia dos Estados Unidos do Brasil (1959), e em Matos & Wasicky (1960).

Moritz (1955) procurou montar o condensador em sentido horizontal, o que evitaria um superaquecimento do óleo essencial devido as condições já citadas. Porém, a inconveniência consiste em ocupar um espaço muito grande, tornando-se o aparelho frágil, difícil de limpeza e dificultando a realização da leitura, principalmente em pequena escala.

Wasicky (1963) também modificou o aparelho Clevenger, aumentando a capacidade do coletor de óleo essencial, para evitar formação de bolhas de água ou de óleo essencial que poderiam interromper a passagem no tubo graduado.

Um outro aparelho à vapor foi construído para obtenção de óleo essencial (Liken & Nickerson, 1964). Este aparelho permite simultânea condensação de destilação a vapor e extração com solvente imiscíveis, em água com o hexano. O corpo do aparelho é formado por um tubo central de diâmetro 36 mm e nas laterais da parte superior deste tubo encontram-se ligados dois tubos de diâmetro 15 mm e 46 cm de comprimento, onde em um deles adapta-se um balão volumétrico com matéria-prima e água para produção de vapor, e no outro tubo um balão volumétrico contendo solvente. A parte inferior destes tubos laterais estão ligados ao corpo central através de duas ramificações ligadas na parte inferior do corpo. O corpo do extrator está ligado através da parte inferior ao sistema tubular de separação de solvente e água. Ao tubo central do corpo está conectado um condensador de refluxo tipo Alihn. As ramificações tubulares de separação solvente/água estão em níveis diferentes, desta forma a camada de densidade baixa (solvente) é retomada através da ramificação mais alta, e a camada de densidade alta (água condensada) é retornada pela ramificação mais baixa. Este aparelho apresenta algumas desvantagens:

a) necessita-se de duas fontes de calor (duas mantas) com temperaturas diferenciadas - uma para o solvente (60°C) e outra para produção de vapor (>100°C); b) para controlar as temperaturas das mantas é necessário dois termostatos operando em condições diferentes; c) a quantidade de solvente é relativamente elevada - acima de 200 ml; d) perda de rendimento de óleo essencial durante a evaporação do solvente para concentração do

produto; e) perda solvente/óleo residual nos tubos de separação e apresenta f) dificuldade de limpeza.

Stahl (1969) apresenta o aparelho "karlsruhe", que por sua vez é mais completo, entretanto, apresenta condensador curto e relativamente pouco eficiente, além de apresentar dificuldade de manutenção, limpeza e relativa proximidade do tubo coletor de óleo essencial a fonte calorífica.

O aparelho "Karlsruhe" aperfeiçoado por Wasicky & Akisue (1969), permite determinar diretamente no tubo graduado tanto o volume de óleo mais denso quanto o menos denso do que a água. Este equipamento evita o superaquecimento do óleo no reservatório como ocorre no de Stahl e, oferece a vantagem de poder executar macro e micro determinações. Neste aparelho, o tamanho do condensador horizontal não é tão reduzido quanto os condensadores verticais, o que pode ser um fator negativo, em espaços reduzidos. Este equipamento é mais modulado, contém maior número de peças individuais o que facilita a substituição de uma das partes, e por outro lado tal modulação dificulta um pouco a montagem.

Akisue Gokithi (1972) projetou um aparelho vertical por passagem do vapor através de condensador multitubular. Neste aparelho o vapor condensado é recolhido em tubo coletor de diâmetro maior do que os dos aparelhos desenvolvidos anteriormente. Desta forma, as bolhas d'água que se formam em tubos menores, são evitadas. Para leituras de menores quantidades, foi colocado um segundo tubo calibrado. O coletor encontra-se refrigerado por água, de tal modo que o óleo essencial extraído acha-se completamente protegido contra elevação de temperatura. O tubo ascendente foi isolado termicamente do meio externo por pó de amido, colocado numa camisa. Estes dispositivos permitiram reduzir sensivelmente o comprimento do aparelho, que assim apresenta menor perda calorífica. O aparelho também evita o problema de aquecimento do óleo essencial, depositado pela água de refrigeração. O condensador multitubular permite reduzir acentuadamente o comprimento, sem perda de eficiência e a parede do tubo ascendente do vapor isolado por amianto diminui as perdas caloríficas.

Apesar de alguns parâmetros terem sido solucionados, a impossibilidade de uso de solvente, para melhorar a extração, torna este aparelho equivalente ao que apresentam aquecimento, pela injeção de vapor direta, nos que utiliza solventes orgânicos para extração a exemplo de Likens & Nickerson (1964).

O Departamento de Química Orgânica e Inorgânica da Universidade Federal do Ceará - UFC - (1976) projetou um gerador de vapor para extração de óleo essencial. O gerador de vapor é feito com uma panela de alumínio. Na tampa é soldado dois tubos de alumínio. O primeiro tubo vai até o fundo da panela, e o segundo é o tubo de vapor. O gerador é abastecido com água destilada através do primeiro tubo o qual também serve como válvula de pressão.

Em alguns minutos o vapor é produzido e geralmente a extração é completada em aproximadamente uma hora. O óleo essencial é acumulado no topo da bureta, e o excesso de água cai no frasco coletor. A matéria-prima a ser extraída, está no frasco que na parte inferior deste está ligado o tubo de vapor e na parte superior está conectado um condensador através do mesmo o vapor é condensado e cai na bureta. O aparelho ocupa grande espaço, aquecimento por chama, não permite uso de solventes na extração e o seu projeto dificulta a limpeza.

Diante das limitações e modificações citadas e/ou realizadas nos diferentes equipamentos desenvolvidos por diversos autores e, tentativas de melhorar a eficiência dos aparelhos

para a extração de óleos essenciais, cresce até os dias atuais o interesse por projetos de montagem e o aprimoramento destes aparelhos, com o objetivo de obter-se um agrupamento de vantagens e eliminação de inconveniências. Convém mencionar que não existe aparelho ideal para todos os tipos de óleos essenciais, mas que sejam de grande resistência, fácil manejo e que principalmente, evitem o superaquecimento do óleo essencial no reservatório ( Gokithi,1972).

## 2 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1 - Óleos Essenciais

#### 2.1.1 - Características Gerais.

Os óleos essenciais são normalmente constituídos de mistura de substâncias puras. Resultam de uma mistura de compostos orgânicos, voláteis e de composição complexa entre os quais se encontram compostos acíclicos, cíclicos e alicíclicos. Estas substâncias são encontradas na natureza fazendo parte de constituintes particulares do organismo da grande maioria dos vegetais e de algumas e raras espécies animais. Desta forma o reino vegetal é a fonte mais importante de óleos essenciais industriais e laboratoriais.

No reino vegetal os óleos essenciais encontram-se difundidos na planta toda ou em determinados órgão como: flores, folhas, frutos, raízes e lenho. Existem no reino animal substâncias odoríferas como: o almíscar da glândula ventral do Moschus moschiferus, ambâr cinzento do intestino do cetáceo Physeter macrocephalus, almíscar civeter do felino Civetta civeta.

Tecnicamente os óleos essenciais são denominados de essências, no entanto, essências, representam as substâncias voláteis das fontes naturais, solúveis em solventes orgânicos extraídos a partir de materiais odoríferos (Coimbra et al, 1965).

Na temperatura ambiente maior parte dos óleos essenciais são líquidos, poucos são sólidos e outros são pastosos. São poucos ou quase insolúveis em água, no entanto seu odor é transportado para a mesma através da solvatação de diminutas quantidades relacionadas ao pH do solvente. São solúveis em álcool, éter e outros solventes orgânicos como clorofórmio, éter de petróleo, sendo miscíveis em todas as proporções em hexano, gorduras e óleos graxos. Diferenciam-se dos óleos graxos por sua natureza altamente volátil.

Quanto a liquefação, a temperatura de 25°C é crítica, nela quase todas as essências são líquidas; algumas, a uma temperatura mais baixa separam-se em duas partes: uma sólida chamada stearoptene, e outra líquida chamada oleoptene. O peso específico da maioria dos óleos essenciais é pouco elevado, geralmente está compreendido entre 0,750 - 1,10, no entanto, alguns são mais densos que a água. O sabor das essências é pouco forte ou desagradável e o aroma vai do agradável ao irritante. A maioria são coloridas, as cítricas são incolores.

Os óleos essenciais são encontrados na forma de pequenas gotas entre as células vegetais, onde agem como hormônios, reguladores e catalizadores. Eles protegem a planta de doenças e parasitas e atraem certos insetos que fazem a polinização. Às vezes, chegam a funcionar como combatentes naturais de ervas daninhas, criando um território ao redor das raízes das plantas onde outras plantas não conseguem crescer (Lavabre, 1992; Coimbra et al, 1965).

#### 2.1.2.- Composição Química.

A composição química dos óleos essenciais varia durante o dia e ao longo do ano, depende da parte da planta da qual o óleo é extraído, da variedade, do solo e clima. A mesma é determinada por dois fatores: (1) artificial -destilação/extração a vapor, (2) intrínseco à planta - a biossíntese das moléculas constituintes.

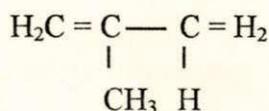
Outros constituintes das plantas não entram na composição dos óleos essenciais, entre eles, incluem-se as moléculas polares, solúveis na água e as macromoléculas, grandes demais ou com uma polaridade muito alta para ser destilada junto ao vapor de arraste.

Quase todas as substâncias encontradas nos óleos essenciais são constituídas de hidrocarbonetos contendo ou não oxigênio como heteroátomo. Distinguem-se três categorias principais de compostos químicos: (1) os monoterpenos; (2) os sesquiterpênicos; e (3) os derivados de fenilpropano. Os diterpenos podem ocorrer em pequenas concentrações (Lavabre, 1992; Rogers).

## MONOTERPENOS E SESQUITERPENOS

Os monoterpenos e os sesquiterpenos são moléculas constituídas de 10 e 15 carbonos respectivamente, além de hidrogênio (hidrocarbonetos). Quando o único elemento presente além do carbono é o hidrogênio, as moléculas são apolares e ditas não substituídas.

São hidrocarbonetos terpênicos, os alicíclicos, que correspondem à fórmula  $(C_5H_8)_n$ . Segundo o valor de  $n$  temos vários terpenos. Para  $n = 1$ ,  $C_5H_8$ : São os hemiterpenos, onde o representante do grupo é o isopreno, e do qual, através da biossíntese, todos os outros terpenos se originam.



### ISOPRENO

Os terpenos propriamente ditos apresentam fórmula  $C_{10}H_{16}$  ( $n = 2$ ) denominados monoterpenos, trata-se do componente principal de vários óleos essenciais. Os monoterpenos são na sua maioria líquidos, voláteis com vapor d'água e têm aroma característico, frequentemente agradável. A grande maioria é opticamente ativa.

Os sesquiterpenos,  $C_{15}H_{24}$  ( $n = 3$ ) também são facilmente encontrados nos óleos essenciais, visto que ainda são suficientemente voláteis para serem destilados/extraídos a vapor. Geralmente são líquidos levemente corados e mais densos que os monoterpenos.

Entre os componentes sesquiterpênicos dos óleos essenciais, a influência do grupo funcional aparece como menos dominante. O maior tamanho da estrutura geral acarreta maior complexidade. A interação entre o esqueleto da molécula e o grupo funcional torna-se mais sutil e intrincada, para sua identificação. A individualidade das moléculas bioativas passa a ser um fator de maior importância na constituição de seu efeito farmacológico.

Até hoje foram isolados mais de dois mil sesquiterpenos de plantas, e este dado mostra que sua estrutura pode variar enormemente. Os óleos essenciais com alto teor de componentes sesquiterpênicos são destilados basicamente de raízes e madeiras ou de plantas da família das asteráceas. Os diterpenos,  $C_{20}H_{32}$  ( $n = 4$ ) são dificilmente encontrados nos óleos essenciais, como o canforeno, encontrado no óleo do loureiro.

As substâncias com  $n > 4$ ,  $C_{25}H_{40}$ ,  $C_{30}H_{48}$ , são denominadas de politerpenos. Estas moléculas existem nas plantas, mas dificilmente são encontradas nos óleos essenciais, pois seu peso molecular é alto demais para permitir sua evaporação com o vapor. Tem-se o licopeno, ( $C_{40}H_{56}$ ) encontrado no óleo de melancia e o Squaleno, ( $C_{30}H_{50}$ ) encontrado nos óleos de animais marinhos (Coimbra et al, 1965; Lavabre, 1992).

Os hidrocarbonetos terpenóilicos não substituídos podem ser modificados por um grupamento funcional (Tabela A.1 - Apêndice A), são formados pelas diferentes maneiras como o oxigênio se liga ao carbono. Desta forma, obtêm-se os principais componentes dos óleos essenciais encontrados em proporções muito variáveis, como: álcoois, aldeídos, cetonas, fenóis e éteres fenólicos, ácidos, ésteres e éteres.

O oxigênio pode se juntar a uma molécula terpenoílica através de uma ligação única, no qual um hidrogênio ocupa a segunda ligação do oxigênio. O grupamento hidroxila ( - O - H ) formado, não só eleva a polaridade da molécula como também cria o sítio de reação, inclusive de oxidação.

Se um grupamento alcoólico é introduzido numa molécula de terpeno, o composto resultante será chamado álcool terpênico. Encontrados nos óleos essenciais comuns mostram uma certa diversidade entre si quanto às suas propriedades e à sua fragância, mas não deixam de ter várias propriedades em comum, apresentam a natureza anti-séptica; fragância agradável e animadora; baixa toxicidade além de outras propriedades físico-químicas inerentes a classe funcional, por exemplo oxidação.

Os aldeídos formam com os álcoois e as cetonas, a fração mais perfumada das essências. São as cetonas monoterpênicas que determinam as principais características odoríferas de um número razoável de óleos essenciais, algumas delas são produtos industriais de notável interesse, como a cânfora.

Quando uma hidroxila está ligada a um anel benzênico, o composto é chamado fenol e possui estrutura muito eletropositiva, o que concorre para que o composto seja bastante reativo. Os fenóis e éteres fenólicos estão bastante difundidos nos óleos essenciais, inúmeros compostos desta série têm grande importância industrial. Os principais representantes naturais dos fenóis e éteres fenólicos são os monofenóis e os polifenóis.

Os óleos essenciais contêm muito pouco ácido. Entretanto, há essências que contêm em quantidade apreciáveis, como a essência de íris, com 85% de ácido mirístico, e a essência de valeriana mexicana com 89% de ácido valeriano.

Dentre as classes de substâncias orgânicas, os ésteres são encontrados nos óleos essenciais em quantidades maiores do que os representantes de qualquer outra classe. Os óleos essenciais que contêm ésteres como componentes principais não são muitos, mas mesmo pequenas quantidades de alguns ésteres são cruciais para os "bouquet" mais delicados na fragância de um óleo essencial.

Raramente ocorrem substâncias éteres nos óleos essenciais, os mais encontrados são: cineol ou eucaliptol,  $C_{10}H_{18}O$ , componente principal do óleo de Eucalyptus globulus. É empregado na medicina como antisséptico interno ou externo.

## DERIVADOS DE FENILPROPANO

O traço comum a essa classe de componentes de óleos essenciais é que todos eles são derivados de uma estrutura de fenilpropano. Os elementos que constituem essa estrutura são um sistema de anel aromático com uma cadeia lateral de propano. Nos óleos essenciais essa estrutura básica de nove átomos de carbono pode ser encontrada modificada pelo vários grupamentos que se ligam a ela. Uma ligação dupla na cadeia lateral permite que esses grupos interajam com o sistema pi-elétron do anel aromático, tornando algumas moléculas desse grupo muito ativas, farmacologicamente (Newman, 1972).

### 2.1.3 - Características Físicas e Químicas dos Óleos Essenciais.

Tendo em vista a utilização e o valor dos óleos essenciais, geralmente são determinadas algumas constantes físico-químicas dos mesmos, assim como a determinação quantitativa dos componentes majoritários característicos de cada essência.

Dentre as propriedades físico-químicas, as principais são:

**Peso específico** : É um fator de grande importância nas verificações da pureza e qualidade do óleo essencial permitido em muitos casos indicar, com absoluta certeza, se houver adição fraudulenta ou extração de algum componente principal da essência.

**Poder Rotatório**: A determinação desta qualidade óptica é de grande importância, do ponto de vista analítico, porque a composição de cada essência varia dentro de certos limites, e por conseguinte, seu poder rotatório oferece certa regularidade; se ao analisar uma essência e encontrar uma rotação óptica que se afaste dos limites determinados experimentalmente, pode-se dizer que é uma essência anormal, e, por conseguinte, deve-se proceder a outras análises a fim de se verificar a causa da mesma.

**Índice de refração**: Esta constante física é determinada rapidamente pelos refatômetros. O tipo abbé com uma faixa de 1.3 a 1.7 é recomendado para as análises de rotina dos óleos essenciais. Usualmente procede-se a determinação do índice de refração para óleos essenciais a 20°C, a menos que o material seja sólido a esta temperatura. Vários pesquisadores, notadamente Borsat, têm avaliado a variação do índice de refração com a temperatura, para numerosos óleos. Borsat examinando os valores obtidos para 54 óleos essenciais, encontrou variações entre os limites 0.00039 - 0.00049 por 167 °C.

**Solubilidade**: A maior parte dos óleos essenciais são pouco solúveis em água. A determinação da solubilidade é um rápido e conveniente auxílio na avaliação da qualidade de um óleo e pode variar com a idade do mesmo. Fatores como a luz, ar, calor, e a presença de água usualmente exercem influência desfavorável e podem promover reações indesejáveis.

**Ponto de congelamento e de fusão**: Estes dados ou constantes é de grande importância, pois os mesmos auxiliam na determinação do grau de pureza dos óleos.

**Ponto de ebulição**: A determinação do ponto de ebulição é mais uma propriedade que se constitui num importante critério para a avaliação da pureza. A leitura

da temperatura deve ser efetuada no espaço compreendido entre a estabilização da temperatura (no termômetro) e a caída da primeira gota do destilado. A percentagem de um óleo essencial que destila abaixo de uma dada temperatura é frequentemente importante na avaliação de um óleo; também é importante a percentagem que destila entre certos limites.

**Resíduos:** Outro fator importante na determinação da pureza de um óleo é o seu resíduo, ou seja, a percentagem de óleo que não é volátil a 100 °C (Coimbra et al, 1965).

Dentre as químicas tem-se:

**Determinação quantitativa dos álcoois:** Para esta determinação emprega-se o método da acetilação, que consiste em transformar os álcoois da essência em ésteres correspondentes do ácido acético ( acetilação dos álcoois ) e determinar a proporção destes ésteres por saponificação com potassa cáustica de concentração determinada; a quantidade de potassa gasta na saponificação é avaliada pela valorização com ácido sulfúrico de concentração conhecida, e deste resultado deduz-se a proporção de ésteres formados, e por conseguinte , a de álcoois contidos na essência. Este método pressupõe que o peso molecular do álcool é conhecido, e que se a essência contém vários álcoois suscetíveis de acetilação, todos eles têm a mesma fórmula empírica, ou pouco diferem. Assim, pois, se a essência contém um álcool terpênico e outro sesquiterpênico, cujas fórmulas empíricas são respectivamente  $C_{10}H_{20}O$  e  $C_{15}H_{24}O$ , não se poderão determinar ambos álcoois simultaneamente; será preciso neste caso submeter a essência a uma destilação fracionada que a divida em duas partes, determinando-se em uma o álcool terpênico, e na outra (cujo ponto de ebulição é muito mais elevado) o sesquiterpênico.

**Determinação quantitativa dos ésteres:** Muitos óleos essenciais devem seu odor agradável aos ésteres que contêm; a determinação quantitativa destes é, por esta razão um dos ensaios químicos que se praticam mais frequentemente com as essências. O método é o mesmo que se emprega para a determinação dos álcoois, suprimindo-se, porém, a acetilação. Quando os ésteres são da mesma fórmula empírica, torna-se mais fácil calcular a proporção em que se encontram a não ser através de Espectrometria de massa e Cromatografia gasosa.

**Determinação do índice de acidez:** Esta determinação deve ser efetuada sempre que se presume que a essência ensaiada contenha ácidos livres, isto é não esterificados. Para maior certeza faz a determinação pesando uma certa quantidade de essência, dilui-se em álcool e junta-se pouco a pouco uma solução de potassa cáustica de normalidade conhecida, até que apareça uma coloração vermelha em presença de fenolftaleína. Do número de centímetros cúbicos de potassa gastos, deduz o índice de acidez, que expressa os miligramas de potassa cáustica necessários para neutralizar os ácidos livres contidos em um grama de essência.

**Determinação quantitativa dos aldeídos e cetonas:** Entre os componentes mais apreciados das essências figuram os aldeídos e as cetonas, tais como a carvona (cetona) da essência de alcaravia, o citral (aldeído) da essência de lemon-grass, o aldeído cinâmico da canela-da-china, e outras; assim, pois, nas essências que contêm aldeídos e cetonas, é de grande importância a determinação quantitativa dessas substâncias, sendo para isso empregados inúmeros métodos.

**Determinação quantitativa dos fenóis:** Esta determinação se verifica principalmente na essência de cravo a fim de achar-se proporção de eugenol. Para a determinação dos fenóis emprega-se soda cáustica muito diluída (3 a 5%), que transforma os fenóis em fenatos; se forem empregadas soluções concentradas de soda, os resultados obtidos serão falsos, porque são dissolvidas parcialmente substâncias não fenólicas.

**Determinação quantitativa dos grupos metoxílicos etoxílicos:** Os grupos metoxílicos e etoxílicos encontram-se em muitas essências no estado de ésteres ou éteres, e pertencem ao grupo dos componentes mais importantes dos óleos essenciais. A determinação quantitativa destes grupos baseia-se na propriedade que possui o ácido iodídrico concentrado, de separar os grupos metilo e etilo de suas combinações primitivas, para transformá-lo em iodetos alcalinos muito voláteis, que são facilmente separados. O "índice de metilo", expressa os miligramas de metilo separados de um grama de essência pelo ácido iodídrico (Coimbra et al, 1965).

#### 2.1.4 - Ensaio Sobre a Presença de Certos Adulterantes e do Valor Prático das Essências.

A adição de álcool como adulterante, não se pratica com tanta frequência como antigamente, e é fácil a sua constatação; basta introduzir em uma proveta graduada uma certa quantidade de essência, juntando igual quantidade de água ou glicerina, e agitar; se a essência contém álcool, este é absorvido pela água ou glicerina, o que se manifesta por um aumento de volume deste líquido e subsequente diminuição do volume da essência; deixa-se o líquido em repouso durante uma hora, para que se separe nitidamente os dois níveis, e uma simples leitura (diminuição de volume da essência, ou acréscimo da água ou glicerina) dará a proporção de álcool. A proporção exata de álcool nas essências verifica-se transformando-o em iodofórmio; para isto se submete a essência a uma destilação fracionada, reunindo-se as frações de menor ponto de ebulição, e tratando-as com iodo e um álcali. A adição de álcali às essências dá lugar a uma diminuição em peso específico.

A essência de terebintina é um adulterante clássico das essências; sua adição origina uma diminuição do peso específico e dificulta sua solubilidade. Para a determinação analítica da essência de terebintina em uma essência, submeter-se a uma destilação fracionada; a essência de terebintina, ou melhor dito, o pineno, que é o seu principal componente, encontra-se nas frações mais leves do destilado; tratando-se estas frações com nitrito de amilo e ácido clorídrico concentrado, o pineno transforma-se em cloreto-nitroso de pineno, de fácil decomposição, e que tratado com potassa alcoólica dá origem ao nitroso-pineno, que funde a 132 °C e é muito estável.

Um adulterante muito empregado é a essência de madeira de cedro, que é um adulterante econômico e discreto, porém facilmente identificado por ser bastante levógiro ( $-40^{\circ}$ ) e muito pouco solúvel em álcool; ademais seu peso específico é bastante elevado.

Não é raro o emprego de óleos graxos e minerais para falsificar as essências. Os óleos minerais são facilmente identificados, pelo tratamento da essência com ácido sulfúrico e nítrico fumegantes, que somente não atacam os sais minerais. Não se deve esquecer, entretanto, que algumas essências, como a de rosa, contêm hi-

drocarbonetos ou parafinas da mesma classe dos óleos minerais; nestes casos deve-se fazer, também, o ensaio quantitativo. Para investigar os óleos graxos, destila-se a essência em corrente de vapor úmido, que deixa como resíduo fixo os óleos graxos; para completar o ensaio, determina-se o índice de saponificação, que é muito elevado para os óleos graxos. No líquido resultante da saponificação, acidulado com ácido mineral, em caso necessário, podem ser identificados os óleos graxos.

Os ensaios do valor prático das essências deve ser efetuado sempre que as propriedades físicas e químicas da essência sejam normais. O valor prático das essências diz respeito às suas qualidades gustativas e odoríferas, dependendo, como é natural, da fineza e intensidade de seu sabor e odor. As essências deverão ser submetidas, por conseguinte, a ensaios de comparação, com essências de cuja pureza se tenha absoluta segurança. Geralmente, ensaia-se o odor de uma essência vertendo -se algumas gotas da essência em análise, sobre um papel de filtro inodoro, e observando-o com certos intervalos de tempo; com constância pode-se, por este meio, reconhecer os principais componentes de uma essência na ordem de sua volatilidade, e descobrir, com notável sensibilidade, anomalias que passam despercebidas na análise. Para o ensaio do sabor, dissolve-se a essência em álcool, e mistura-se o líquido, em determinada proporção, com uma solução concentrada de açúcar; resulta daí uma espécie de licor, que se dilui com água e se prova. Para que estes ensaios sejam de utilidade, requerem-se aptidões especiais e muita experiência por parte do ensaiador (Coimbra et al, 1965).

#### 2.1.5 - Aplicação dos óleos essenciais

A aplicabilidade dos óleos essenciais é de larga extensão. O seu aproveitamento é feito não somente através do odor ou do sabor que eles possuem, mas também através de suas propriedades físicas e químicas, distinguindo-se, entre essas, a ação fisiológica que muitos exercem sobre o organismo.

As aplicações baseadas no odor, constituem os fundamentos da indústria da arte, da perfumaria, e da aromatização. As que se fundamentam no sabor proporcionam às indústrias de alimentos e bebidas alcoólicas ou não, recursos importantes para a valorização destes produtos. As baseadas nas propriedades físicas e químicas, possibilitam a obtenção de produtos terapêuticos, e de produtos intermediários ou iniciais para processos sintéticos. A aplicabilidade baseada na associação odor-sabor permitem a valorização e maior consumo de produtos cosméticos.

As combinações dos óleos essenciais têm tido grande aumento no volume de vendas. Estas combinações podem ser encontradas em grandes quantidades nos produtos farmacêuticos, cosméticos, aromáticos e comestíveis.

Dentre o uso dos óleos essenciais, os principais são:

**Cosmético:** Os óleos essenciais são ainda poderosas fontes para a produção de cosmético. Suas indiscutíveis propriedades anti-sépticas, bactericida, cicatrizante, anti-tóxicas, emolientes e revitalizantes são exploradas pela cosmética na composição de produtos para o tratamento da pele. Além do uso como cosmético, utiliza-se em massagens corporais ou na água da banheira, para um banho de duplo efeito: cosmético e aromatizante (Craveiro et al, 1993).

**Aromatizante:** Os óleos essenciais servem para conferir aromas especiais a inúmeros produtos industriais, dentre os quais se destacam perfumes, xampus, cremes, loções, sabonetes, sabões, desodorantes, cosméticos em geral, repelentes de insetos, incensos, alimentos, entre outras aplicações ( Craveiro et al, 1989).

**Alimento:** Os óleos essenciais são usados em larga escala nas indústrias de sorvetes, doces, gelatinas, pudins, gomas de mascar, condimentos e conservas. Em alimentos preparados como: saladas temperadas, licores, drinques leves. As comidas convenientes e congeladas podem ser aromatizadas através do uso racional de óleos essenciais (Pireneau et al, 1991).

**Combustível Vegetal:** A copaíba e andiroba são grandes produtoras de óleos essenciais e óleos fixos que se prestão como combustível. Outro exemplo é o cultivo nacional da mamona, do dendê e várias sementes oleaginosas amazônicas para esta finalidade (Carreira et al, 1982).

**Produto Farmacêutico:** A arte de curar atravessou numerosas fases, no entanto essas fases não se sucederam com separações nítidas e até hoje, na era dos antibióticos ainda se encontra com considerável frequência os recursos a rezas e invocações para expulsar as enfermidades.

Nestes cem anos, ocorreu uma multiplicação dos fármacos sintéticos, muitos deles ocupam prateleiras das farmácias. No entanto um total de cerca de duzentas substâncias ativas seria suficiente para cobrir as necessidades de profilaxia e de tratamentos das doenças suscetíveis à ação dos quimioterápicos e, destas, 20 , ou seja 10%, ainda hoje são de origem vegetal.

O custo elevado dos medicamentos industrializados, o qual torna impossível a compra dos mesmos pela maior parte da humanidade, é causado pelo elevado custo das pesquisas à descobertas de novos medicamentos, onde as quais requer uma dispendiosa organização de ensaios farmacológicos destinados a comprovar a eficácia do remédio, bem como a ausência de toxicidade e de efeitos colaterais indesejavéis. Estes últimos aliás, nem sempre são evitados, e como consequência tem-se elevados gastos com os tratamentos dos chamados males iatrogênicos, ou seja, doenças causadas por medicamentos.

Foi neste contexto que cresceu uma tendência generalizada de retorno a fitoterapia - tratamento de doenças com plantas. Com ou sem estímulo oficial, o uso de plantas como medicamento encontra-se em ascensão. Entretanto o que falta na maioria dos casos é uma avaliação científica das virtudes propaladas. O campo ainda é bastante confuso e controvertido, envolto numa aura de misticismo que dificulta uma apreciação objetiva, tendo como consequência à perda da perspectiva científica.

Uma avaliação da correspondência entre a reputação e a eficácia de uma planta medicinal é relativamente fácil quando há um efeito farmacológico bem definida. Esse é o caso da casca da quina, o ópio da beladona, e de diversas outras plantas com propriedades abortivas, laxantes, diuréticas, sedativas e estimulantes. As informações populares, no entanto, abrangem toda uma gama de qualificações, que vão desde indicações muito precisas e corretas até as mais vagas e improváveis, sem falar das indicações contra males que simplesmente não existem.

No caso das plantas com indicações precisas, obteve-se seus princípios ativos identificados. Dentre elas, existem muitas, como as que apresentam propriedades anti-helmínticas, por exemplo, a erva - de - santa maria ou mastuco (Chenopodium ambrosioides), que força a eliminação de vermes graças ao escaridol existente em suas folhas, as sementes de abóbora (Curubita pepo) encerram cucurbitina, um aminoácido não protéico que é tóxico para os helmintos intestinais, e o leite de gomeleira (Ficus doliaria) literalmente digere os vermes, graças a suas propriedades proteolíticas.

Pelo menos uma entre as muitas drogas hipoglicemiantes ( que reduzem a taxa de glicose no sangue) usados por diabéticos tem sua substância ativa identificada.. É a pedra - Humeçaá (Myrcia uniflora), em cujo decocto a equipe do Núcleo de Pesquisa de Produtos Naturais ( NPPN) da Universidade Federal do Rio de Janeiro ( UFRJ), identificou um glicopeptídeo que inibe a absorção da glicose pelo intestino. Sabe-se ainda de outros tantos vegetais com efeitos comprovados, mais cujo princípio ativo é até hoje desconhecido.

Existem inúmeras dificuldades a superar no estudo sério dos fitoterápicos. Elas começam pela identificação correta das plantas, com a indispensável assistência dos botânicos sistematas. Não se pode esquecer a possível influência da época da coleta e um eventual efeito prejudicial do armazenamento.

Cuidados especiais se impõem diante de informações de pessoas sem instruções, embora de boa fé. Há ainda as informações deliberadamente falsas e a desconfiança que demonstram os indivíduos envolvidos no comércio de drogas vegetais, reticentes nas suas informações devido ao medo que lhe insipa na suspeita de fiscalização. Finalmente, é preciso levar em conta o efeito placebo, de medicamentos inertes que graças à sugestão produzem no paciente efeito real ou aparente.

À medida que os homens se “civilizam”, cessa gradualmente seu contato com a natureza e novas observações empíricas tornam-se cada vez menos prováveis. No entanto, o distanciamento entre nossa cultura moderna e a medicina tradicional não é irreversível, como o demonstra a grande aceitação dos medicamentos vegetais quando oferecidos ou apregoados.

Nessa nova corrida para as plantas medicinais, existe o perigo de o pêndulo oscilar demais para o lado da fitoterapia empírica. Uma prova disso são os numerosos “chás” que ultimamente vêm sendo postos à venda sem o conhecimento dos efeitos prejudiciais que possam acarretar. O que falta, evidentemente, é um estudo científico aprofundado baseado numa abordagem interdisciplinar. Botânicos, Antropólogos, Farmacólogos e Químicos precisam ser mobilizados para trabalhar em conjunto, e não isolados, como vem ocorrendo (Mors, 1982).

As plantas medicinais em uso precisam ter evidenciada sua real eficácia, é preciso que se estude a suposta sinergia, ou mútua potencialização, dos seus constituintes químicos, e que se comprove a pretensa variedade de efeitos de uma mesma droga. Faltam pesquisas também sobre os riscos toxicológicos potenciais.

O Brasil possui competência em todas as áreas relacionadas com estes estudos, o que falta é uma integração dos cientistas numa ação firme, coerente e coordenada. Tendo como resultado uma redução dos custos assistenciais, oferecendo alternativas de tratamentos acessíveis e adequadas ao nível cultural dos beneficiários.

## 2.1.6 - Importações de Óleos Essenciais.

Devido ao vasto campo de aplicabilidade dos óleos essenciais para as indústrias e laboratórios como matéria - prima para a produção de numerosos produtos, e através de avaliações das importações dos mesmos, pode-se verificar a importância comercial do mercado dos mesmos para o Brasil.

Diante da sua necessidade o Brasil importa óleos essenciais e seus principais constituintes para atender à demanda das indústrias de cosméticos, alimentos e farmacêuticas no país (Tabelas A.2 e A.3 - Apêndice A). Na tentativa de substituir estas importações por óleos essenciais produzidos no país, deve-se demonstrar a nossa capacidade de suprir a demanda com óleos essenciais similares, pelo menos no que se relacione ao componente principal.

A região Nordeste em relação entre aumento de produtividade/insolação coloca-se em posição privilegiada para esse tipo de exploração agrícola, tendo em vista que a média de insolação na região é de 300 dias/ano. No entanto, existe a preocupação para o estudo no sentido de que plantas poderiam ser utilizadas para a produção de óleos essenciais equivalentes aos que são importados e que sejam adaptáveis as condições de água e solo para a sua cultura, não deixando de avaliar o investimento necessário para garantir o uso da terra e o trabalho agrícola, que é muito menor do que no sul do país, onde esta atividade tem se tornado praticamente inviável pelo alto custo da terra e elevado valor de salários.

As Tabelas A.4 a A.7 (Apêndice A) apresentam plantas da região Nordeste que poderiam ser selecionadas para a produção de óleos essenciais ricos em eugenol, cineol, timol e anetol, que seriam utilizados como sucedâneos nacionais daqueles importados pelas nossas indústrias.

A Tabela A.8 (Apêndice A) apresenta uma seleção extraída das opções apresentadas nas Tabelas A.4 a A.7 (Apêndice A). O critério de seleção baseou-se na escolha preferencial de plantas que já são cultivadas ou, em caso contrário, de plantas cultiváveis.

A inclusão de plantas que sintetizam óleos essenciais ricos em bisabolol, produto que não aparece na lista de importação, se deve ao fato de que este composto vem sendo, ultimamente, incorporado a preparações de cosméticos, graças as suas propriedades anti- inflamatórias (Craveiro et al, 1989).

## 2.1.7 - A Química Inovadora - Química dos Óleos Essenciais.

De vegetais como a mamona, o dendê e o milho estão saindo plásticos, engrenagem, combustíveis e até órgão artificiais do corpo humano. No Brasil o trabalho do Químico Gilberto Chierice da Universidade de São Paulo - USP- proporciona uma grande perspectiva aos estudos científico neste campo.

O estudo para um avanço e progresso da química inovadora tem com objetivo substituir uma fonte exclusiva das matérias - primas com que se fazem extraordinárias substâncias artificiais, que é o petróleo. Entretanto, as plantas contém óleos que, transformados de maneira adequada, produzem substâncias equivalentes às antigas. E com grandes vantagens, pois encontra-se grandes problemas derivados do petróleo, dentre eles, a poluição, além do fato de existir em quantidade limitada, enquanto os vegetais podem ser indefinidamente colhidos e planta-

dos. Isso explica o entusiasmo e o crescimento dos estudos pelos pesquisadores com a chamada "Química Verde".

O estudo dos Químicos Wagner Polito e Gilberto Chierice - USP - concentra-se, em especial na mamona de onde saíram mais de 600 produtos diferentes. Nos aviões, por exemplo, dentre estes, eles são empregados na produção de estofos para as poltronas. Sua vantagem é a segurança, pois não queima com facilidade e quando isso ocorre não libera gases tóxicos.

Nos países desenvolvidos os derivados dos óleos de mamona são usados para fazer espumas anti-ruído, instaladas por força de lei sob carpetes dos veículos. Por outro lado, na Europa e nos Estados Unidos a lei exige que os pára-choques e boa parte do revestimento interno de carros e caminhões sejam fabricados de plásticos poliuretano de origem vegetal.

Em futuro próximo, resinas poliuretanas vegetais, boas isolantes térmicas, ocuparão lugar de destaque em câmaras frigoríficas e geladeiras brasileiras. Elas devem substituir o atual sistema à base de gás Cloro Fluor Carbono - CFC e, podem desbancá-lo como componente das pranchas de surfe.

Esta fonte alternativa que muito cientistas químicos vem lutando para o seu desenvolvimento, não só conquista a simpatia dos defensores do meio ambiente, como alerta os agricultores da existência de um florescente mercado.

Em diversos países, como a França ou os Estados Unidos, a nova tecnologia já saiu dos laboratórios para as indústrias. No Brasil embora mais lentamente, há um avanço incipiente; por exemplo, na medicina, onde fazem sucesso os biopolímeros, substâncias de origem vegetal e grande plasticidade. Eles são alternativas promissoras para as próteses metálicas. No hospital Amaral de Carvalho, em Jaú -SP- estão em teste peças auxiliares na cirurgia plástica de dutos vaginais e em prótese de testículos extirpados. Um trabalho realizado pela equipe de São Carlos em convênio com o IMC - Instituto de Moléstias Cardiovascular de São José do Rio Preto - SP, resultou em filtros para hemodiálise e bombas extracorpóreas para filtragem do sangue. Em São Paulo o hospital Universitário da USP está analisando lentes para serem implantadas, no lugar das acrílicas após cirurgias de cataratas. De biopolímeros, também são feitos lentes de contato mais flexíveis e bem mais aceitáveis pelo organismo que as usuais: não irritam tanto os olhos nem precisam ser retiradas quando se vai dormir ou nadar.

É surpreendente como se podem moldar engrenagens tão duras quanto as de metal a partir do mesmo óleo com que se fazem assentos estofados dos aviões ou lentes de contatos. Ainda mais surpreendente é verificar o inesperado potencial de uma planta como a cana, cuja riqueza poderia parecer limitada ao álcool e ao açúcar. Tanto a cana - de - açúcar quanto a beterraba podem seguir até quatro grandes rotas químicas, as quais acabam se traduzindo em plásticos, tecidos, filmes, espumas, adesivos, explosivos, borrachas sintéticas, solventes, inseticidas.

O Químico Gilberto Chierice explica que a chave para conseguir artefatos tão diferentes está nas fórmulas que os químicos empregam para misturar moléculas, que podem ser de dois tipos: os polióis, em primeiro lugar, que são substâncias orgânicas que contêm diversas duplas de átomos, cada uma delas formada por um oxigênio e um hidrogênio. As outras moléculas essenciais são os prepolímeros, cuja estrutura contém em vez de duplas, trios de átomos, cada trio compos-

to de um nitrogênio, carbono e um oxigênio. Dependendo da quantidade de polioliol e prepolímero que se mistura, se obtém um tipo diferente de substância. E o mais interessante é que polióis e prepolímeros podem ser produzidos com materiais extraídos de qualquer planta que tenha semente; estão incluídas, portanto, desde uva e café até soja, dendê, babaçu, girassol, algodão e mamona (Dieguez & Affini, 1991).

Diante das consequências originadas do uso do petróleo como matéria - prima para produção de uma grande quantidade de produtos, como o problema da poluição que desenham uma negra perspectiva para o futuro, não seria má idéia se os governos acenassem com luz verde para a química das plantas. Bem provido de recursos humanos e financeiros, ela poderia impulsionar a indústria de transformação a um novo saldo de qualidade.

## **2.2 - Processos de Obtenção dos Óleos Essenciais.**

Uma vez que os óleos essenciais não são substâncias puras e sim misturas, os mesmos são extraídos das plantas por diferentes processos, dentre eles tem-se : Destilação a vapor e Extração com solvente.

### **Destilação a vapor**

O processo de extração por destilação a vapor geralmente é aplicado a todas as essências, obtendo bom rendimento e essência de boa qualidade. A extração pode ser feita com vapor úmido e vapor seco.

A destilação com vapor úmido, processa-se em uma caldeira de destilação com prato perfurado, sobre o qual se põe a matéria a destilar. Coloca-se a água pela parte superior da caldeira onde a mesma fica quase cheia, sendo portanto fechada. A água entra em ebulição, mediante calor, e o vapor gerado pela vaporização da água arrasta a essência através de um conduto passando por uma serpentina, condensando a mistura óleo - água. O óleo e a água se encontram separados devidos a diferença de densidade. Facilitando assim a remoção da essência, através de separadores adequados.

A destilação a vapor seco é efetuada exclusivamente com o vapor d'água proveniente da caldeira, que passa através da matéria que se encontra sobre o prato perfurado de um recipiente, que não a caldeira, arrastando a essência que vai condensar em uma mistura de óleo - água, efetuando em seguida a separação . Em uma destilação a vapor seco o material antes deve ser cortado, quebrado ou raspado.

Os principais fenômenos que ocorrem na hidrodestilação são: hidrodifusão, hidrólise de certos componentes dos óleos essenciais e a decomposição ocasionada pelo calor, os quais apresentam os seguintes efeitos:

No processo da hidrodifusão à temperatura de ebulição da água , uma parte do óleo volátil dissolve-se na água presente dentro das células. Esta solução óleo-água atravessa, por osmose, as membranas, e por fim alcança a superfície exterior, onde é vaporizado pela ação do calor.

A velocidade de vaporização do óleo na hidrodestilação, é influenciada não somente pela volatilidade do óleo componente, ou seja, pela diferença em seus pontos de ebulição, mas também pelo seu grau de solubilidade em água.

A hidrólise é definida como uma reação química entre a água e certos constituintes dos óleos essenciais. Os produtos naturais consistem particularmente, e em alguns casos quase que exclusivamente, em ésteres. Em presença de água, e a elevadas temperaturas, os ésteres tendem a reagir com a água, resultando o ácido e o álcool correspondentes.

As reações não são completas em quaisquer dos sentidos. Começando com éster e água quente, somente uma parte do éster reage, até que o equilíbrio seja estabelecido, encontrando-se presente no sistema éster, água, álcool e ácido. Igualmente, se, no princípio do sistema, tem-se álcool e ácido, todos os quatro constituintes acham-se presentes quando o equilíbrio é estabelecido. Relacionando as concentrações dos diversos constituintes o equilíbrio pode ser escrito:

$$K = \frac{X_{alcohol} \times X_{acido}}{X_{ester} \times X_{agua}} \times \frac{\gamma_{alcohol} \times \gamma_{acido}}{\gamma_{ester} \times \gamma_{agua}} \quad (01)$$

$K$  = valor constante a uma temperatura fixa

$X_{alcohol}$  = fração molar de álcool no equilíbrio

$X_{acido}$  = fração molar de ácido no equilíbrio

$X_{ester}$  = fração molar de éster no equilíbrio

$X_{agua}$  = fração molar de água no equilíbrio

Conseqüentemente, se o aumento de água, por conseguinte de sua fração molar, é acentuado, o aumento de álcool e ácido também é acentuado, e a hidrólise se processará em considerável grau. Disto resulta que o rendimento do óleo essencial sofrerá um decréscimo.

O terceiro fenômeno importante que acompanha a destilação é a influência da temperatura sobre os óleos essenciais, que sempre varia com a pressão de operação. Ela é baixa no começo porque os constituintes voláteis de baixo ponto de ebulição dos óleos essenciais vaporizam-se primeiro. Quando os de alto ponto de ebulição começam a predominar nos vapores, e a quantidade de óleo vaporizado existente na mistura de vapores decresce, a temperatura gradativamente aumenta, até atingir a saturação do vapor à pressão de trabalho.

Praticamente todos os constituintes dos óleos essenciais são instáveis a altas temperaturas. A fim de obter óleo de melhor qualidade, é necessário que durante a destilação sejam mantidas baixas temperaturas, e no caso da necessidade do uso de altas temperaturas, utiliza-se o menor tempo possível de extração. No caso do processo úmido a temperatura é determinada inteiramente pela pressão em que se opera.

Os efeitos da difusão, hidrólise e decomposição térmica devem ser consideradas separadamente; entretanto na prática todos os três efeitos ocorrem simultaneamente, e portanto acham-se frequentemente relacionados. É particularmente importante o efeito da temperatura. A velocidade de difusão, pode ser usualmente aumentada pelas altas temperaturas. A solubilidade dos óleos essenciais em água, em muitos casos também pode ser aumentada pelas altas temperaturas. Uma completa análise dos vários fatores a considerar na destilação leva-se a um estudo, que através do mesmo melhores controles possam ser estabelecidos, obtendo nestas condições melhor qualidade e maior rendimento do óleo.

Para instalação em pequena escala, particularmente unidades portatéis, a destilação úmida oferece vantagem de simplificação de aparelhagem. Em larga escala e instalações fixas, a destilação a seco, oferece melhores vantagens.

Para obtenção dos óleos essenciais de alguns tipos de planta ou órgão delas, a destilação a vapor não é indicada, uma vez que as substâncias contidas nelas decompõe-se pela ação do vapor, obtendo como resultado uma produção insuficiente e óleo de baixa qualidade. Nestes casos outros métodos são indicados como: enfleuragem, maceração, extração com solvente (Coimbra et al, 1965).

### **Extração com solvente**

O método da extração com solvente foi aplicado em flôres pela primeira vez em 1853 por Robiquet. Mais tarde Buchner e Favrot experimentaram, independentemente, o processo de extração de flôres com éter dietílico. Around ( 1856) e Millon extraíram óleo de flôres com diversos solventes e obteve patentes para seus aparelhos em diversos países da Europa. Em breve o novo método atraiu a atenção dos manufatureiros do sul da França, e em larga experimentações foram conduzidas independentemente por diversos operadores da indústria, como Piver, Vincent, Roure, Massignon, Chiris, Charabot e Garnier. O último obteve patente para um novo tipo de extrator rotatório e estendeu suas atividades do sul da França à Bulgária, Síria, Egito e Grã-Bretanha. Finalmente os manufatureiros de óleos de flôres foram forçados a adotar o processo de solvente volátil, e construírem aparelhagem especial a fim de adaptar suas instalações que eram para o processo de enfleuragem.

A extração com solvente processa-se colocando a matéria - prima dentro de extractores de construção especial e extraídas sistematicamente em temperaturas adequadas, com um solvente cuidadosamente purificado, usualmente éter de petróleo. O solvente penetra nas plantas e dissolve-lhes o seu perfume ( odor ) natural e também sempre alguma cêra, albuminoídes e matérias corantes. Esta solução é bombeada para um evaporador e concentrada a baixa temperatura. Completa-se o afastamento do solvente pela evaporação no vácuo, obtendo óleo concentrado (Coimbra et al, 1965). O fator importante para o êxito do processo de extração é a qualidade do solvente empregado. O solvente ideal deve possuir as seguintes qualidades.

- Seletividade;

- Possuir um ponto de ebulição suficientemente baixo para permitir sua fácil recuperação, sem se recorrer a altas temperaturas; entretanto o ponto de ebulição não deve ser muito baixo, dadas as consideráveis perdas de solvente em localidades em que o clima é muito quente;

- Insolubilidade. Baixa solubilidade em água, mesmo em temperatura elevada;
- Estabilidade;
- Apresentar ponto de ebulição uniforme, quando evaporado, não deve deixar resíduo e, não inflamável.

O solvente ideal que preencha todas as exigências requeridas, não existe. Considerando cada fator, o éter de petróleo altamente purificado apresenta-se como o melhor, seguido do benzeno de uso limitado pela sua toxicidade. Os óleos essenciais extraídos com solventes possuem o seu odor exatamente igual ao que estão nas plantas vivas (Vogel, 1971).

A mistura de solventes é um problema com o qual se tem feito pequenas experiências, mas com promissores e interessantes resultados. Comparando-se solventes puros com misturas de solventes, encontrou-se variação (aumento ou diminuição) no poder dissolvente. Muitos trabalhos experimentais têm sido tentados.

Apesar de certas vantagens que o processo por extração com solvente apresenta, não se pode deslocar inteiramente a destilação a vapor, pois o mesmo é um processo muito fácil de executar por empregar caldeiras a fogo direto, sendo portanto de grande simplicidade; ao passo que a extração com solvente emprega uma aparelhagem bem mais complicada. Um pequeno engano na operação da extração a solvente pode sair muito caro; uma inevitável perda de solvente é um fator importante no cálculo do preço dos óleos essenciais.

#### **Solventes utilizados nas extrações.**

Dentre os solventes mais utilizados no processo de obtenção de óleos essenciais por extração com solvente, têm-se:

#### **Éter de petróleo**

O petróleo cru, pela destilação fracionada, fornece elevado número de hidrocarbonetos com diferentes pontos de ebulição. As frações cujo ponto de ebulição está compreendido na faixa de 30 - 70 °C, são comercialmente chamados de éter de petróleo, sendo constituídas de parafinas, principalmente pentano e hexano. Devido a sua inatividade química e completa volatilidade, estas frações são particularmente escolhidas para extrair óleos (Vogel, 1971).

O éter de petróleo é purificado por lavagem com ácido sulfúrico concentrado, água, solução quente de hidróxido de sódio diluído, água, e por fim secado. Recomenda-se repetir a lavagem com ácido sulfúrico monidratado, seguindo-se uma lavagem com solução alcalina de permanganato de potássio e lavagem com água. Quando o éter de petróleo é testado para uso em trabalhos de extração, deve-se prestar especial atenção para a presença de algum resíduo não volátil.

Apesar do éter de petróleo ser o melhor solvente a ser usado na extração o mesmo apresenta algumas desvantagens como: perda de solvente relativamente alta no curso do processo de extração; no que se refere ao poder seletivo de dissolução; é altamente inflamável e de manejo perigoso (Coimbra et al, 1965; Vogel, 1971).

## Benzeno

Depois do éter de petróleo, o benzeno é largamente usado na extração de óleos. É um produto derivado do alcatrão do carvão mineral, pelo tratamento e purificação da nafta com ácido sulfúrico e subsequentemente com hidróxido de sódio. As frações abaixo de 130 °C contêm diminutas quantidades de hidrocarbonetos benzênicos, e são compostos principalmente de benzeno, tolueno e outros homólogos. O "benzol" industrial frequentemente contém bissulfeto de carbono, piridina e tiofeno que podem ser removidos pelo tratamento com ácido sulfúrico concentrado, água e solução de hidróxido de sódio. A fim de eliminar frações homólogas de ponto de ebulição elevado, assim como uma completa purificação, executam-se cristalizações sucessivas. Assim, o benzeno puro, de ponto de fusão 5.5 ° C, é obtido por resfriamento, permanecendo líquidos abaixo desta temperatura os seus homólogos mais elevados, que são separados por filtração a vácuo, ou outro método.

Comparando-o com o éter de petróleo, o benzeno usualmente extrai maior teor de sólidos, pois seus extratos possuem alto teor de cêra, albuminóides e matéria corante. Os rendimentos obtidos pelo benzol e pelo éter de petróleo são praticamente iguais. O benzeno apresenta, portanto, um inconveniente devido ao seu alto poder dissolvente, extraíndo não somente os principais odores das plantas, como também cêras, albuminas e matérias corantes. Os óleos obtidos pelo benzeno são escuros, altamente viscosos, sendo de difícil purificação por exigir processos especiais.

## Álcool

O álcool etílico não pode ser usado na extração de óleos essenciais das plantas, devido a sua elevada polaridade e pela sua capacidade de solubilizar a água contida nelas, tornando-se ainda mais polar e conseqüentemente extraíndo menor quantidade de óleo. Em algumas plantas o álcool desenvolve um odor desagradável; para outras ele dá um extrato escuro ou uma massa gelatinosa que possui um odor semelhante ao melão.

Álcool etílico destilado ou misturas hidroalcoólicas são muito empregados em extrações de produtos naturais nas obtenções de extratos de: folhas, cascas, raízes e especialmente gomas (resinas), de plantas medicinais, com o objetivo de produzir tinturas alcoólicas. Estas tinturas têm grande aplicação em farmácia e perfumaria.

Pela concentração destas tinturas, usualmente por secagem do álcool em caldeiras á vacuo, resulta os chamados óleo - resinas e resinóis. Estes produtos são usualmente viscosos, frequentemente quase sólidos, de cor escura, representando os principais odores. Resinóides são muito empregados em perfumaria, e óleo - resinas para dar odor em muitas espécies de produtos alimentícios e bebidas.

Conclui-se que o éter de petróleo é preferido para extrair a maior parte dos óleos, e e que, o benzeno serve no caso em que a planta a tratar seja de baixo valor, onde a presença de matéria corante não é considerada como fator de desvalorização (Coimbra et al, 1965).

### 2.3 - Umidade das plantas

A água, constituinte de todas as células, varia de acordo com o tecido da planta, podendo apresentar baixo teor 3%, atingir 40% e até mesmo 95%. Ela é o sistema solvente da célula, e fornece um meio para os transportes, dentro da planta. Além disto, é necessária para a produção de novos compostos.

Uma simples perda de água faz paralizar o crescimento da planta, e a sua deficiência continuada provoca alterações irreversíveis, resultando na sua morte. Isto pode ocorrer, sob condições de calor e de seca, nas plantas que não estão estruturalmente adaptadas para impedir a sua perda. Durante seu crescimento a planta absorve água do solo, continuamente, e a expela através da transpiração. A taxa de perda de água depende da temperatura, da umidade relativa e do movimento do ar.

A água das plantas expressa em unidade de água absorvida, por unidade de matéria seca produzida, variam de 50 (coníferas) até 2500 (nas hortaliças foliáceas). Na maior parte das plantas cultivadas ela varia entre 300 e 1000.

No solo, a quantidade de umidade benéfica para as plantas tem limites definidos, a água em demasia pode ser tão prejudicial quanto a sua insuficiência. O excesso de água, em si mesmo, não é prejudicial, mas é sobretudo a falta de arejamento nos solos alagados que ocasiona prejuízos. O conteúdo de água dos solos pode ser expresso em termos de sua disponibilidade para a planta. O teor de umidade sob o qual ocorre o murchamento irreversível é conhecido como ponto de murchamento permanente. A percentagem de água que se encontra presente depende do solo, mas é relativamente independente da planta. A umidade deixada no solo, mas que não é aproveitada pela planta, é conhecida como água higroscópica e água combinada quimicamente (Janick, 1963).

A retirada da água por evaporação (transpiração) das células da folha estabelece um gradiente de potencial que é transmitido para baixo através da planta e para o solo; a água do solo tende, por isso, a se mover no sentido ascendente ao longo do gradiente. O potencial de água de um tecido ou de um material, como o solo, expressa sua habilidade em permitir a passagem da água a outro tecido ou material a um potencial mais baixo ou estresse de água.

Pelo fato de existir um gradiente de potencial do solo à atmosfera, através da planta, a água dentro da planta está sempre sob alguma tensão ou "estresse", mas o termo "estresse da água da planta" não está relacionado com o termo "estresse" da engenharia, que se refere a forças deformadoras. O "estresse" da água na planta origina-se de duas maneiras distintas, estresse osmótica relacionada com a concentração salina no solo e simples déficit de água resultante da falta de água no solo ou da alta condição evaporativa da atmosfera (Winter, 1984; Paulo, 1993).

Os sintomas do "estresse" interno de água produzidas por estas duas fontes, diferem pelo fato de o estresse induzido por salinidade se manifestar por um engrossamento e escurecimento de tecidos verdes, frequentemente sem murchamento, enquanto o déficit de água pura resulta em murchamento temporário ou permanente, redução na taxa de crescimento, escurecimento da cor da folhagem e às vezes a intensificação de um florescimento ceroso sobre as superfícies das folhas (Winter, 1984).

Parte do óleo essencial dissolve-se na água presente dentro das células ( formando a solução óleo - água onde a mesma alcança a superfície exterior e o óleo é vaporizado) , entretanto o estresse interno da água acarretará uma diminuição na produção do óleo essencial. Por outro lado os óleos essenciais ajudam a planta a se adaptar ao meio ambiente, por isso sua produção aumenta em situações de estresse. Em climas muito quentes, como no deserto de Saara, algumas plantas usam os óleos essenciais para se protegerem do sol. Os arbustos de mirra e olíbano são envoltos por uma nuvem muito tênue de óleos essenciais que filtra os raios do sol e refresca o ar ao redor da planta (Coimbra et al, 1965; Lavabre, 1992).

A água é imprescindível à vida dos vegetais ,pois, através dela obtêm o alimento, não sendo de estranhar que o seu crescimento dependa da quantidade de água de que dispõem. Se a vegetação de uma área é arbórea, arbustiva ou herbácea pode explicar-se basicamente pela quantidade de precipitação que recebe, pois até dentro da mesma espécie as plantas podem modificar sua constituição de acordo com a quantidade de água disponível (Dajoz, 1978).

### 3 - TRABALHO EXPERIMENTAL.

#### 3.1 - Descrição do sistema de extração.

O Sistema de extração foi estudado através dos três modelos projetados E1, E2 e E3 (apresentado na Figura 3.1), desenvolvidos em vidro pirex e compostos das seguintes unidades.

- Condensadores (1)
- Corpos dos extratores (2)
- Balões de aquecimento (3)
- Mantas (4)
- Termostatos (5)
- Periféricos: Sistema de refrigeração (6)
  - Trapes (7)
  - Fonte de energia (8)
  - Funil de separação (9)
  - Rotavapor (10)

##### 3.1.1 - Condensadores

Os condensadores utilizados no sistema apresentado na Figura 3.2, foram do tipo Alihn, vidro pirex e boca esmerilhada (24x40). Tiveram a finalidade de condensar os vapores produzidos pelo aquecimento da mistura ( matéria - prima + água) durante todo processo, o condensado retorna ao corpo do extrator.

Os condensadores apresentaram as seguintes capacidades:

- a) Condensador acoplado ao E1 - C1
  - Capacidade de condensação - 138ml
  - Capacidade de refrigeração - 363,70ml
- b) Condensador acoplado ao E2 - C2
  - Capacidade de condensação - 138ml
  - Capacidade de refrigeração - 363,70ml
- c) Condensador acoplado ao E3 - C3
  - Capacidade de condensação - 138ml
  - Capacidade de refrigeração - 363,70ml

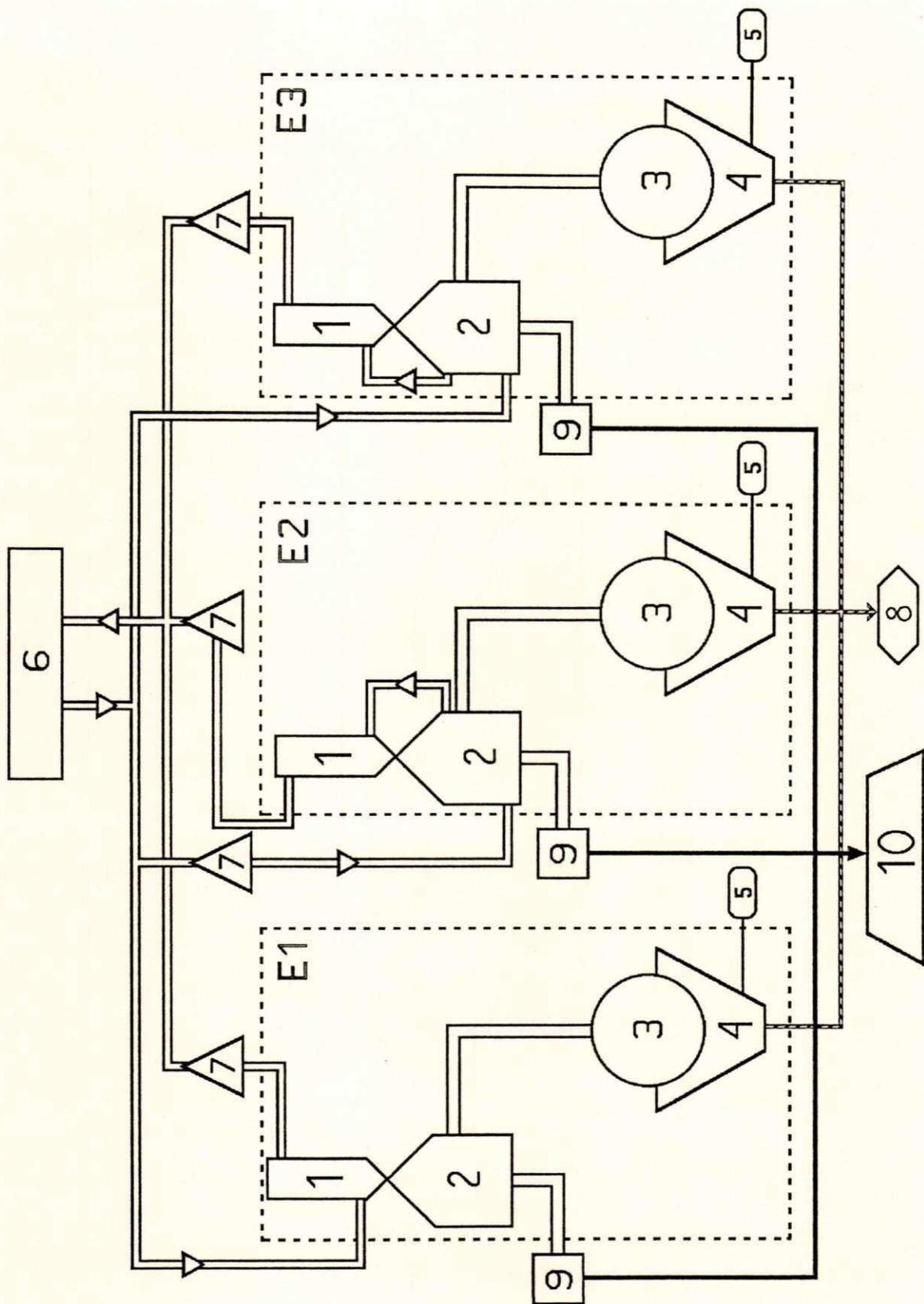


Figura 3.1 - Fluxograma do Sistema de Montagem

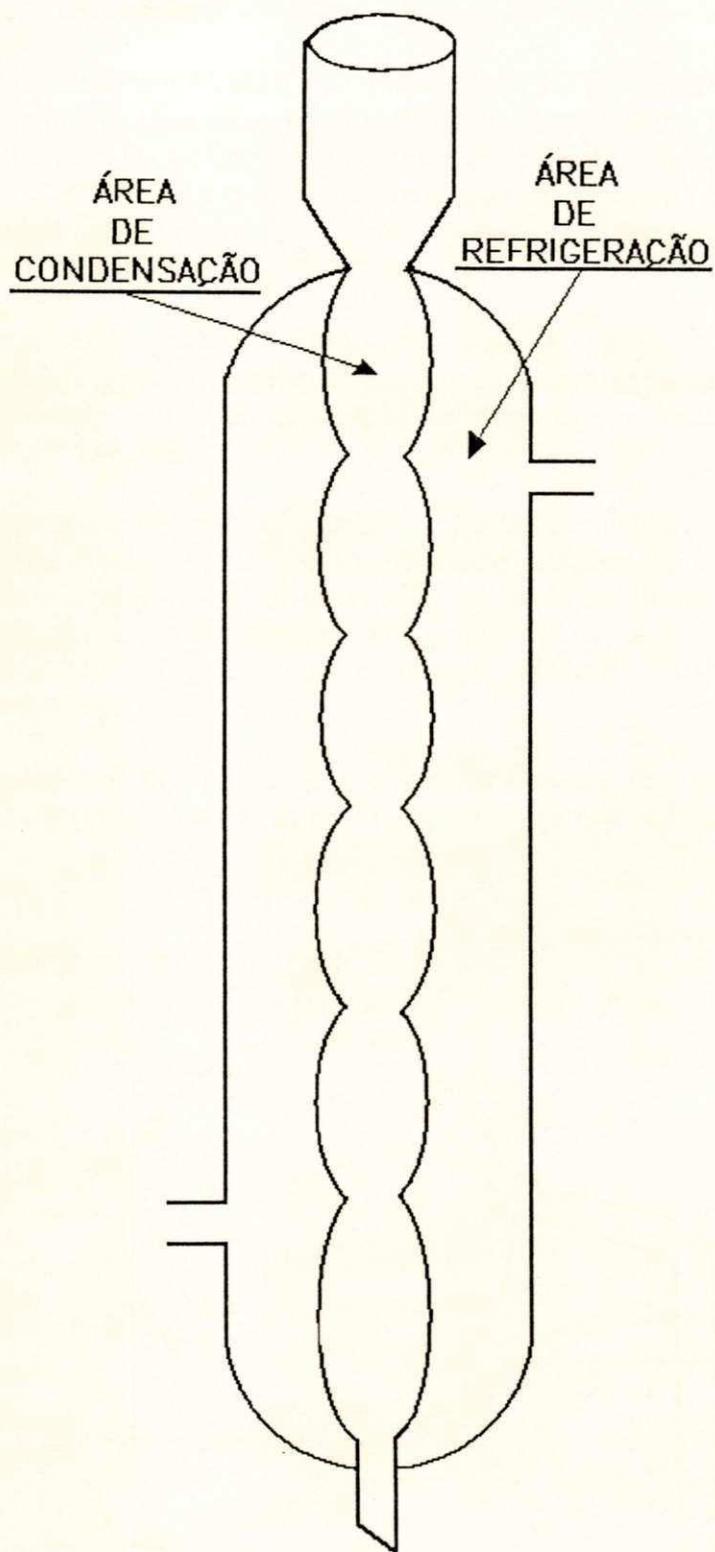


Figura 3.2 - Condensador tipo Alihn

### 3.1.2 - Corpo dos Extratores.

O corpo do Extrator Modelo 1 conforme figura 3.3 apresenta uma forma geométrica esférica enquanto que, os corpos dos Extratores Modelos 2 e 3 conforme figura 3.4 e 3.5, cilíndricas. Os três modelos possuem um tubo de conexão acoplado entre os corpos dos extratores e o balão de aquecimento, através do mesmo sai uma haste conectada a parte inferior dos corpos dos extratores. Este tubo conduz os vapores gerados para os corpos dos extratores.

A haste do extrator consiste em um tubo fino, através da qual os vapores de água condensado retornam ao balão de aquecimento, mantendo desta forma, constante a quantidade de água para produção de vapores, evitando perda de tempo e interrupção de aquecimento.

Aos corpos dos Extratores Modelos 2 e 3 estão acoplados condensadores de forma geométrica cilíndricas, destinados a auxiliar na condensação do vapor que chega nos corpos dos extratores, além de equilibrar o volume de solvente condensados na superfície da água condensada. Os condensadores acoplados aos corpos dos Extratores Modelos 2 e 3 apresentam capacidade de refrigeração de 1532,46 e 442,78ml respectivamente.

A parte inferior dos corpos dos extratores consiste em um tubo fino com uma torneira conectada, através da qual recupera-se o solvente utilizado na extração.

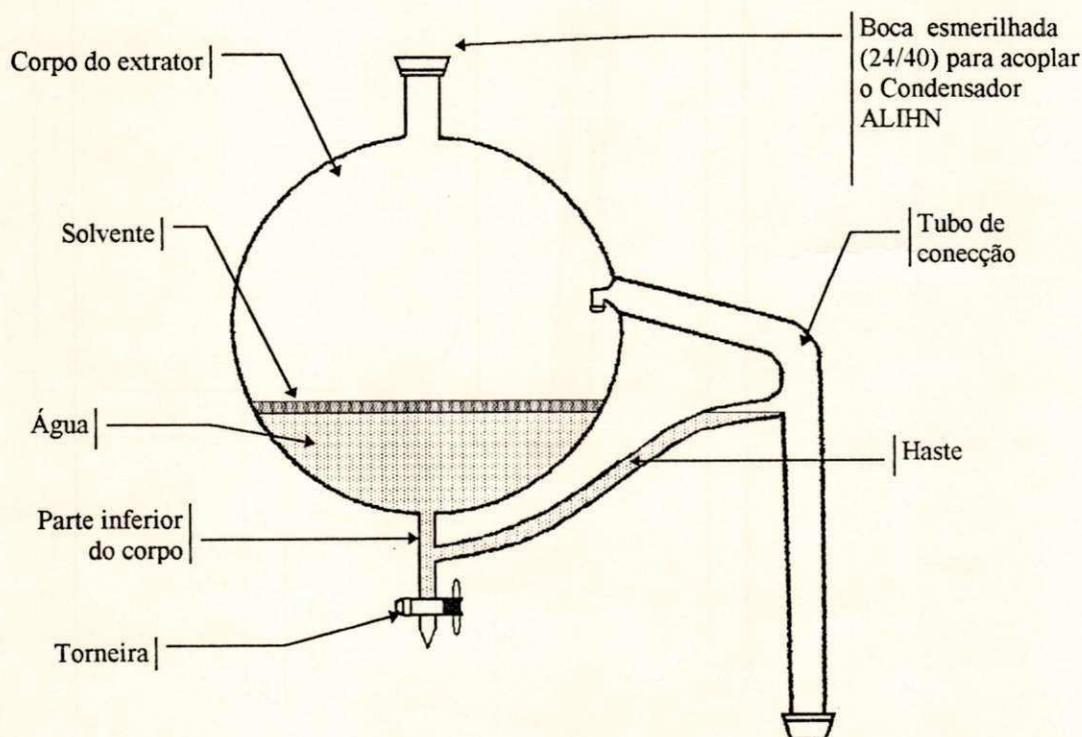


Figura 3.3 - Corpo do extrator modelo 1

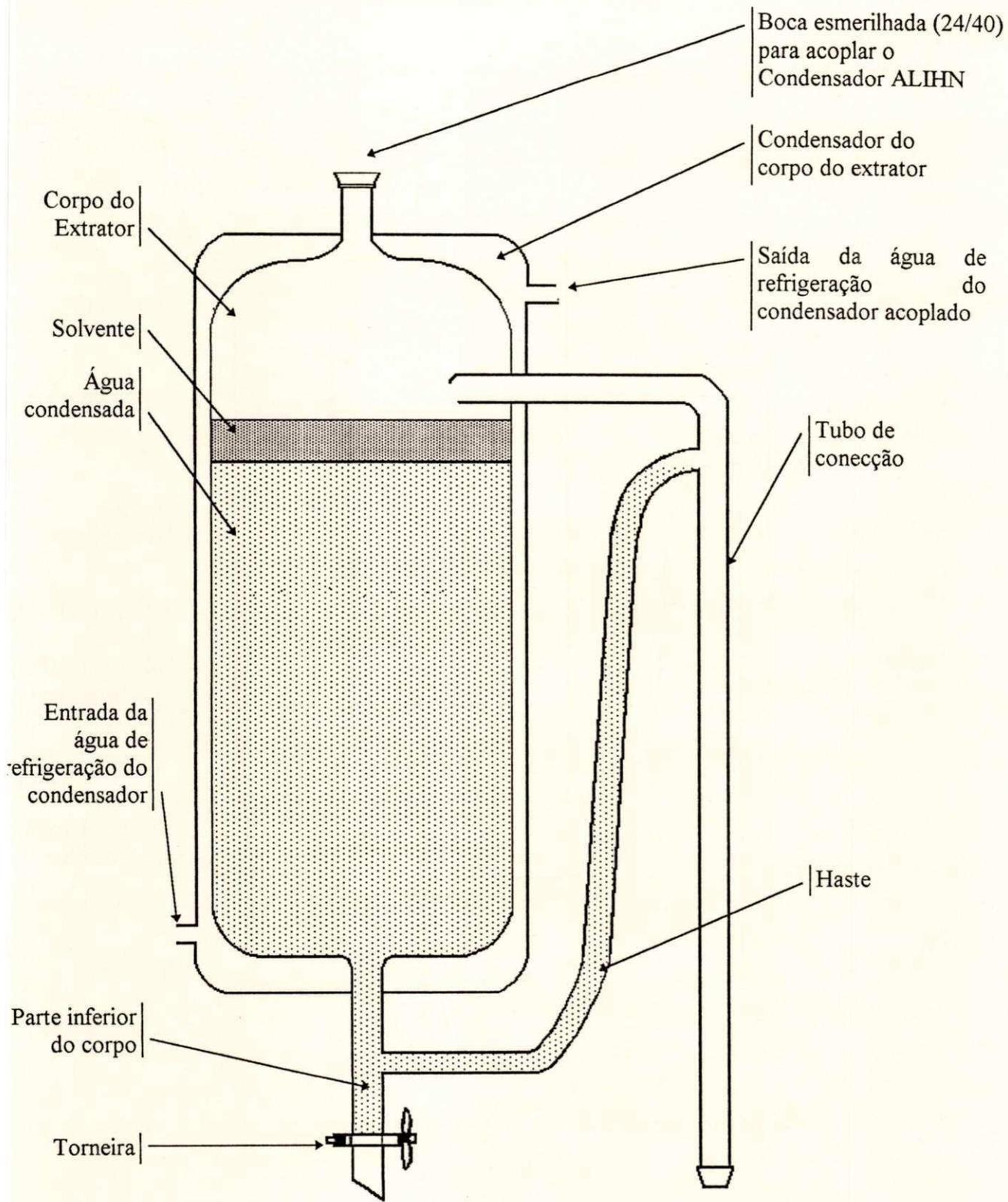


Figura 3.4 - Corpo do extrator modelo 2

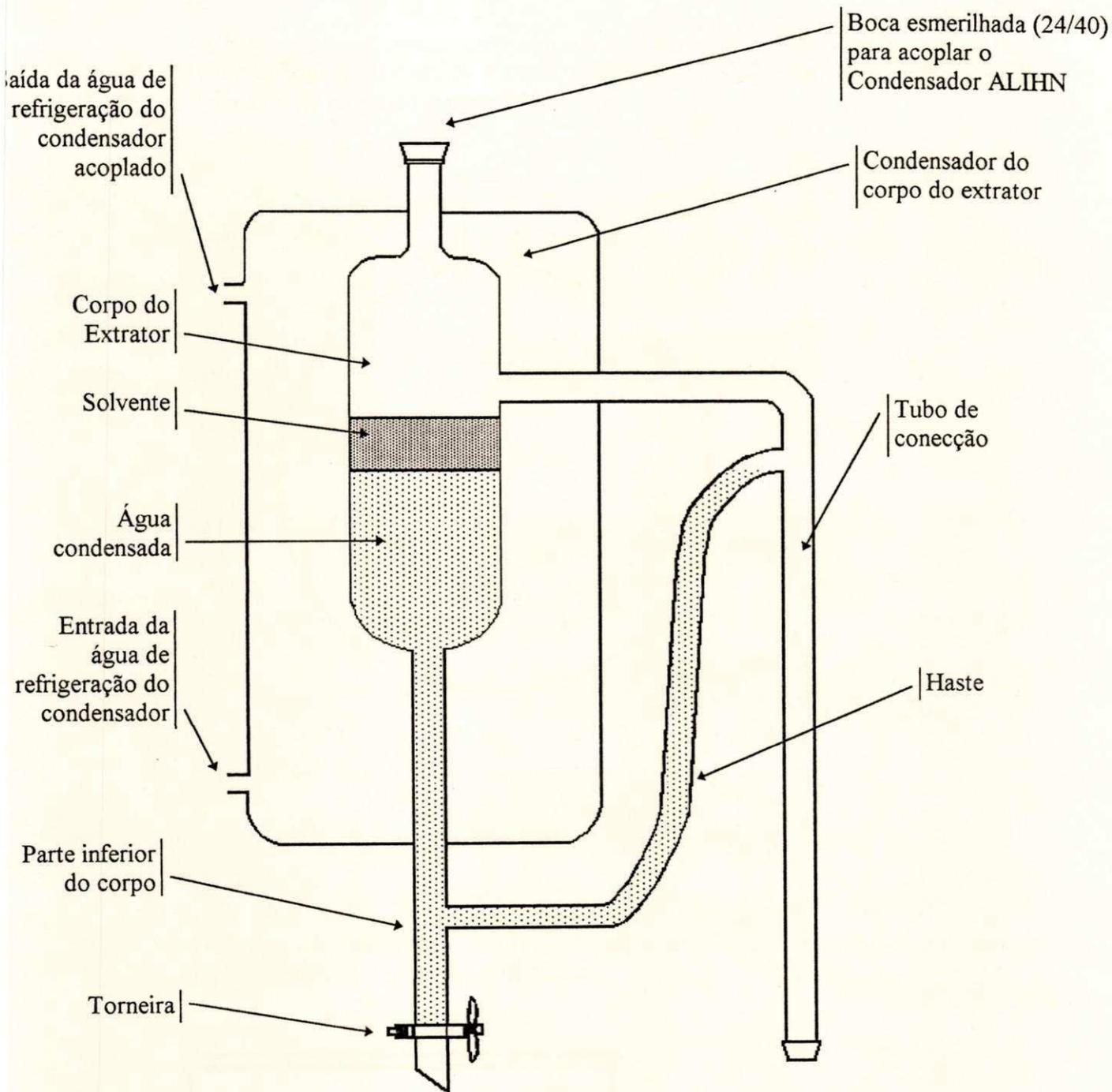


Figura 3.5 - Corpo do extrator modelo 3

### 3.1.3 - Balão de aquecimento.

Os balões de aquecimento utilizados em todos os experimentos foram do tipo fundo redondo com capacidade de 3000ml, destinados a colocar a mistura (matéria - prima + água) a ser aquecida e a geração de vapor.

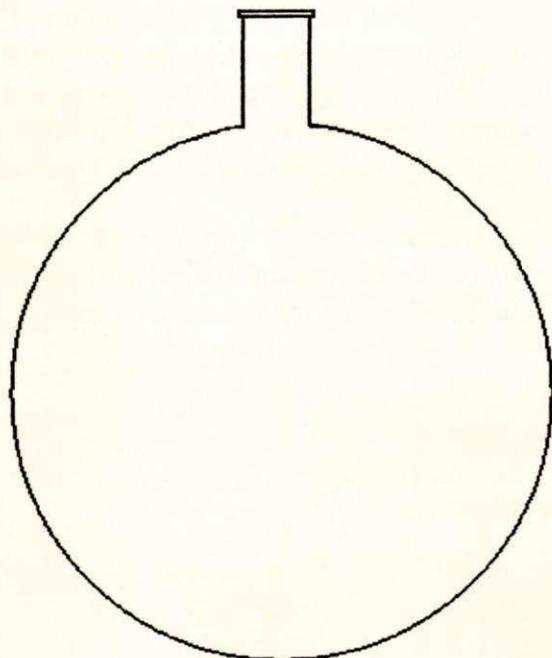


Figura 3.6 - Balão de aquecimento tipo fundo redondo

### 3.1.4 - Manta

O equipamento utilizado como fonte de calor destinado ao aquecimento da mistura, foram mantas de 220V com termostato.

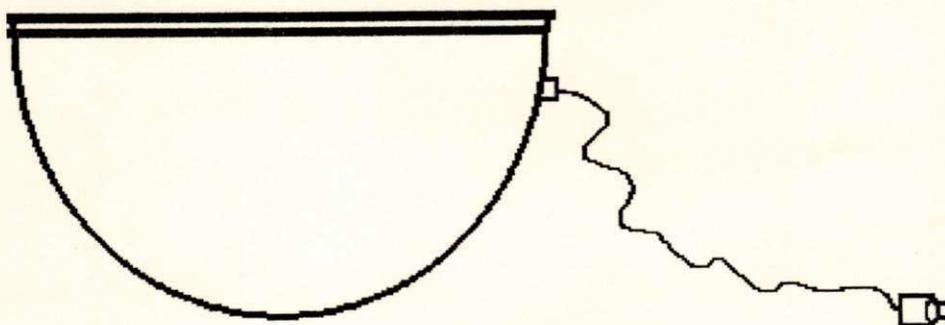


Figura 3.7 - Manta com termostato.

### 3.1.5 - Sistema de refrigeração.

O sistema de refrigeração utilizado neste estudo é o do ciclo por compressão, empregando como fluido ativo o amoníaco. O sistema constituído de um reservatório de água, com duas serpentinas conectadas a um compressor. Na primeira, o fluido ativo é comprimido até se liqüefazer e, no estado líquido é forçado a passar para a segunda, localizada no interior do reservatório de água. Na liquefação, o fluido libera calor que é cedido ao ambiente. Na segunda serpentina no mesmo tempo da fase de compressão da primeira, ocorre uma baixa pressão que permite a evaporação do fluido. Nesta mudança de estado, ela retira calor da água do reservatório, cuja temperatura assim diminui. O retorno de todo o fluido ao compressor dá início a um novo ciclo.

O compressor é um órgão ao qual compete manter a circulação do fluido ativo, constituído de uma bomba, que aspira o fluido evaporado na segunda serpentina e o remete à primeira. Para acionar o compressor, utilizou-se um motor elétrico.

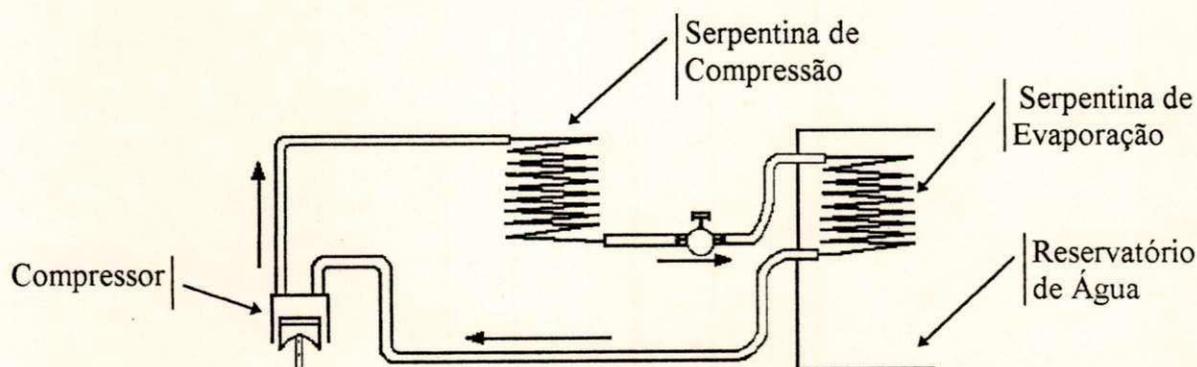


Figura 3.8 - Sistema de refrigeração

### 3.1.6 - Trape

Equipamento utilizado para medir-se a temperatura da água de refrigeração de entrada no sistema, e a temperatura da água de saída de cada condensador acoplado ao três modelos, através de um termomêtro colocado no tubo central.

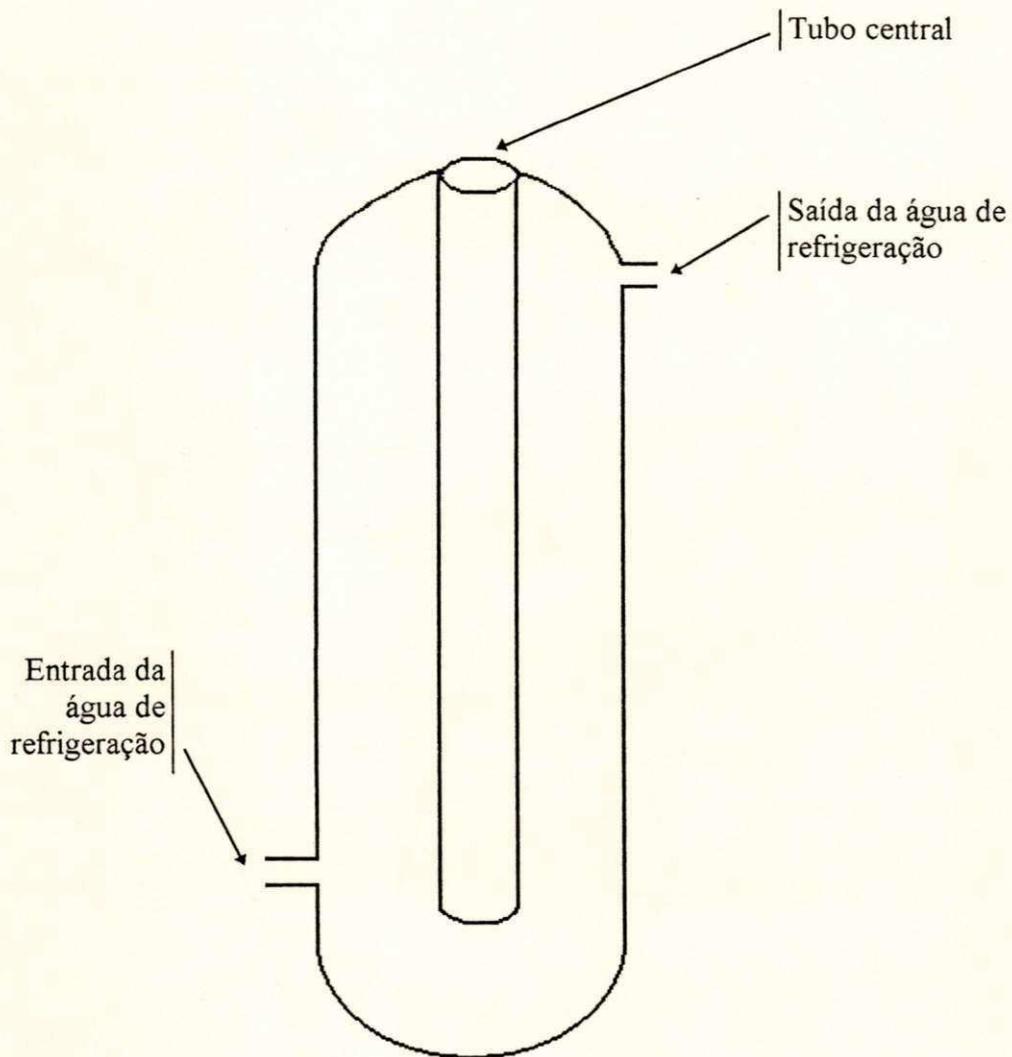


Figura 3.9 - Trape

### 3.1.7 - Fonte de Energia.

O sistema é alimentado por uma tensão de 220 Volts C.A.

### 3.1.8 - Funil de Separação.

Destina-se a separar o solvente da água de condensação coletada no corpo do extrator, ambos não miscíveis e com densidade diferentes, para obter-se apenas o solvente no qual encontra-se o óleo essencial.

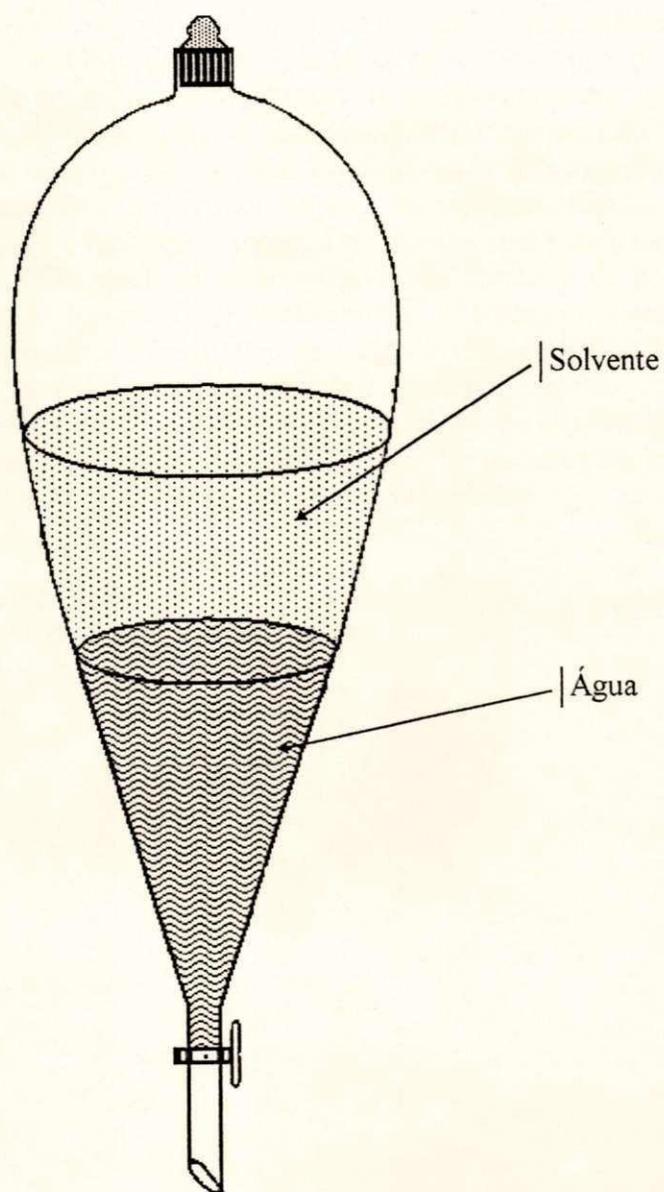


Figura 3.10 - Funil de separação

### 3.1.9 - Rotavapor.

É um evaporador rotativo á vacuo, constituído de um sistema motriz com regulagem eletrônica, banho de aquecimento equipado com aquecimento de imersão e termostato, que permite manter a temperatura constante, balão de evaporação, sistema de refrigeração com condensador convencional de serpentina, balão receptor, alavanca de parada e torneira de parada.

O rotavapor evapora o solvente recuperando-o para o balão receptor e deixa o óleo essencial no balão de evaporação. Este processo ocorre da seguinte forma: liga-se o banho de aquecimento e coloca-se na temperatura desejada, ponto de ebulição do solvente. Quando o banho de aquecimento atingir esta temperatura adapta-se o balão de evaporação, no qual encontra-se o solvente com o óleo, a um tubo de montagem fixa que passa através do sistema motriz. Coloca-se o balão de evaporação e fecha-se a torneira de parada, utilizada para retira do ar. Em seguida baixa o balão de evaporação, através da alavanca de parada no aquecimento de imersão e liga-se o sistema motriz. Com o sistema de refrigeração em funcionamento e o balão de evaporação imerso no banho de aquecimento o solvente evapora-se e é condensado através do sistema de refrigeração seguindo para o balão receptor e ficando o óleo essencial no balão de evaporação. Finalmente, levanta-se a alavanca de parada, abre-se a torneira de parada para entrada de ar, e retira-se o balão de evaporação contendo o óleo essencial.

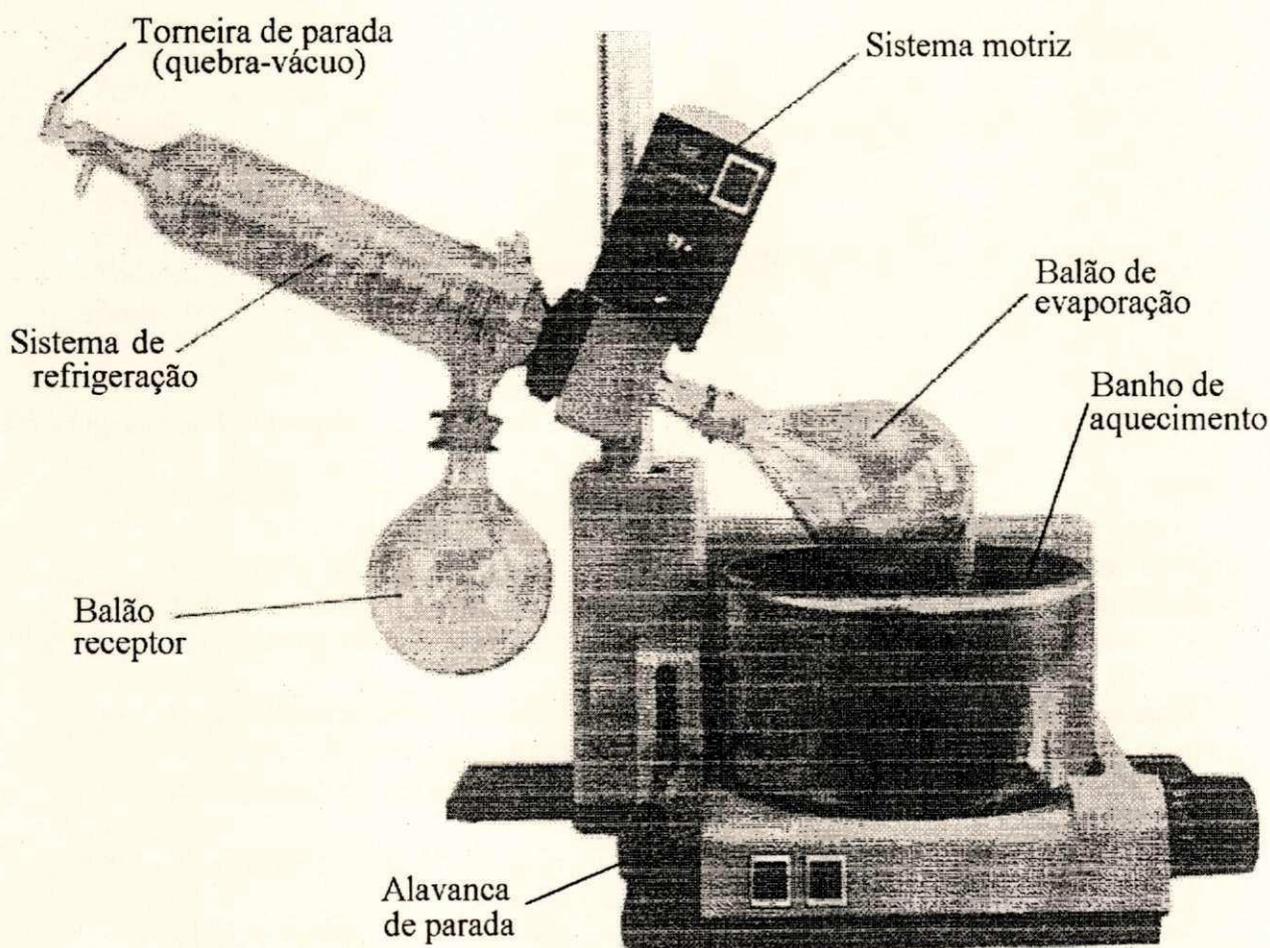


Figura 3.11 - Rotavapor

### 3.2 - Produtos Químicos Utilizados.

- Hexano
- Tolueno
- Solução Sulfocrômica

### 3.3 - Matérias - Primas Utilizadas (plantas).

Nome científico	Nome vulgar	Família	Partes Utilizadas
- <u>Ocimum basilicum</u>	louro	Labiatae	Inflorescência
- <u>Lippia alba</u>	erva - cidreira	Labiatae	Folhas

### 3.4 - Materiais Utilizados.

Os seguintes materiais foram utilizados no estudo do sistema:

- Condensadores tipo Alihn e Friedchi
- Corpos dos extratores
- Balão de fundo redondo
- Termômetro
- Trapes
- Mantas
- Termostatos
- Funil de separação
- Provetas
- Pipetas graduadas 1/20 - 20°C
- Becker
- Rotavapor
- Balança analítica
- Micro - balão pêra.

### 3.5 - Operação do Sistema.

#### 3.5.1 - Instalação.

Os extratores foram instalados em uma grade de ferro, usada como suporte e conectada na parede com espaço suficiente para a realização das operações do processo, bem como para mobilização do operador.

O ambiente foi aberto para que não houvesse acúmulo de vapores ou de aromas dos óleos essenciais extraídos nas operações, evitando o risco de intoxicação ou irritação nos operadores e demais pessoas que estivessem no ambiente de trabalho.

#### 3.5.2 - Procedimentos de Abastecimento.

- ligar o sistema de refrigeração;
- colocar o balão de aquecimento com a mistura (matéria - prima + água) na manta e conectá-lo ao corpo do extrator, através do tubo de conexão
- colocar água destilada e hexano nos corpos dos extratores;
- ligar a manta a fonte de energia.

### 3.5.3 - Procedimentos de Extração.

- determinar o tempo de extração;
- verificar a temperatura da água de refrigeração na entrada dos extratores;
- verificar a temperatura da água de refrigeração na saída de cada extrator;
- Após terminado o tempo de extração, coletar o hexano dos corpos dos extratores com o funil de separação através do qual separa-se a água do hexano. Em seguida, coloca-se o hexano no balão de evaporação do rotavapor, onde obtêm-se o óleo.

### 3.5.4 - Processo de Limpeza dos extratores.

Os extratores eram lavados com uma certa quantidade de hexano, sendo o mesmo colocado pela parte superior dos condensadores acoplados aos corpos dos extratores, o qual descia pelas paredes do extrator até a sua parte inferior, onde o hexano era coletado através da torneira do extrator. Este procedimento era feito duas vezes em um mesmo extrator, com nova quantidade de hexano.

Os balões de aquecimento foram lavados com sabão (detergente) e água destilada. Em casos de manchas ou resíduos lavou-se com uma solução sulfocrômica.

## 3.6 - Processo de Avaliação das Perdas de Óleo Essencial nas paredes dos Extratores Modelos 2 e 3.

Após o processo de extração os condensadores e os corpos dos extratores foram lavados com hexano, para avaliação do óleo residual nas partes internas do aparelho, procedendo-se da seguinte maneira:

Foi colocado através da parte superior dos condensadores acoplados aos corpos dos extratores 20ml de hexano, fazendo com que o mesmo descesse pelas paredes de todo o extrator. Após esta operação o solvente contendo o óleo essencial foi levado ao rotavapor para a separação do hexano e do óleo essencial, usando um micro-balão pêra. Desta forma, foi verificada a quantidade de óleo que ficava retida nas paredes dos extratores, Tabela B.7 (Apêndice B).

Para determinação correta da quantidade de óleo (valor menor que 0.05ml) os cálculos foram realizados determinando-se a densidade do óleo extraído no processo da extração, através da fórmula:

$$d = \frac{m}{v} \quad (02)$$

onde,

$d$  = densidade do óleo extraído no processo da extração (ml)

$m$  = massa do óleo = (Tara do balão de evaporação + óleo) - (Tara do balão de evaporação) (g)

$v$  = volume do óleo obtido no processo de extração (ml)

Com o valor da densidade do óleo acima obtido, determinou-se o volume de óleo retido nas paredes dos extratores, partindo da seguinte fórmula:

$$v = \frac{m}{d} \quad (03)$$

onde,

$v$  = volume de óleo retido nas paredes dos extratores após o processo de extração (ml)

$m$  = massa de óleo retido nas paredes dos extratores = ( Tara do micro-balão pêra + óleo) -  
(Tara do micro-balão pêra) ( g )

$d$  = densidade do óleo (ml)

### 3.7 - Processo de Determinação da Umidade.

Utiliza-se para obtenção da umidade da matéria-prima, um aparelho específico apresentado na Figura 3.12. Ao aparelho é conectado um balão com capacidade de 250ml e um condensador tipo Friedchi.

No balão coloca-se 100ml de tolueno com 2g da amostra, leva-se a uma manta e aquece-se a mistura (matéria - prima + tolueno) por uma hora. Após, deixa-se em repouso até que ocorra a separação da água e do tolueno, ambos imiscíveis e com diferentes densidade. Em seguida faz-se a leitura do volume de água obtido, e conseqüentemente o cálculo da porcentagem da umidade, através da fórmula:

$$\% \text{ umidade} = \frac{\text{massa de agua}}{\text{massa da amostra}} \times 100 \quad (04)$$

onde,

$\text{massa de agua} = \text{densidade da agua} \times \text{volume da agua}$

$\text{Densidade da agua} = 1 \text{ g} / \text{cm}^3$

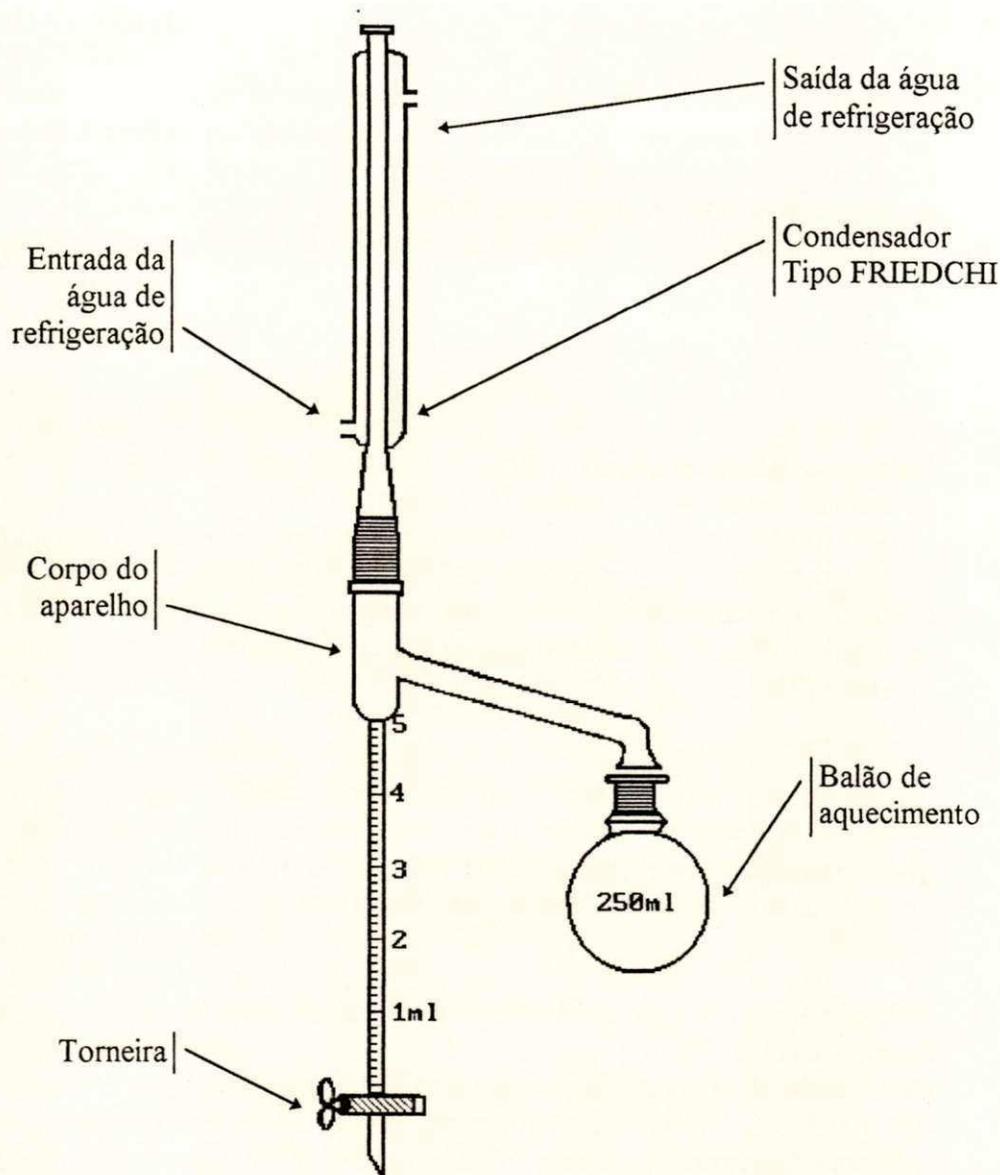


Figura 3.12 - Aparelho específico para determinação da umidade

### 3.8 - Processo de Avaliação da Eficiência das Mantas.

A avaliação comparativa da produção de vapor, utilizando as três mantas de aquecimento usadas para testar os equipamentos, foi realizadas cum uma quantidade de 500ml de água, e os dados obtidos foram a média das análises realizadas em triplicatasl . O tempo foi cronometrado a partir da ebulição (1ª gota). Tabela B.8 (Apêndice B).

O processo de avaliação procedeu-se da seguinte forma:

No Balão volumétrico colocou-se 500ml de água destilada e a partir da ebulição (1ª gota), foi cronometrado o tempo , até o vapor condensado, atingir 100ml e 200ml em uma prove-ta.

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Estudado o sistema clássico de extração laboratorial de óleos essenciais através do Clevenger, usando como matéria-prima padrão plantas aromáticas da região, levantou-se dados sobre o funcionamento e rendimento, comparando-se com os resultados das análises dos três modelos de extratores projetados. Os dados levantados consistiram dos principais parâmetros da destilação - extração a vapores e do rendimento dos sistemas de extração que determina a viabilidade operacional dos mesmos.

### 4.1 - Análises Iniciais.

Preliminarmente, foi realizado um estudo experimental de extração comparativa, entre o modelo clássico - Clevenger e o Extrator Modelo 1. Deste estudo preliminar ficou estabelecido que o Extrator Modelo 1 apresentava rendimentos de extração de óleos inferiores mas, próximo do Clevenger (Tabelas B.1 e B.2 - Apêndice B). Por outro lado, o novo Extrator Modelo 1 apresentou vantagens e melhor qualidade do óleo, devido o mesmo operar com solvente, permitindo uma rápida recuperação do hexano - óleo. Disso resultou que em termos de custos operacionais o Extrator Modelo 1 é equivalente ao Clevenger.

O extrator clássico Clevenger, embora proporcione ao operador a vantagem da quantidade de óleo extraída ser lida diretamente na escala graduada do corpo do extrator, ocorre perdas deste óleo nas paredes do extrator ao coletá-lo, o que para recuperá-lo exigiria uma lavagem do extrator com uma quantidade de solvente quase que equivalente ao utilizado no Extrator Modelo 1.

A partir dos resultados das extrações iniciais do Extrator Modelo 1, foi projetado dois equipamentos denominados Extratores Modelos 2 e 3, os quais diferenciam entre si apenas pelo tamanho dos corpos dos extratores e da capacidade da água de refrigeração dos condensadores dos corpos dos extratores. Em todos os modelos 1, 2 e 3, a razão entre a capacidade de solvente e a água de condensação, usadas nos corpos dos extratores, variam, no entanto, a quantidade de solvente usada em todos os experimentos para fins comparativos, foram previamente estabelecidas 30ml, considerando a capacidade máxima do Extrator Modelo 3.

Tanto no estudo preliminar quanto no estudo comparativo envolvendo os três modelos projetados, as análises dos rendimentos das extrações de óleos essenciais foram feitas utilizando como matérias-primas o louro (Ocimum Basilicum) e erva - cidreira (Lippia alba), ambas coletadas em locais e condições de desenvolvimento diferentes, para cada experimento, nos respectivos estudos.

Desta forma, explica-se as diferentes quantidades de óleo extraído pelo Extrator Modelo 1, Tabela B.1 (Apêndice B), no estudo preliminar, com a quantidade de óleo extraído pelo mesmo modelo, Tabela B.3 e B.4 (Apêndice B) no estudo comparativo envolvendo os três modelos projetados. Assim como, justifica-se as diferentes quantidades de óleo extraído pelos mesmos Extratores Modelos 1, 2 e 3 em cada experimento realizado para o estudo comparativo envolvendo os três modelos projetados, Tabelas B.3 e B.4 (Apêndice B). Foi utilizado o louro como matéria - prima e o sistema operou nas mesmas condições de operação para cada experimento realizado.

Explica-se também as diferentes quantidades de óleo extraído pelo extrator modelo 1, Tabela B.2 (Apêndice B), do estudo preliminar com a quantidade de óleo extraída pelo

mesmo Extrator Modelo, Tabela B.5 e B.6 (Apêndice B), no estudo comparativo envolvendo os três modelos projetados, usando a erva - cidreira como matéria-prima, e o sistema operando nas mesmas condições para ambos os estudos.

Os dados experimentais apresentados nas Tabelas B.3 a B.6 (Apêndice B) mostram claramente que independente da matéria-prima utilizada a quantidade de solvente não recuperado é bastante elevada para o Extrator Modelo 1, tornando-se inviável a sua continuidade no estudo. O Extrator Modelo 3 apresenta uma menor quantidade de solvente perdido, ou seja, não recuperado.

Neste estudo foi considerado a parte da planta, o tempo de extração, a quantidade de solvente, a quantidade de matéria-prima, volumes d'água para produção de vapor e a temperatura de refrigeração. A vazão d'água de refrigeração do sistema foi mantida constante, através de sistema próprio.

A média dos resultados dos experimentos, realizados em triplicatas, do estudo comparativo envolvendo os três modelos projetado, estão apresentados nas Tabelas B.3 a B.6 (Apêndice B).

#### 4.2 - Avaliação Comparativa entre os Extratores Modelos 2 e 3.

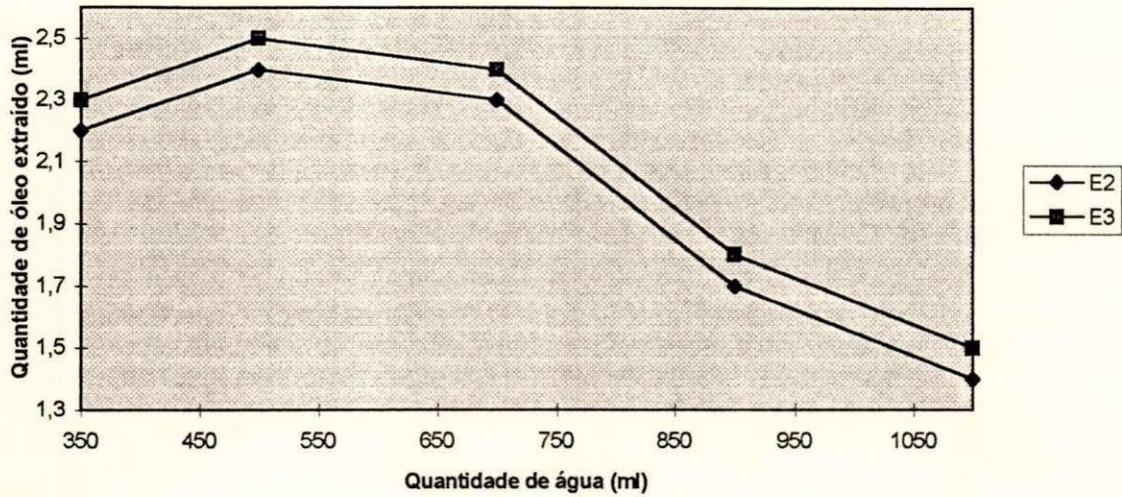
Para realizar a análise comparativa da eficiência de extração de óleos essenciais entre os Extratores Modelos 2 e 3, foram realizados testes experimentais com os dois equipamentos. Os dados obtidos destes experimentos foram transformados em curvas da média das quantidades de óleos extraídos dos Extratores Modelos 2 e 3, realizados em triplicatas, em função da (a) quantidade d'água para produção de vapor, (b) quantidade de solvente, (c) quantidade de matéria-prima, (d) tempo de extração e (e) temperatura de refrigeração. Em todos os casos os demais parâmetros foram mantidos constantes, a matéria-prima utilizada nesta avaliação foi o louro (*Ocimum basilicum*), e o órgão foi a inflorescência ( ver figura da inflorescência - Apêndice E). Foi plantado 1 hectare desta planta dentro das mesmas condições de desenvolvimento, para a realização deste estudo comparativo entre o Extrator Modelo 2 e o Extrator Modelo 3.

##### 4.2.1 - Efeito da Quantidade de Água.

Na Figura 4.1, observou-se que tanto para o Extrator Modelo 2 quanto para o Extrator Modelo 3 as quantidades de óleo extraído variam de acordo com a quantidade de água para produção de vapor ( Tabela C.1 - Apêndice). O Extrator Modelo 3 apresentou maior quantidade de óleo extraído, e que a relação entre ambos foi praticamente constante.

Para os dois extratores a melhor quantidade de óleo extraído é obtida com a utilização de 500ml de água para produção de vapor e, valores superiores a esta quantidade reduz o rendimento. Visto que a quantidade do óleo solúvel na água aumenta à medida que o volume de água para produção de vapor aumenta.

Figura 4.1 - Curva da quantidade de óleo extraído a partir de *Ocimum basilicum* em função da quantidade de água para produção de vapor

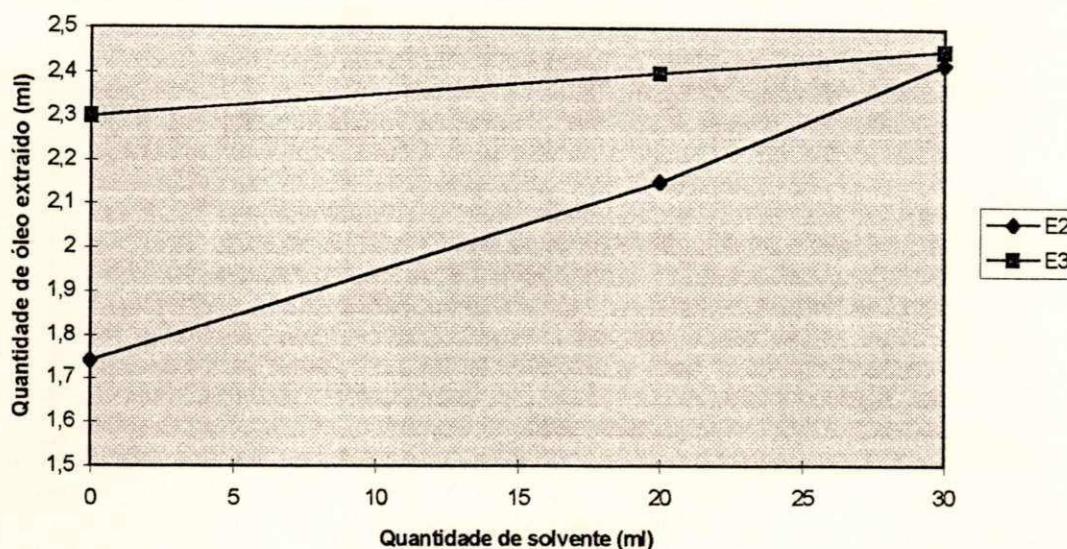


#### 4.2.2 - Efeito da Quantidade de Solvente.

Os efeitos das quantidades de solvente utilizadas no processo de extração, cujos resultados foram obtidos experimentalmente estão representados na Figura 4.2, obtidos nas condições apresentadas na Tabela C.2 (Apêndice C). A Quantidade de 30ml de hexano utilizada para este estudo, foi em função da capacidade máxima do Extrator Modelo 3.

As quantidades de óleo extraído na ausência de solvente, foram menores do que com o uso do mesmo. Sem o uso de solvente, a diferença de óleo extraído entre os dois extratores foram maiores. A quantidade de solvente influencia mais na quantidade de óleo extraído do Extrator Modelo 2 do que na do Extrator Modelo 3.

Figura 4.2 - Curva da quantidade de óleo extraído a partir de *Ocimum basilicum* em função da quantidade de solvente

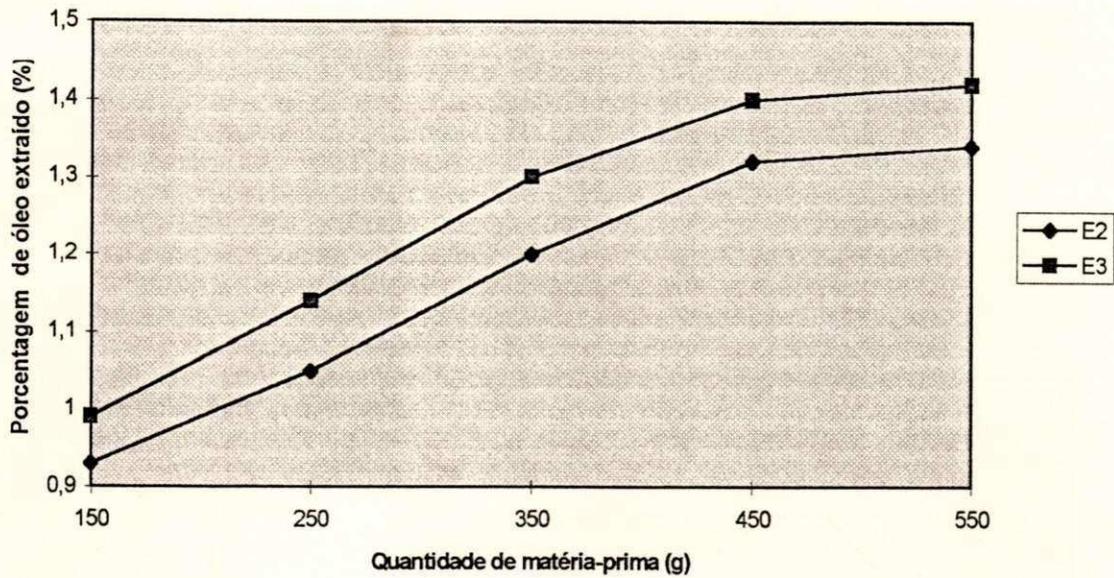


#### 4.2.3 - Efeito da Quantidade de Matéria-prima.

A influência da quantidade de matéria-prima na porcentagem de óleo extraído dos Extratores Modelos 2 e 3, cujos resultados foram realizados experimentalmente, estão apresentados na Figura 4.3. Observou-se que a porcentagem de óleo extraído aumenta para os dois modelos, com o aumento da quantidade de matéria-prima. Entretanto para quantidades na faixa de 450 - 550g a porcentagem de óleo extraído é praticamente constante.

O Extrator Modelo 3, apresenta uma porcentagem de óleo extraído maior quando aumenta a quantidade de matéria-prima em relação ao Extrator Modelo 2, (Tabela C.3 - Apêndice C).

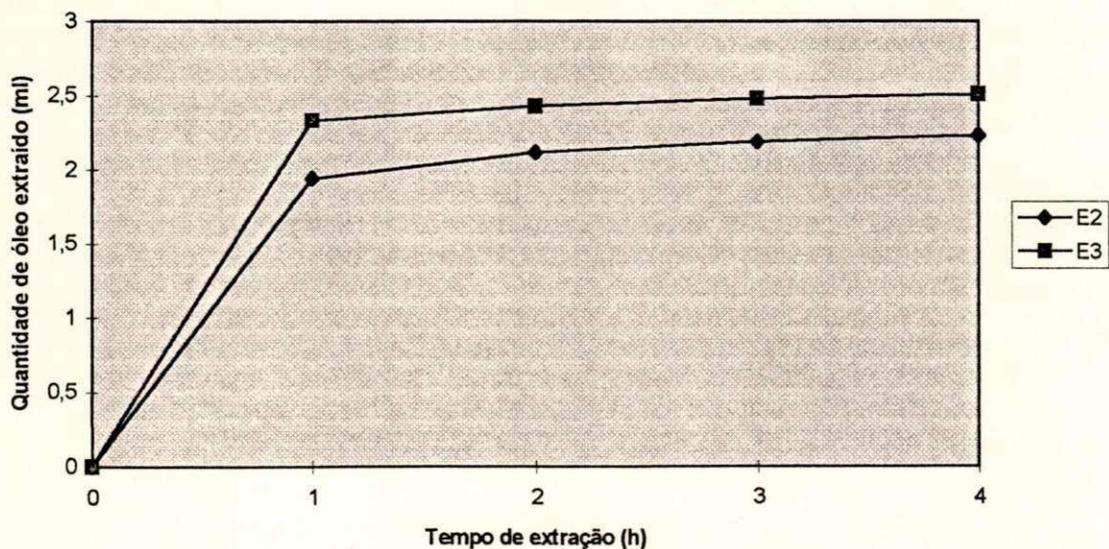
Figura 4.3 - Curva da porcentagem de óleo extraído a partir de *Ocimum basilicum* em função da quantidade de matéria-prima



#### 4.2.4 - Efeito do Tempo de Extração.

Observa-se na Figura 4.4 que a quantidade de óleo extraída nos dois extratores é maior na primeira hora de extração, principalmente no Extrator Modelo 3. Neste período a extração de óleo foi altamente representativa nos dois modelos. Após a primeira hora de extração até a quarta ocorreu um valor praticamente constante nos rendimentos dos Extratores Modelos 2 e 3, os quais extraíram 86,99% e 92,83% respectivamente, na primeira hora, do total obtido após 4 horas de extração, Tabela C.4 (Apêndice C).

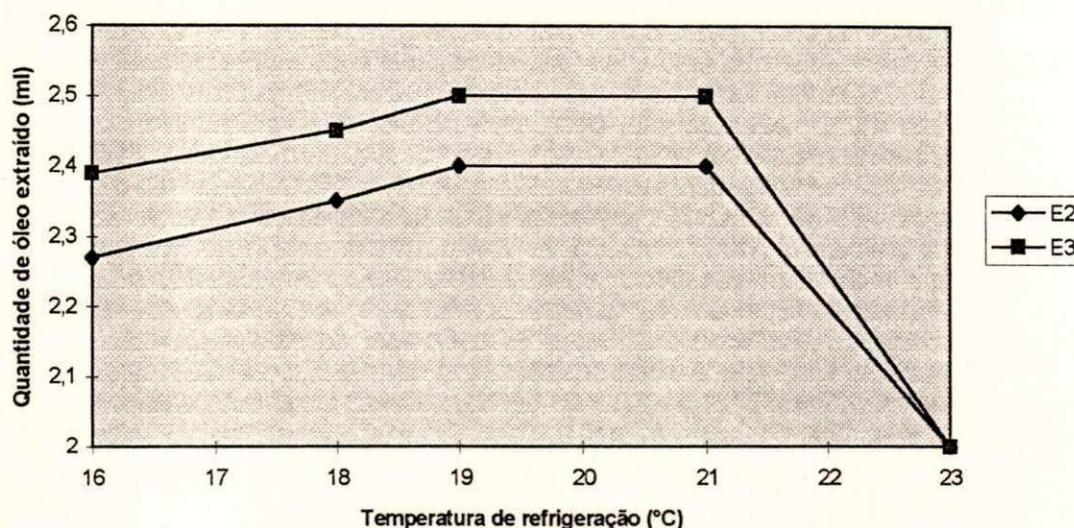
Figura 4.4 - Curva da quantidade de óleo extraído a partir de *Ocimum basilicum* em função do tempo de extração



#### 4.2.5 - Efeito da Temperatura de Refrigeração

A Figura 4.5 apresenta uma faixa de temperatura de refrigeração utilizadas no processo de extração do Extrator Modelo 2 e 3, na qual observa-se que praticamente os rendimentos mantiveram-se inalterados, isto significa dizer que a temperatura entre 16 a 21 °C não influencia nos resultados das extrações. A extração operada acima da temperatura máxima apresentada na faixa, apresenta uma queda acentuada na obtenção do rendimento, Tabela C.5 (Apêndice C).

Figura 4.5 - Curva da quantidade de óleo extraído a partir de *Ocimum basilicum* em função da temperatura de refrigeração

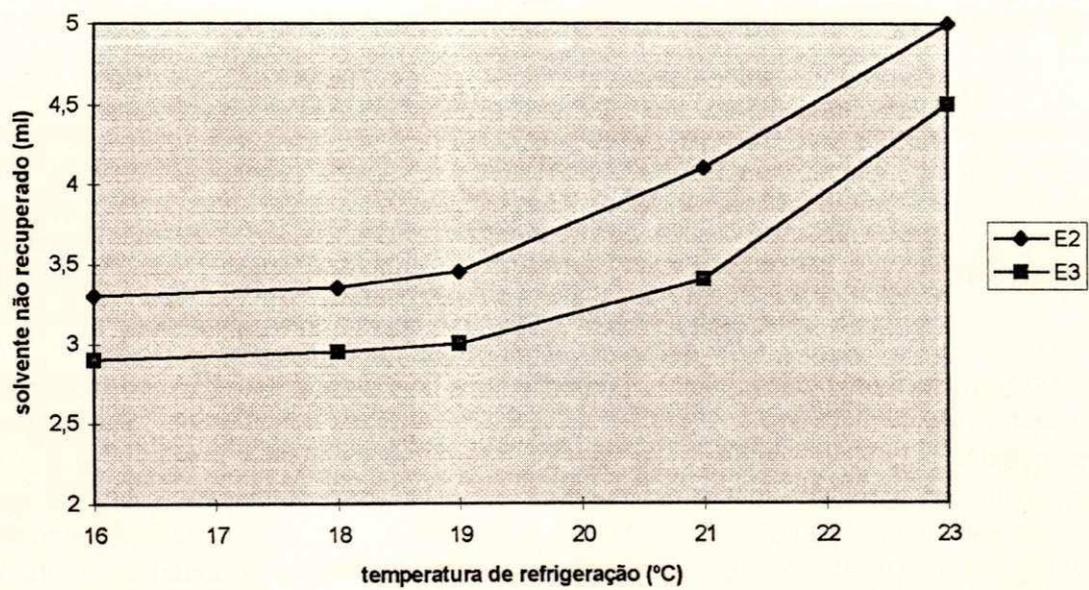


#### 4.3 - Estudo do Efeito da Temperatura de Refrigeração sobre a Quantidade de Solvente não Recuperado.

Durante os processos de extração pode ocorrer perda de solventes, o que acarretaria uma perda na quantidade de óleo a ser extraído e aumento dos custos. A Figura 4.6 apresenta as curvas da média das perdas de solventes durante a extração com a variação da temperatura da água de refrigeração do sistema após o período de 4 horas de extração.

Observa-se que com o aumento da temperatura da água de refrigeração, a quantidade de solvente não recuperado aumenta para os dois modelos. A perda de solvente é praticamente constante entre 16 a 19°C e ocorre um aumento considerável na perda do solvente acima de 19°C. O Extrator Modelo 3 apresentou uma melhor quantidade de solvente recuperado e que a relação entre ambos foi praticamente constante (Tabela C.6 - Apêndice C).

Figura 4.6 - Curva da quantidade de solvente não recuperado em função da temperatura de refrigeração



## 5 - CONCLUSÕES.

Com base no desenvolvimento do sistema apresentado, na série de tentativas de funcionamento dos modelos e usando parâmetros para avaliação da eficácia dos mesmos, incluindo erros e acertos, pode-se concluir que:

- 1 - O desenvolvimento e aperfeiçoamento de equipamentos para obtenção de óleos essenciais no Brasil já é uma realidade. O uso direto e indireto do óleo essencial e de substâncias neles presentes está proporcionando um grande avanço tecnológico de suma importância no estudo do conhecimento dos óleos essenciais, transformando-os em produtos úteis e lucrativos, onde os mesmos serão bens de consumo em vários setores, beneficiando a humanidade e contribuindo na vida econômica do país.
- 2 - Praticamente todos os problemas que ocorrem no domínio da tecnologia de utilização de equipamentos para fins de obtenção de óleo essencial, com bom rendimento e de boa qualidade usando processos de destilação e/ou extração a vapor como: a escolha das vantagens e desvantagens da obtenção do óleo a vapor úmido ou a vapor seco, controle dos principais fenômenos que ocorrem na hidrodestilação (hidrodifusão, hidrólise de certos componentes e decomposição pelo calor), qualidade e recuperação do solvente empregado, temperatura de refrigeração, umidade da planta e características físicas e químicas dos óleos essenciais, já apresentam soluções ou meios de como solucioná-las.
- 3 - Os dados obtidos nos testes de avaliação dos extratores permite concluir que a quantidade de água utilizada para produção de vapor interfere diretamente no rendimento da extração de óleos. Conclui-se que o volume de 500ml de água é a quantidade na qual se obtêm melhores rendimentos. Quantidades menores e maiores acarretam uma redução no rendimento da extração.
- 4 - A quantidade de solvente usada nas extrações foi de 30ml. Os resultados dos testes mostraram que até onde ocorreram as análises, o volume de solvente não influencia no rendimento do óleo, concluindo-se que o fator importante é a qualidade do mesmo, considerando que a presença de impurezas pode alterar a qualidade dos produtos finais e até mesmo no seu rendimento.
- 5 - A análise dos dados relacionado a quantidade de matéria-prima mostrou que para o recipiente de 3000ml a quantidade de matéria-prima que apresentou melhor rendimento de óleo foi entre 450 - 550g. Possivelmente devido a saturação do vapor e a quantidade do calor para uma massa maior.
- 6 - A determinação do tempo de extração em uma faixa de 1-2hs proporcionou a extração quase que total de óleo essencial contida na matéria-prima e que a extensão da extração por períodos mais prolongados é desnecessário. Entretanto a faixa de 1-2hs de extração é suficiente para obtenção de um bom rendimento.
- 7 - Em nossos estudos ficou estabelecido que a refrigeração é um dos parâmetros fundamentais para o funcionamento do sistema com alto rendimento de extração. A faixa de temperatura de operação 16°C - 21°C obtida, aplicada nos testes proporcionou um equilíbrio entre o rendimento de óleo essencial extraído e a recuperação do solvente usado no processo com resultados econômicos satisfatórios.

- 8 - A análise de avaliação das mantas utilizadas como fonte de calor para produção de vapor no estudo dos extratores apresentaram uma eficiência aproximadamente iguais, não influído na avaliação da eficácia dos três Extratores Modelos 1, 2 e 3.
- 9 - A operação de recuperação de óleo extraído junto ao hexano, resulta em perdas nas paredes dos Extratores Modelos propostos, no entanto a avaliação mostrou qua a perda é pequena tornando-se até mesmo desprezíveis, considerando desta forma a obtenção quase que total do óleo extraído, de forma que não foi um parâmetro de influência no estudo do rendimento da extração pelos equipamentos avaliados nestes estudos.
- 10 - Os estudos desenvolvidos com o objetivo de comparar os rendimentos dos modelos clássicos com os projetados através de avaliações dos parâmetros que influenciam diretamente no rendimento dos extratores levaram a conclusão de que o Extrator Modelo 3 é o mais eficiente.
- 11 - As melhores condições de operação deste equipamento, que resulta no maior rendimento de óleo são: 500ml d'água para produção de vapor, 30ml de solvente, 500ml de matéria-prima , temperatura de refrigeração do sistema dentro da faixa de 16 - 21 °C e tempo de extração de 2 horas a partir da ebulição.
- 12 - Estes resultados foram utilizados para projetar o protótipo do Extrator Semi - Contínuo com alimentação d' água de produção de vapor em circuito fechado, com capacidade de extração de 8Kg de matéria-prima por batelada, correspondendo ao rendimento igual ao do Extrator Modelo E3.

## 6 - SUGESTÕES

É de grande importância a continuidade do estudo do sistema em busca de modelos mais eficazes, uma vez que um trabalho de pesquisa é uma tarefa onde há sempre o que se melhorar, investigar, dominar e desenvolver. Este trabalho dentro de seu objetivo pode ser considerado como concluído, oferecendo uma oportunidade para estudos e testes que venham a melhorar suas condições de operação e consequentemente melhores rendimentos de óleo essencial.

Daí, apresentarmos algumas sugestões:

- 1 - Realizar um estudo comparativo, empregando diferentes solventes: hexano com Benzeno, Acetato de Etila, Butanol ( solventes imiscíveis em água).
- 2 - Estudo comparativo do Extrator Modelo 2 com o Extrator Modelo 3 apresentando uma capacidade de solvente acima de 30ml.
- 3 - Analisar os parâmetros físico-químicos do processo e dos extratores modelos projetados, E1, E2 e E3.
- 4 - Balanço energético do protótipo do Extrator Semi - Contínuo com capacidade de extração de 8 kg de matéria - prima por batelada, com rendimento igual ao do Extrator Modelo E3.

## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

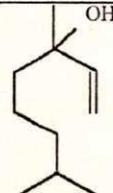
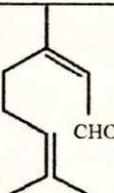
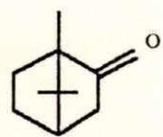
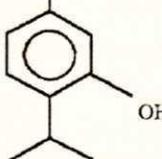
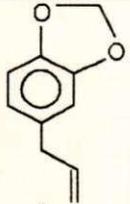
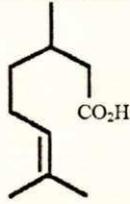
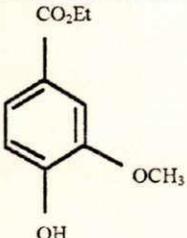
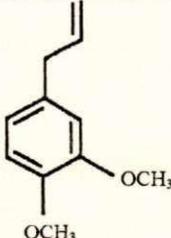
- 01 - APPAREIL POUR LE DOSAGE DE L'EAU, Phamacopée Franise, X<sup>o</sup> edition, september, 1974.
- 02 - CARREIRA, E., "Síntese Amazônica: A Usina do 3<sup>o</sup> Milênio", Revista Planeta, N<sup>o</sup>117: 35-43, São Paulo, Junho, 1982 .
- 03 - CLEVENGER, J. F., "Apparatus for the determination of volatile oil", I. Am. Pharm. Ass., Washington, 17:345, 1928.
- 04 - COCKING, T.T. & MIDDLETON, G., "An Improved Method for the Estimation of the Essential Oil content of durgs.", I. Pharm. Pharmacol., London, 5:521, 1932.
- 05 - COIMBRA, A.L., BRZEZICKI, A.C., MARQUES, E.K., BRITO, E., MARTIN, F.J.S., HAUPTMANN, H. , BARZAGHI, I.F., PASTOR, J.R. & SILVA, P.F. , "Manual do Engenheiro - Globo", Editora Globo, Rio de Janeiro, Porto Alegre, São Paulo, Vol. 06, 2<sup>a</sup> edição, 1965.
- 06 - COULSON, J.M. & RICHARDSON, J.F., "Tecnologia Química", Operações Unitárias, vol. 02, 2<sup>a</sup> edição.
- 07 - CRAVEIRO, A.A., MATOS, A.J.F. & ALENCAR, W.J., "A Simples ande Inexpensive Steam Generator for Essencial Oils Extraction", Journal of Chemical Education, 53,652, 1976.
- 08 - CRAVEIRO, A.A., FERNANDEZ, G.F., ANDRADE, S. H., MATOS, A.J.F., ALENCAR, W.J. & MACHADO, L. I. M., "Óleos Essenciais de plantas do Nordeste" - UFC - Ciência Co- leção 01 - Fortaleza, 1981.
- 09 - CRAVEIRO, A.A., MACHADO, M.I.L., MATOS, F.J.A., MATOS, M.E.O. & SOUZA, M.P., "Constituintes Químicos Ativos de Plantas Medicinais Brasileiras", Editora Impressora Universitária da UFCE, 1<sup>a</sup> edição - Fortaleza, 1991.
- 10 - CRAVEIRO, A.A., MATOS, F.J.A., ALENCAR, J.W., MACHADO, M.I.L. & TEXEIRA, L.L., "Óleos Essenciais na produção Industrial", Revista Química Industrial, N<sup>o</sup>19: 60-64, São Paulo, Setembro, 1989.
- 11 - CRAVEIRO, A.A. & QUEIROZ, D.C., "Óleos Essenciais e Química Fina", Revista Química Nova, 16 (3): 224 -228 , 1993.
- 12 - CRAVEIRO, A.A., "Óleo Essencial de Lemongrass", Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Indústria Química do Estado do Ceará - CEPEQ.
- 13 - DAJOZ, R., "Ecologia Geral", Editora Vozes, 3<sup>a</sup>edição, Rio de Janeiro, 1978.
- 14 - DIEGUEZ, F. & AFFINI, M., "Petróleo Verde", Revista Super Interessante, 51-54, São Paulo, Dezembro, 1991.

- 15 - ENCYCLOPEDIA OF INDUSTRIAL CHEMICAL ANALYSIS , SNELL - HILTON, Vol.01, Interscience Publishers, 1966.
- 16 - FARMACÓPEIA DOS ESTADOS UNIDOS DO BRASIL, Editora Gráfica Siqueira, 2ª edição, São Paulo, 937 -940, 1959.
- 17 - GOKITHI, A., "Um novo aparelho extrator de óleo essencial", Fac. Cienc. Farm., Univ. São Paulo - São Paulo - An. Acad. Bras. Cienc. 1972, 44 (Supl), 158 - 60.
- 18 - GUIMARÃES, A. P., ALMEIDA, D.F., CANDOTTI, E. & LENT, ROBERT, " Seção Tome Ciência", Revista Ciência Hoje, Nº 04 :83, Rio de Janeiro, Janeiro/Fevereiro, 1983.
- 19 - JANICK, J., "Horticultral Science", Copyright 1963 by W. H. Freeman and Company, San Francisco, California, 1963.
- 20 - JOHNSON, S. M., "Essências Florais do Alasca", Editora Aquariana, 1ª Edição, São Paulo, 1993.
- 21 - LAVABRE, M., "Aromaterapia", Editora Record, Rio de Janeiro, 1992.
- 22 - LIKENS, S.T. & NICKERSON, B.G, "Detection of Certain Hop Oil Constituents in Brewing Products" - Reprinted from procefimngs of the American Society of Brewing Chemists, 1964.
- 23 - MATOS, F.J.A. & WASICKY, RO, "Um melhoramento no aparelho para determinação dos óleos essenciais" Farmacópeia Brasileira, 2ª edição, 1959, Trib. Farm., Curitiba,28(6).
- 24 - MORITZ, O. "Die niederen Terpen: atherische ole and Harze allgemein. In PAECH, sK. & TRALEY, M. V, Modernemethoden der Pflanzenanalyse, Berlin, Springer, V.3., 1955.
- 25 - MORS, W., "Plantas Medicinaiis", Revista Ciência Hoje, Nº 03:14 -19, Rio de Janeiro, Novembro/Dezembro, 1982.
- 26 - NEWMANN, A.A. "Chemistry of Terpenes and Terpenoids, Academic Press, London, New York, 1972.
- 27 - PAULO, M.Q., "Estudo Químico Ecológico de Annonaceae", Tese de Doutorado, Universidade do Rio de Janeiro, UFRJ, 1993.
- 28 - PAULO, M. Q., "Registros de dados experimentais do Laboratório Químico de Produtos Naturais do Departamento de Química", CCEN , UFPB, 1993.
- 29 - PERINEAU, F., GANOU, L. & BESSIERE, J.M., "Hidrodistillation du fruit de coriandre ( coriandrum Sativum)", Parfums, Cosmétiques, arômes, Nº 98, Avril-Mai, 1991.

- 30 - ROGERS, A.J., Fritzsche, Dodge & Olcott, Inc., "Oils Essential". vol. 16, pp.307-329.
- 31 - ROTAVAPOR R -110/RE - 120, Betriebsanleitung Instructions - Büchi Laboratoriums - Technik AG CH - 9230 Flawil/Schweiz.
- 32 - STAHL, E. "Dünnschicht - Chromatographie", berlin, Springer, 1969.
- 33 - VOGEL, A.I., "Análise Orgânica Qualitativa", Editora Livro Técnico S.A., 3ª edição, Rio de Janeiro, 1971.
- 34 - WASICKY, RO., "Uma modificação do aparelho de Clevenger para extração de óleos essenciais", Rev. Fac. Farm. Bioquim., São Paulo, I ( 1 ): Jan/Jun, 1963.
- 35 - WASICKY, RO. & AKISUE, G., " Um aparelho aperfeiçoado para extração de óleos essenciais", Rev. Fac. Farm. Bioquim., São Paulo, 7 ( 2 ): Jul/dez, 1964.
- 36 - WINTER, E.J., "A água, o Solo e a Planta", Editora Nobel, 2ª edição, São Paulo, 1984.

**APÊNDICE A**

**TABELAS REFERENTES AO CAPÍTULO 2**

 <p>Linalol - Álcool</p>	 <p>Citra - Aldeído</p>
 <p>Cânfora - Cetona</p>	 <p>Timol - Fenol</p>
 <p>Safrol - Éter Fenólico</p>	 <p>Ácido Citronélico Ácido Carboxílico (4.5)</p>
 <p>Vanilato de Etila</p>	 <p>Metil Eugenol</p>

**Tabela A.1 - Grupamentos Funcionais nos Componentes Principais dos Óleos Essenciais**

Produto	1985 Peso (Kg)	1986 Peso (Kg)	1987* Peso (Kg)	Principal Constituinte
óleo essencial de cravo	65.379	55.388	44.647	Eugenol
óleo essencial de funcho	111	114	163	Anetol
óleo essencial de anis estrelado ou badiana	92	184	61	Anetol
óleo essencial de anis ou erva-doce	262	315	70	Anetol
óleo essencial de eucalipto	16.290	35.019	70.522	Cineol
óleo essencial de alecrim ou rosmaninho	8.757	10.988	15.036	Cineol

Fonte: Banco do Brasil - Carteira de Importação e Exportação - Fortaleza - CE

\* Os dados do ano de 1987 registram o primeiro semestre

**Tabela A.2 - Importação de Óleos Essenciais pelo Brasil no Triênio 85/87**

Produto	1985 Peso (Kg)	1986 Peso (Kg)	1987* Peso (Kg)
Eugenol	3.238	15.356	4.583
Anetol	68.906	124.092	53.968
Cineol	255	3.250	1.490
Timol	2.881	1.599	1.056

Fonte: Banco do Brasil - Carteira de Importação e Exportação - Fortaleza - CE

\* Os dados do ano de 1987 registram o primeiro semestre

**Tabela A.3 - Importação Brasileira de Substâncias Químicas, Aromatizantes no Triênio 85/87**

Espécie	Local de Coleta	Teor % (no óleo)
<i>Croton zehntneri</i> (a)	Aracati, CE	50,0
<i>Croton zehntneri</i> (a)	Quixadá, CE	85,2
<i>Dicypelium caryophyllatum</i> (a)	Pindaré-Mirim, MA	71,0
<i>Eugenia caryophyllata</i> (a)	Cravolândia, BA	43,8
<i>Ocimum Gratissimum</i> (b)	Fortaleza, CE	28,3

Obs: Seleção feita entre 31 óleos obtidos de 10 espécies produtoras de Eugenol, em 1070 análises

(a) Planta Silvestre ainda não cultivada

(b) Planta cultivada

**Tabela A.4 - Espécies do Nordeste Brasileiro Produtoras de Eugenol**

Espécie	Local de Coleta	Teor % (no óleo)
<i>Croton nepetifolius</i> (a)	Sobral, CE	30,0
<i>Croton rhamnifolius</i> (a)	Salgueiro, PE	32,0
<i>Croton zehntneri</i> (a)	Itaueiras, PI	36,8
<i>Lippia microphyllia</i> (a)	Farias Brito, CE	48,3
<i>Ocimum</i> sp-02 (a)	Fortaleza, CE	56,4
<i>Eryopes</i> sp-01 (a)	Piri-Piri, PI	45,6
<i>Hyptis suaveolens</i> (b)	Aracoiaba, CE	43,6

Obs: Seleção feita entre 97 óleos obtidos de 38 espécies produtoras de 1.8 Cineol, em 1070 análises

(a) Planta Silvestre

(b) Planta cultivada

**Tabela A.5 - Espécies do Nordeste Brasileiro Produtoras de 1.8 Cineol**

Espécie	Local de Coleta	Teor % (no óleo)
<i>Copaifera langsdorfii</i> (a)	Imperatriz, MA	39,6
<i>Lippia gracillis</i> (a)	Piri-Piri, PI	32,1
<i>Lippia sidoides</i> (b)	Mossoró, RN	53,7

Obs: Seleção feita entre 44 óleos obtidos de 20 espécies produtoras de Timol, em 1070 análises. A espécie *L. sidoides* apresenta possibilidade de cultivo

(a) Planta Silvestre

(b) Planta em fase de domesticação (cultivável)

**Tabela A.6 - Espécies do Nordeste Brasileiro Produtoras de Timol**

Espécie	Local de Coleta	Teor % (no óleo)
<i>Croton zehntneri</i> (a)	Tianguá, CE - Anetol	47,3
<i>Croton zehntneri</i> (a)	Gravatá, PE - Anetol	52,1
<i>Vanillosmopsis arborea</i> (b)	Crato, CE - $\alpha$ - Bisabolol	65,3

Obs: O trans-anetol foi encontrado em 15 óleos de apenas 2 espécies diferentes em um total de 1070 óleos analisados.

(a) Planta Silvestre

(b) Planta em fase de domesticação (cultivável)

**Tabela A.7 - Espécies do Nordeste Brasileiro Produtoras de Anetol e Bisabolol**

óleo essencial	Procedência	Local de ocorrência	Principal constituinte	Aplicação
Alecrim pimenta	<i>Lippia sidoides</i>	RN(cultivável)	Timol	uso na cosmeatria como antisséptico em cremes faciais colutórios, loções capilares, shampoos terapêuticos, etc.
Alfavaca de Cheiro	<i>Ocimum</i> sp-02	CE(cultivada)	Cineol	uso na cosmeatria por suas propriedades antisséptica, cicatrizante e estimulante.
Alfavaca	<i>Ocimum gratissimum</i>	CE(cultivada)	Eugenol	os mesmos usos do Timol e na preparação de acetatos para composição de perfumes em cosmética.
Canela de cunhã	<i>Croton zehntneri</i>	CE(cultivada)	Anetol	aplicação em cosméticos para conferir sensação de frescor e aroma especial.
Candeiro	<i>Vanillosmopsis arborea</i>	CE(silvestre)	Bisabolol	uso na cosmeatria como anti-inflamatório, excelente para aplicação na forma de cosméticos.

Fontes: Jellinek, L. parfums Cosmetiques & Aromes -  $\alpha$  - Bisabolol un agent antinflammatoire pour produits cosmétiques. 57, 55-7, 1984.

Craveiro, A.A. Fernandes; A. G., Andrade, C.H.S., Matos, F.J.A., Alencar, J.W. e Machado, M.I.L., Óleos essenciais de plantas do Nordeste, Edições UFC, Fortaleza, 1981.

**Tabela A.8 - Informações gerais sobre os óleos essenciais selecionados**

**APÊNDICE B**

**DADOS RELATIVOS ÀS ANÁLISES DESENVOLVIDAS NO ESTUDO  
COMPARATIVO DO EXTRATORES DISCUTIDOS NO CAPÍTULO 4**

**Tabela B.1 - Resultados das extrações realizadas com Clevenger e E1**

<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA</b>		
tipo de planta/ parte da planta	LOURO / INFLORESCÊNCIA	
tempo de extração - horas	4	
quantidade de solvente - ml	30	
quantidade de matéria-prima - g	500	
quantidade de H <sub>2</sub> O - ml	500	
temperatura de refrigeração - °C	21	
<b>DADOS OBTIDOS</b>		
MODELOS	ÓLEO EXTRAÍDO (ml)	SOLVENTE NÃO RECUPERADO (ml)
CLEVENGER	2,23	-
E1	2,10	15,80

**Tabela B.2 - Resultados das extrações realizadas com Clevenger e E1**

<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA</b>		
tipo de planta/ parte da planta	ERVA-CIDREIRA/FOLHA	
tempo de extração - horas	4	
quantidade de solvente - ml	30	
quantidade de matéria-prima - g	350	
quantidade de H <sub>2</sub> O - ml	500	
temperatura de refrigeração - °C	21	
<b>DADOS OBTIDOS</b>		
MODELOS	ÓLEO EXTRAÍDO (ml)	SOLVENTE NÃO RECUPERADO (ml)
CLEVENGER	1,09	-
E1	1,00	12,04

**Tabela B.3 - Resultados das quantidades de óleo extraído e solvente não recuperado dos extratores E1, E2 e E3.**

<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA</b>		
tipo de planta/ parte da planta	LOURO / INFLORESCÊNCIA	
tempo de extração - horas	4	
quantidade de solvente - ml	30	
quantidade de matéria-prima - g	500	
quantidade de H <sub>2</sub> O - ml	500	
temperatura de refrigeração - °C	21	
<b>DADOS OBTIDOS</b>		
MODELOS	ÓLEO EXTRAÍDO (ml)	SOLVENTE NÃO RECUPERADO (ml)
E1	2,37	14,15
E2	2,43	5,17
E3	2,50	4,10

**Tabela B.4 - Resultados das quantidades de óleo extraído e solvente não recuperado dos extratores E1, E2 e E3.**

<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA</b>		
tipo de planta/ parte da planta	LOURO / INFLORESCÊNCIA	
tempo de extração - horas	4	
quantidade de solvente - ml	30	
quantidade de matéria-prima - g	500	
quantidade de H <sub>2</sub> O - ml	500	
temperatura de refrigeração - °C	21	
<b>DADOS OBTIDOS</b>		
MODELOS	ÓLEO EXTRAÍDO (ml)	SOLVENTE NÃO RECUPERADO (ml)
E1	2,15	16,20
E2	2,33	9,57
E3	2,41	8,33

**Tabela B.5 - Resultados das quantidades de óleo extraído e solvente não recuperado dos extratores E1, E2 e E3.**

<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA</b>		
tipo de planta/ parte da planta	ERVA-CIDREIRA / FOLHA	
tempo de extração - horas	4	
quantidade de solvente - ml	30	
quantidade de matéria-prima - g	350	
quantidade de H <sub>2</sub> O - ml	500	
temperatura de refrigeração - °C	21	
<b>DADOS OBTIDOS</b>		
MODELOS	ÓLEO EXTRAÍDO (ml)	SOLVENTE NÃO RECUPERADO (ml)
E1	1,03	11,30
E2	1,13	8,04
E3	1,47	6,01

**Tabela B.6 - Resultados das quantidades de óleo extraído e solvente não recuperado dos extratores E1, E2 e E3.**

<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA</b>		
tipo de planta/ parte da planta	ERVA-CIDREIRA / FOLHA	
tempo de extração - horas	4	
quantidade de solvente - ml	30	
quantidade de matéria-prima - g	350	
quantidade de H <sub>2</sub> O - ml	500	
temperatura de refrigeração - °C	21	
<b>DADOS OBTIDOS</b>		
MODELOS	ÓLEO EXTRAÍDO (ml)	SOLVENTE NÃO RECUPERADO (ml)
E1	1,33	10,23
E2	1,52	5,22
E3	1,75	4,33

**Tabela B.7 - Avaliação das perdas de óleos essenciais na avaliação comparativa dos extratores E2 e E3, após cada operação.**

Quantidade de solvente	Quantidade de óleo (ml)	
	Extrator 2	Extrator 3
20	0,04	0,02
20	0,03	0,01
20	0,02	0,01
20	perda desprezível	perda desprezível
20	perda desprezível	perda desprezível
20	perda desprezível	perda desprezível

**Tabela B.8 - Avaliação dos sistemas de aquecimento utilizados nos extratores para produção de vapor em função do tempo**

Mantas	Tempo de Aquecimento (min.)	Produção de vapor condensado (ml)
Manta Nº 1	15:55	100
	29:67	200
Manta Nº 2	15:80	100
	30:51	200
Manta Nº 3	16:20	100
	31:23	200

**APÊNDICE C**

**DADOS RELATIVOS AOS GRÁFICOS  
APRESENTADOS NO CAPÍTULO 4**

**Tabela C.1 - Dados da quantidade de óleo extraído em função da quantidade de água, plotados na Figura 4.1**

CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA						
Tempo de extração - horas		4				
Quantidade de solvente - ml		30				
Quantidade de matéria-prima - g		500				
TEAR (°C)		21,00 °C				
TSAR E2 (°C)		24,74 °C				
TSAR E3 (°C)		22,72 °C				
DADOS OBTIDOS						
Quantidade de água (ml)	Quantidade de óleo extraído (ml)		Umidade (%)	Planta desidratada (g)	Porcentagem de óleo	
	E2	E3			E2	E3
350	2,21	2,32	52,50	237,50	0,93	0,98
500	2,40	2,50	53,00	235,00	1,02	1,06
700	2,32	2,41	49,00	255,00	0,91	0,94
900	1,71	1,82	52,50	237,50	0,72	0,77
1100	1,43	1,52	48,33	258,35	0,55	0,59

**Tabela C.2 - Dados da quantidade de óleo extraído em função da quantidade de solvente, plotados na Figura 4.2**

CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA						
Tempo de extração - horas		4				
Quantidade de matéria-prima - g		500				
Quantidade de água - ml		500				
TEAR (°C)		21,00				
TSAR E2 (°C)		26,56				
TSAR E3 (°C)		20,99				
DADOS OBTIDOS						
Quantidade de solvente (ml)	Quantidade de óleo extraído (ml)		Umidade (%)	Planta desidratada (g)	Porcentagem de óleo	
	E2	E3			E2	E3
0	1,74	2,30	49,40	253,00	0,69	0,91
20	2,15	2,40	53,00	235,00	0,91	1,02
30	2,42	2,45	52,57	237,15	1,02	1,03

Tabela C.3 - Dados da porcentagem de óleo extraído em função da quantidade de matéria-prima, plotados na Figura 4.3

CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA						
Tempo de extração - horas		4				
Quantidade de solvente - ml		30				
Quantidade de água - ml		500				
TEAR (°C)		21,00				
TSAR E2 (°C)		22,66				
TSAR E3 (°C)		20,38				
DADOS OBTIDOS						
Quantidade de matéria-prima (g)	Quantidade de óleo extraído (ml)		Umidade (%)	Planta desidratada (g)	Porcentagem de óleo	
	E2	E3			E2	E3
150	0,52	0,55	62,87	55,70	0,93	0,99
250	0,94	1,02	64,37	89,08	1,05	1,14
350	1,58	1,71	62,50	131,25	1,20	1,30
450	2,18	2,32	63,27	165,29	1,32	1,40
550	2,40	2,54	67,50	178,75	1,34	1,42

Tabela C.4 - Dados da quantidade de óleo extraído em função do tempo de extração, plotados na Figura 4.4

CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA						
Quantidade de matéria-prima -g		500				
Quantidade de solvente -ml		30				
Quantidade de água - ml		500				
TEAR (°C)		21,00				
TSAR E2 (°C)		27,80				
TSAR E3 (°C)		25,25				
DADOS OBTIDOS						
Tempo de extração (h)	Quantidade de óleo extraído (ml)		Umidade (%)	Planta desidratada (g)	Porcentagem de óleo	
	E2	E3			E2	E3
1	1,94	2,33	61,40	193,00	1,00	1,21
2	2,12	2,43	62,00	190,00	1,12	1,28
3	2,19	2,48	62,10	189,50	1,16	1,31
4	2,23	2,51	61,80	191,00	1,17	1,31

**Tabela C.5 - Dados da quantidade de óleo extraído em função temperatura de refrigeração, plotados na Figura 4.5**

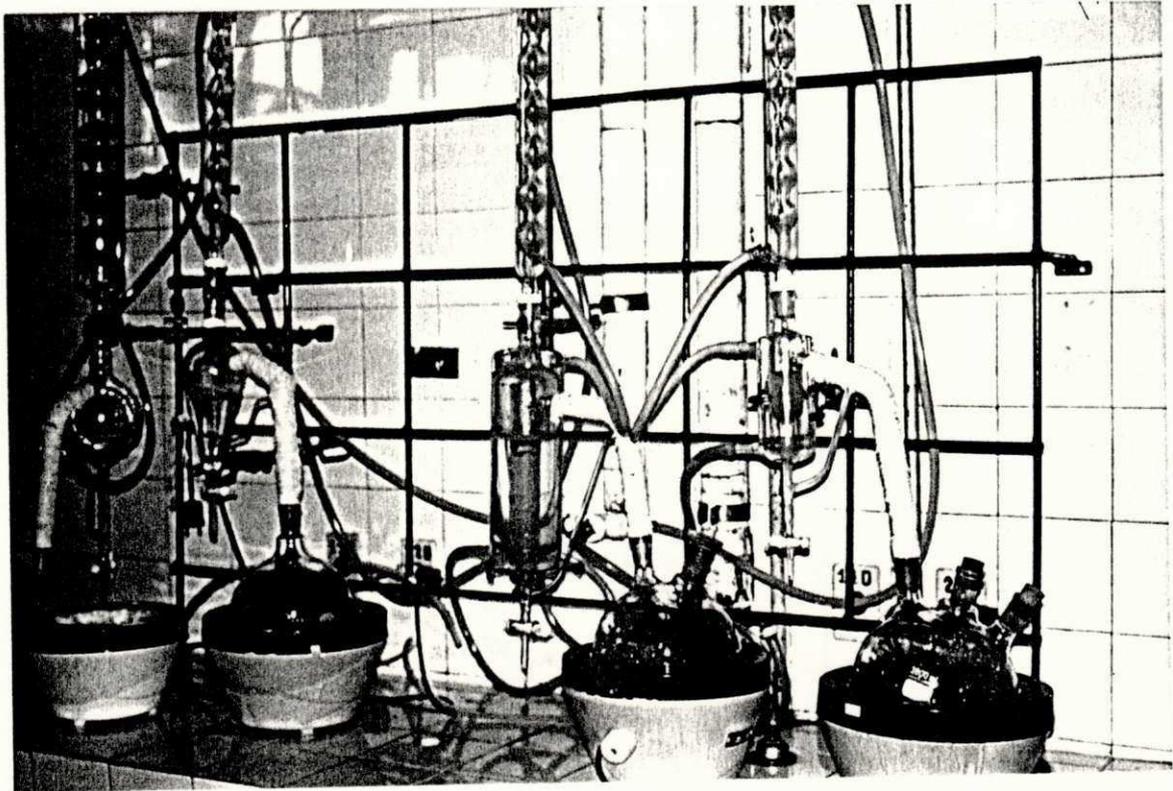
<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA</b>						
Quantidade de solvente - ml		30				
Quantidade de água - ml		500				
Quantidade de matéria -prima - g		500				
Tempo de extração -horas		4				
<b>DADOS OBTIDOS</b>						
Temperatura média de refrigeração (°C)	Quantidade de óleo extraído (ml)		Umidade (%)	Planta desidratada (g)	Porcentagem de óleo	
	E2	E3			E2	E3
16	2,27	2,39	66,57	167,15	1,36	1,43
18	2,35	2,45	67,50	162,50	1,45	1,51
19	2,40	2,50	67,50	162,50	1,48	1,54
21	2,40	2,50	67,50	162,50	1,48	1,54
23	2,00	2,00	62,50	187,50	1,07	1,07

**Tabela C.6 - Dados da quantidade de solvente não recuperado em função da temperatura de refrigeração, plotados na Figura 4.6**

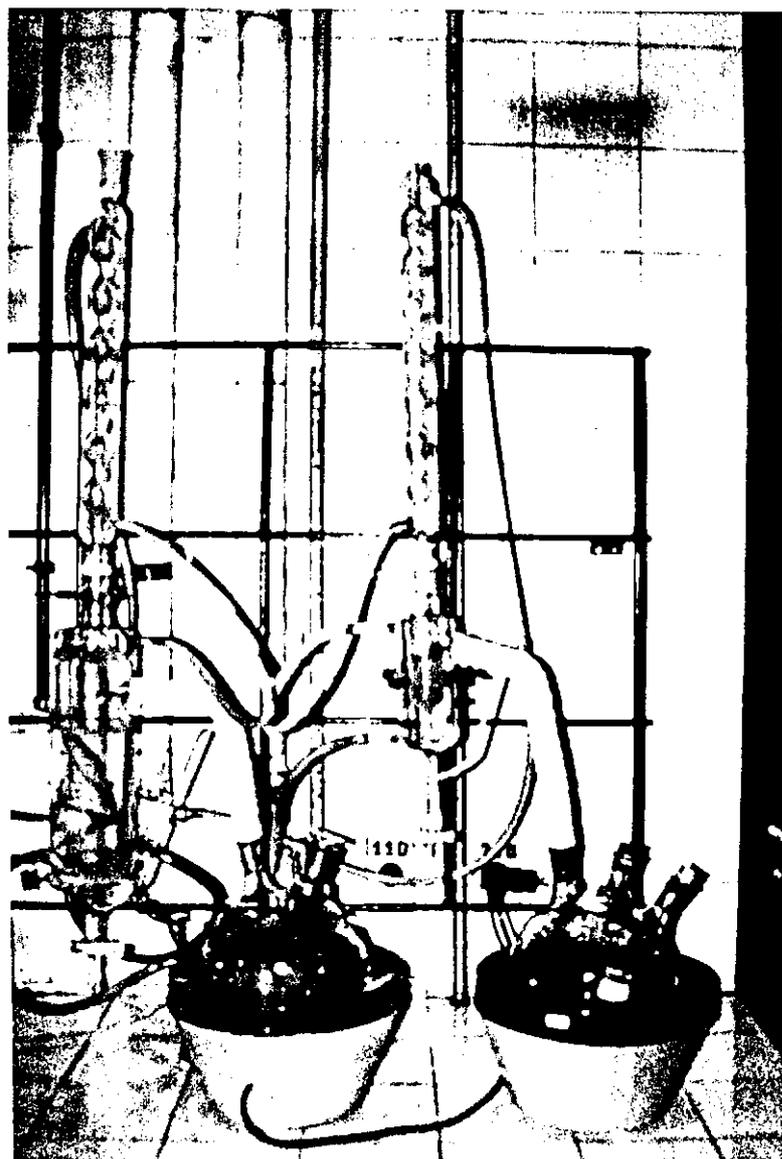
<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA</b>		
Quantidade de solvente - ml		30
Quantidade de água - ml		500
Quantidade de matéria-prima - g		500
Tempo de extração - horas		4
<b>DADOS OBTIDOS</b>		
Temperatura de refrigeração (°C)	Solvente não recuperado (ml)	
	E2	E3
16	3,30	2,90
18	3,35	2,95
19	3,45	3,00
21	4,10	3,40
23	5,00	4,50

APÊNDICE D

FOTOGRAFIAS DOS EXTRATORES MODELOS



**Foto 1 - Conjunto dos extratores modelos 1, 2 e 3, em funcionamento.**



**Foto 2 - Conjunto dos extratores modelo 2 (esquerda) e 3 (direita), em funcionamento.**

APÊNDICE E

**FIGURA DA MATÉRIA-PRIMA UTILIZADA NA AVALIAÇÃO  
COMPARATIVA DOS EXTRATORES MODELOS 2 E 3**



Figura E.1 - Galho de louro (Ocimum basilicum), contendo folhas e inflorescência