

UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO

Luiz Carlos Nozella

Processo de Fabricação do Álcool

Bauru

2007

UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO

Luiz Carlos Nozella

Processo de Fabricação do Álcool

Monografia apresentada ao centro de ciências exatas e naturais aplicadas, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de bacharel em química. Sob orientação da Prof^a. Dr.^a Sirlei Roca.

Bauru

2007

N9611f

Nozella, Luiz Carlos.

Processo de Fabricação do álcool / Luiz Carlos
Nozella. -- 2007.

55 f.

Orientadora: Prof^a. Dra Sirlei Roca

Trabalho de Conclusão de Curso (Química) -

Universidade do Sagrado Coração - Bauru - SP.

1. Álcool 2. Fermentação 3. Destilação 4. Mosto 5.
Coluna I. Roca, Sirlei II. Título.

LUIZ CARLOS NOZELLA.

Processo de Fabricação do Álcool.

Monografia apresentada ao centro de ciências exatas e naturais aplicadas, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de bacharel em química.

Sob orientação da Prof^a. Dr.^a Sirlei Roca.

Bancada examinadora:

Sirlei Roca
Universidade Sagrado Coração

Marcia Aparecida Zeferino
Universidade Sagrado Coração

Afonso Leirão
Universidade Sagrado Coração

Bauru, 26 de novembro de 2007.

NOZELLA, Luiz Carlos.

Processo de Fabricação do Álcool.

Monografia apresentada ao centro de ciências exatas e naturais aplicadas, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de bacharel em química.

Sob orientação da Prof^a. Dr.^a Sirlei Roca.

Dedico este trabalho
aos meus pais, irmãos,
e meus filhos Taciana e Adonai

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade.

À Prof^a. Dr.^a Sirlei Roca, pela dedicação com que me orientou esse trabalho.

Aos Professores em geral, pelo apoio e paciência.

Aos colegas de curso, pelo companheirismo.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, possibilitaram a realização deste trabalho.

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo,
qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim”

Chico Xavier

RESUMO

A atividade microbiana pode ser utilizada pelo homem de varias formas, através de processos industriais. A fermentação alcoólica pode ser considerada como a oxidação anaeróbica, parcial, da glicose, por ação de leveduras, com a produção final de álcool etílico e gás carbônico, além de outros produtos secundários. É em processo de grande importância, através do qual é obtido todo o álcool industrial, e todas as bebidas alcoólicas, destiladas ou não. Neste processo as leveduras são fundamentais para que o açúcar do meio seja convertido em álcool. Para um bom rendimento ela tem que estar em um meio propicio. Na destilação o método de separação é baseado no fenômeno de equilíbrio líquido-vapor de misturas. Quando temos duas ou mais substâncias formando uma mistura líquida, a destilação pode ser um método adequado para purificá-las: basta que tenham volatilidades razoavelmente diferentes entre si. A condensação dos vapores de álcool que escapam mediante o aquecimento de um mosto fermentado. A mistura deve passar por várias etapas de destilação antes de resultar em produtos acabados. O Brasil tem um dos maiores programas de substituição de petróleo por energia renovável do mundo, o programa do álcool combustível. Conseguiu a substituição de 200 mil barris por dia de petróleo, deixando de lançar anualmente milhões de toneladas de carbono à atmosfera e contribuindo imensamente para a estabilização do clima do nosso planeta. Porém existem problemas que precisam ser resolvidos para que o álcool torne-se realmente uma alternativa ambientalmente sustentável. Problemas gerados pela monocultura da cana de açúcar, não devendo pressionar o meio ambiente, expandir sem precisar usar áreas que envolvam degradação. Pela condição social e trabalhista da mão de obra empregada, pelo primitivo processo de colheita que obriga a queima da cana, entre outros. As empresas e os órgãos reguladores do setor têm a obrigação de encará-los de frente Para fazer do programa uma solução global para as mudanças climáticas. Mais de 80% do total da energia utilizada do mundo é proveniente de combustíveis fósseis, que pouco mais de 6% correspondem à energia nuclear e apenas cerca de 13% vêm de energias renováveis, como o etanol e o biodiesel grande oportunidade que temos é modernizar o uso de biomassa. O consumo energético global é considerado o maior desafio para um futuro sustentável. A dependência mundial dos combustíveis fósseis não-renováveis que foram e continuarão a ser a principal causa da poluição e das mudanças climáticas e a crescente escassez das reservas de petróleo tornam cada vez mais urgente a viabilização de energias alternativas.

Palavras chave: Álcool, Fermentação, Destilação, Coluna, Mosto.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelo de uma molécula de etanol.....	15
Figura 2 – Reprodução de uma célula de levedura.....	17
Figura 3 – Fluxograma do processo fermentativo.....	21
Figura 4 – Centrifuga de levedo em corte.....	22
Figura 5 – Curva de pressão do álcool ISO-amílico.....	26
Figura 6 – aparelho de destilação	30
Figura 7 – Tronco de destilação.....	31
Figura 8 – interno de uma coluna “A” de bandejas	32
Figura 9 – Condensadores R e R1.....	34
Figura 10 – Trocador de calor vinho /vinhaça “K”.....	35
Figura 11 – Gráfico dos resultados obtidos por Barbet.....	37
Figura 12 – Coluna de retificação “B”.....	39
Figura 13 – Condensadores E, E1 e E2.....	40
Figura 14 – Decantador horizontal de Óleo fusel (DHL).....	42
Figura 15 – Coluna desidratadora “C”.....	44
Figura 16 – Decantador em corte.....	45
Figura 17 – Vaporizador L.....	46
Figura 18 – Coluna “P”	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
CAPITULO 2 FERMENTAÇÃO.....	15
2.1 PREPARO DO MOSTO.....	15
2.2 LEVEDURAS.....	17
2.3 CONTROLE MICROBIOLÓGICO.....	17
2.4 PRINCIPAIS FATORES DA FERMENTAÇÃO	
ALCOÓLICA.....	18
CAPITULO 3. PROCESSO DE FERMENTAÇÃO.....	21
CAPITULO 4. DESTILAÇÃO.....	24
4.1 CONSIDERAÇÕES / TERMINOLOGIA	25
4.2 COLUNAS DE DESTILAÇÃO.....	28
4.3 COMPOSIÇÃO E UTILIDADES DO APARELHO DE	
DESTILAÇÃO.....	29
4.4 PROCESSO DE OPERAÇÃO.....	35
CAPITULO 5. DESIDRATAÇÃO DO ÁLCOOL.....	44
5.1 PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO POR MISTURA	
AZEOTRÓPICA.....	44
5.2 PENEIRA MOLECULAR.....	49

6. CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
GLOSSÁRIO.....	54

INTRODUÇÃO.

A destilação é um método de separação extensamente estudado. Os primeiros estudos científicos documentados surgiram ainda antes da Idade Média, por volta do ano 800, com a invenção do alambique, um aparato usado até hoje para fazer destilações de bebidas alcoólicas, como a cachaça.⁹

A palavra álcool origina-se do árabe al-kuhul que significa líquido. Seu principal agente é o etanol (álcool etílico).

As bebidas alcoólicas representam as drogas mais antigas das quais se têm conhecimento, são elaboradas a partir da fermentação de produtos naturais: vinho (fermentação da uva); cerveja (fermentação de grãos de cereais) e outros (fermentação do mel, cana de açúcar, beterraba, mandioca, milho, pimenta, arroz etc.).

Bebidas alcoólicas destiladas - como cachaça, rum, uísque ou gim - são obtidas através da destilação de bebidas fermentadas.

Segundo procedimento no início primitivo e depois cada vez mais sofisticado, elas já estavam presentes nas grandes culturas do Oriente Médio e são utilizadas em quase todos os grupos culturais, geralmente relacionadas a momentos festivos.

Na Europa, no século VI, começa a se produzir na Grã-Bretanha o “mead” (a partir de mosto de mel), e só no século XI aparece, ao norte da Itália, a “grappa”, o primeiro produto da matéria-prima que viria ter um papel protagônico no desenvolvimento da ciência e da tecnologia da destilação: a uva. Os romanos enriqueciam o vinho por crio-concentração.

Até o desenvolvimento da refinação de petróleo, a evolução técnica e teórica da destilação continuou paralisando o desenvolvimento das indústrias de etanol como prova surgimento de nomes Barbet e Sorel.

O álcool combustível (etanol) é um produto renovável e limpo que contribui para a redução do efeito estufa e diminui substancialmente a poluição do ar, minimizando os seus impactos na saúde pública.

No Brasil, o uso do álcool restringe a emissão de poluentes da crescente frota de veículos, principalmente o monóxido de carbono, óxidos de enxofre, compostos orgânicos tóxicos como o benzeno e compostos de chumbo.¹³

Hoje, o Brasil produz 10,4 bilhões de litros/ano, aproximadamente três milhões de veículos são movidos a álcool hidratado, consumindo 4,9 bilhões de litros/ano. O programa tem condições de crescer ainda mais aumentando a mistura de álcool à gasolina e adicionando-o ao diesel, o que contribuiria paralelamente para a diminuição da poluição nas grandes cidades brasileiras. Porém existem problemas que precisam ser resolvidos para que o álcool torne-se realmente uma alternativa ambientalmente sustentável. Problemas gerados pela monocultura da cana de açúcar, não devendo pressionar o meio ambiente, expandir sem precisar usar áreas que envolvam degradação. Pela condição social e trabalhista da mão de obra empregada, pelo primitivo processo de colheita que obriga a queima da cana, entre outros. As empresas e os órgãos reguladores do setor têm a obrigação de encará-los de frente. Para fazer do programa uma solução global para as mudanças climáticas.

Mais de 80% do total da energia utilizada do mundo é proveniente de combustíveis fósseis, que pouco mais de 6% correspondem à energia nuclear e apenas cerca de 13% vêm de energias renováveis, como o etanol e o biodiesel. Grande oportunidade que temos é modernizar o uso de biomassa..

Usa-se álcool anidro – produção de 5,5 milhões de litros/ano – na proporção de 22%, como aditivo para a gasolina, a adição de álcool na gasolina reduz o efeito estufa, tirando da atmosfera um milhão de toneladas de gás carbônico (CO₂) por ano.

O objetivo deste trabalho é mostrar que o processo de fermentação é bastante antigo e facilitar o entendimento do processo da fabricação do álcool, sabendo que o álcool é um produto padrão que faz parte de uma comodite por esta razão deve se focar nas melhorias em sua produção, pois as melhorias de processo tornam as indústrias mais competitivas.

CAPITULO 2. FERMENTAÇÃO

A fermentação alcoólica pode ser considerada como a oxidação anaeróbica, parcial, da glicose, por ação de leveduras, com a produção final de álcool etílico (figura 1) e gás carbônico, além de outros produtos secundários.³

A fermentação é processo de grande importância, através do qual é obtido todo o álcool industrial, e todas as bebidas alcoólicas, destiladas ou não. O etanol de fórmula estrutural $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ produzido industrialmente fermentando sucos açucarados pela levedura *Saccharomyces cerevisiae*, Seu teor alcoólico é medido em volume e em peso

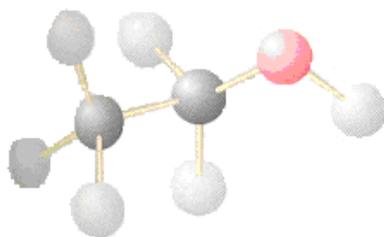


Figura 1- modelo de uma molécula de etanol

A matéria prima utilizável na fermentação alcoólica varia com as características agrícolas da região e com a finalidade da fermentação alcoólica, as fontes são inúmeras: cana, beterraba, uva, além de um grande número de cereais.

2.1 PREPARO DO MOSTO

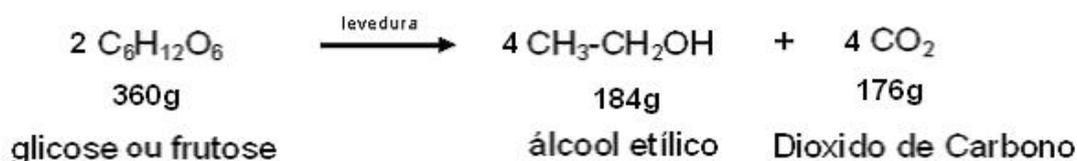
O mosto é uma solução açucarada com um percentual de açúcar dissolvido de acordo com o desejado pelo processo medido pelo brix, que são todos os açúcares redutores totais dissolvidos e outras impurezas.⁴

A matéria prima para a produção do álcool mais utilizada no Brasil, o processo que vamos abordar, é um composto de caldo mel, ou xarope e água (mosto) buscando um brix, grandeza que indica os sólidos dissolvidos em uma solução em torno de 20%, homogêneos a uma concentração de açúcar mais ou menos constantes, compatíveis com um teor alcoólico final na fermentação, sofrendo correções de pH, brix, temperatura, etc. afim de proporcionar melhores condições de desenvolvimento e

multiplicação das leveduras. A composição do mosto é diversificada, pois dependerá das matérias-primas utilizadas para sua preparação.

Algumas recomendações para se ter uma fermentação ideal é evitar oscilações no brix e pH do mosto .

O princípio da fermentação é a transformação dos açúcares em etanol e dióxido de carbono. As Equações Estequiométricas abaixo mostram a transformação da sacarose em álcool:



A transformação não é direta. Em primeiro passo, a enzima invertase da própria levedura quebra a sacarose, um dissacarídeo em dois monossacarídeos, a glicose e a frutose, em seguida a levedura usa esses monossacarídeos em seu metabolismo, gerando álcool e gás carbônico.

Se levarmos em conta as quantidades estequiométricas da reação total;

1 mol de sacarose ----- 4 mols de álcool etílico.

360g ----- 184g

100g ----- x

X = 51,1g

O rendimento teórico mostra então que não é possível obter mais que 51,11g de etanol a partir de 100g de sacarose.

O processo fermentativo pode ser analisado, considerando-se a importância de cada etapa: composição da matéria-prima utilizada, agente de fermentação alcoólica e as condições do meio.

2.2 LEVEDURAS

As leveduras de um modo geral são capazes de desdobrar a glicose e frutose para produção de álcool etílico, mas para isso tem que se controlar o oxigênio dissolvido no meio, em aerobiose o rendimento em álcool diminui ao mesmo tempo em que a um maior aproveitamento da energia proveniente da oxidação da glicose para reprodução de células de leveduras.

Sua reprodução é assexuada, ou seja, as leveduras se multiplicam por brotamento, processo pelo qual na superfície da célula adulta (célula mãe) desenvolve-se uma pequena saliência (célula-filha) que se transformará numa nova célula como descreve a figura 2

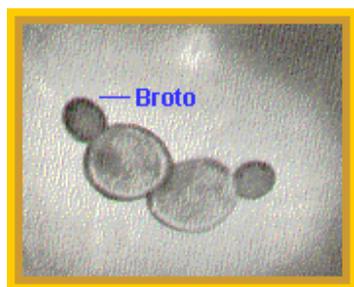


Figura 2 - reprodução de uma célula de levedura

2.3 CONTROLE MICROBIOLÓGICO.

O controle da cultura durante as diversas etapas que compõem o processo devem satisfazer três requisitos básicos:

1. Cultivo deverá conter uma quantidade suficiente de células para garantir a máxima produtividade no equipamento disponível.

2. Cultivo deverá ser feito de modo a preservar ao máximo a capacidade de produção da cultura original.

3. Cultivo deverá estar isento de microrganismos contaminantes.

Com relação aos dois primeiros quesitos, o processo de cultivo varia em função do microrganismo utilizado e deve levar em consideração os seguintes fatores:

a) Composição do meio de cultura; os elementos nutritivos mais importantes representam-se pelo carbono, nitrogênio, fosfatos, sais de magnésio, potássio e cálcio. As fontes mais importantes de carbono são os carboidratos e o nitrogênio em materiais protéico e nos produtos de sua degradação (sais amoniacais);

b) Condições de cultivo (pH, temperatura, etc.).As leveduras são mesófilas. As temperaturas ótimas para a produção do etanol situam-se na faixa de 28°C á 35°C, com média de 32°C. O pH ótimo situa-se entre 4 e 5, com melaços a pH 5,8-5,9;

Para controlar o problema das contaminações, no terceiro quesito usam-se anti-sépticos para criar ambiente favorável ao desenvolvimento das leveduras e desfavorável a outros microrganismos. Usam-se também os antibióticos, cuja sua ação é de agente esterilizante, em virtude de suas propriedades bacteriostáticas.

2.4 PRINCIPAIS FATORES DA FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA

As leveduras são os microrganismos mais importantes na obtenção do álcool por via fermentativa, mas dependem de vários fatores para que tenham uma boa performance são eles:

Agitação:

Esse provoca a suspensão das células da levedura, bem como a sua permanência nesse estado, aumentando a superfície de contato com mosto e também sua refrigeração.

pH do meio:

A correção do pH é importante porque, estabelece condições para um bom desenvolvimento das leveduras e inadequado para as bactérias.

As leveduras são microorganismos acidófilos, sendo que o pH ótimo para sua fisiologia varia de acordo com o tipo das mesmas. De modo geral, a fermentação alcoólica é bem conduzida em pH de 4,5 a 5,0.

Temperatura:

O fator temperatura é muito importante tanto na multiplicação do fermento, controle microbiológico e na produção de álcool.

Por exemplo, a temperatura ideal para o desenvolvimento da levedura alcoólica situa-se entre 28 e 35°C.

Luz:

A reprodução das leveduras se processa normalmente em condições deficientes de iluminação, sendo que a luz natural retarda a multiplicação das células.

Oxigênio:

As leveduras em anaerobiose realizam a fermentação, ao passo que, em presença de oxigênio, oxidam os açúcares pela respiração.

Um meio arejado produz muito pouco álcool, oxidando os açúcares com algum rendimento energético, o que favorecerá a multiplicação das células que terão a disposição, energia suficiente para a realização de síntese biológica.

No início da fermentação industrial, o oxigênio é necessário para obtenção de grande massa celular, porém, à medida que ocorre a fermentação, o gás carbônico formado e o esgotamento de oxigênio criarão condições de anaerobiose, favorecendo o metabolismo dos açúcares por fermentação.

Nutrientes nitrogenados:

O suprimento de nitrogênio as leveduras é essencial ao crescimento e a fisiologia.

A utilização de sulfato de amônio é recomendada como fonte nitrogenada, devido aos benefícios sobre o rendimento e velocidade de fermentação.

Qualidade de leveduras:

Devemos escolher uma levedura que apresenta ótima eficiência de inoculação. Se usar o fermento prensado a quantidade inicial e ideal deveria ser da ordem de 20 g de fermento para 1 litro de mosto, que corresponde á cerca de 50×10^9 células/litro. Outros autores, trabalhando com fermento selecionado, apresentam uma concentração muito mais elevada 80×10^9 a 120×10^9 no processo de cortes, alcançando 350×10^9 a 450×10^9 células/litro no processo de Mèlle-Boinot.³

CAPITULO 3. PROCESSO DE FERMENTAÇÃO.

O início do processo de fermentação se dá na pré-fermentação ou cuba como é chamado.

Esse equipamento tem muita importância já que é nele que se dá todo o tratamento suplementos de nitrogênio, fósforo, etc. Também a correção do pH, todos os tratamentos necessários para a saúde da levedura e que possa retornar a fermentação para a próxima batelada em boa saúde (figura 3) mostra o fluxograma do processo fermentativo.

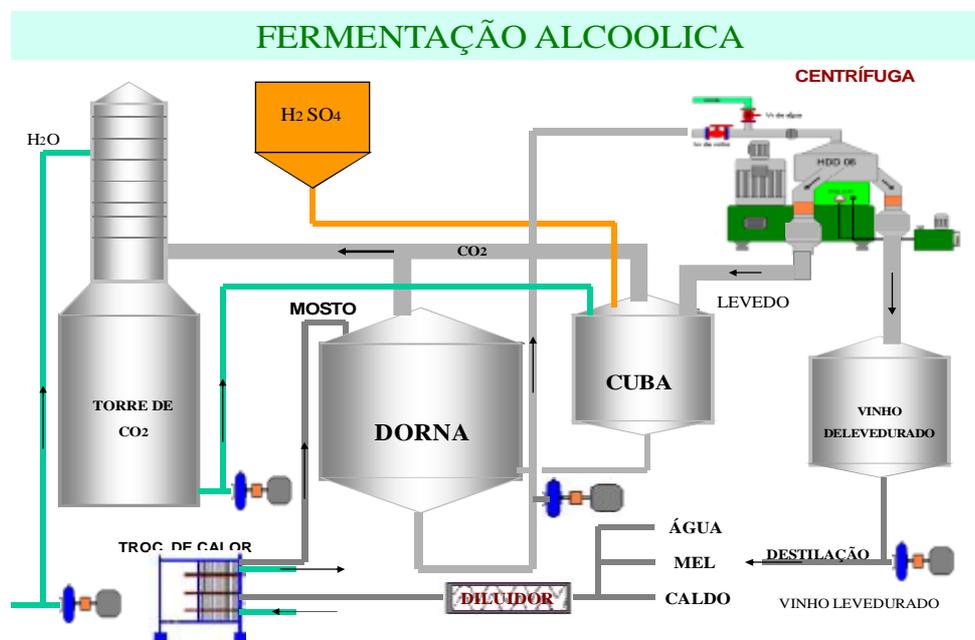


Figura 3 – fluxograma do processo fermentativo

Para a alimentação das leveduras a solução açucarada de caldo + mel, de acordo com o brix desejado, é homogeneizada pelo diluidor estático e resfriada para depois iniciar a alimentação do levedo depositado no interior das dornas.

Essa alimentação deve ser constante para que não falem alimentos para as leveduras processar a sacarose mantendo os parâmetros de uma boa fermentação. Durante este tempo as leveduras, desprendendo dióxido de carbono contendo uma pequena parte de álcool.

Para não ocorrer perdas a mistura gasosa $\text{CO}_2 + \text{etanol}$ é enviada à torre de CO_2 onde um contra fluxo de água provoca a retenção do etanol. A mistura $\text{H}_2\text{O} + \text{etanol}$ é então enviada à volante para ser destilada

O tempo de enchimento das dornas depende de vários fatores, entre eles vazão de alimentação e as dimensões das dornas.

Após o enchimento das dornas a mistura é mantida por um tempo de espera na dorna para que a solução açucarada do meio seja toda consumida pelas leveduras para depois ser enviada para as centrifugas. A seguir a mistura chamada de vinho levedurado é enviada as centrifugas que com a movimentação do rotor força o levedo a passar através de discos cônicos tendendo a separar a parte mais densa (levedo) da menos densa.

A parte mais densa é expulsa para fora pelas boquilhas laterais de descarga enquanto que a parte menos densa (vinho) sobe e é expelida na parte superior da nave

As centrifugas tem os seguintes princípios de funcionamento: o vinho alimenta a centrifuga pela parte superior do equipamento (figura 4) que é distribuído para um rotor de boquilhas por meio de um cone de distribuição

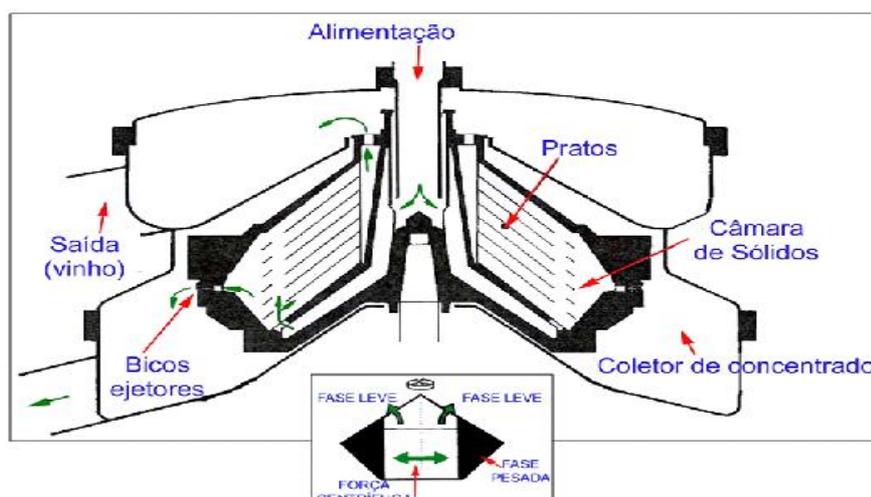


Figura 4 - Centrífuga de levedo em corte.

Após a separação o fermento centrifugado receberá um novo tratamento nos pré-fermentadores sendo então enviado para um novo ciclo, e o vinho isento do fermento (delevedurado) e rico em álcool é enviado para a destilação.

CAPITULO 4. DESTILAÇÃO.

Um dos métodos de separação mais utilizado nas indústrias é a destilação. Nela o processo de separação é atingido mediante a criação de duas ou mais zonas coexistentes que tem diferenças na temperatura. Na pressão, na composição ou no estado da fase, cada espécie molecular da mistura que se quer separar reage conforme as condições do meio e de forma singular, à medida que se caminha para o equilíbrio de cada componente cada um caminha para a separação da fase inicial.

O fator termodinâmico de intensidade que possibilita a separação de duas ou mais espécies químicas por destilação é a volatilidade relativa, e que está associada a diferenças de ponto de ebulição às mesmas pressões. Se não houver diferença no ponto de ebulição (volatilidade relativa = 1), é absolutamente impossível separar por destilação. Esta condição é aplicável a qualquer sistema, simples ou complexo, azeotrópico ou não azeotrópico, ideal ou não ideal.⁵

Apesar de ser teoricamente possível a separação de espécies químicas com pequena diferença entre seus pontos de ebulição a uma mesma pressão (volatilidade próxima a 1), tecnicamente este processo é desaconselhável, e deve-se procurar outras técnicas de separação. Mesmo assim, ainda hoje, os projetos de separação de isótopos se baseiam na destilação.

Numerosas modalidades de destilação são industrialmente utilizadas, de modo que se podem fazer diferentes classificações para a mesma, da mesma forma que todos os processos físicos e químicos, a destilação pode ser realizada em batelada ou em forma contínua, a destilação também pode classificar-se em função do número de componentes envolvidos: binária e multicomponente. Pode chamar-se de complexa quando o número de componentes é indefinido ou não identificado.

As destilações podem se realizar num único estágio (destilação de equilíbrio, muito conhecida como destilação "flash"), ou em múltiplos estágios, diferenciais (colunas de recheio) ou incrementais, (colunas de pratos).

Correntemente a destilação é aplicada a misturas homogêneas, mas também pode-se separar líquidos imiscíveis (destilação por arraste).

A destilação pode realizar-se a altíssimos vácuos (destilação molecular), vácuos moderados (destilação a vácuo), a pressão ambiente, a pressões moderadas, e a pressões altas e altíssimas, as vezes chamam-se de criogênicas as realizadas a temperatura do ar líquido, e inferiores. Todas elas até agora referidas podem realizar-se sem nenhuma incorporação do meio, com exceção da adição ou retirada de entalpia.

Porém, muitas modalidades de destilação necessitam da adição de um agente externo para modificar os coeficientes de atividade e produzir novos equilíbrios.

Dentro desta modalidade temos a destilação azeotrópica, na qual, por exemplo, um azeótropo binário é rompido por um agente incorporado ao sistema, para formar outro azeótropo, nesta, todos os componentes têm por ponto de ebulição próximo, e os azeótropos têm composição definida a uma pressão dada.

Na destilação extrativa agrega-se como agente separador um composto com ponto de ebulição muito maior que os dos componentes a serem separados. A composição do destilado não só depende das condições da destilação, mas também da quantidade de agente separador empregado.

Quando o agente separador tem um ponto de ebulição muito inferior ao material a ser separado, o processo é chamado de extração destilativa, por exemplo, um gás perto das condições críticas (abaixo ou acima), fracionando uma mistura líquida ou sólida. Este processo tem sido experimentado e proposto para fracionar aromas naturais com CO₂.

Quase qualquer combinação destas modalidades pode ser utilizada para obter-se uma separação de materiais, e para uma situação particular, alguns resultam ser mais apropriados que outros.

4.1 CONSIDERAÇÕES / TERMINOLOGIA

Definições que fazem parte do sistema de destilação, as principais são:⁷

PRESSÃO DE VAPOR

Conforme teoria cinética dos líquidos, cada molécula se desloca de forma contínua do espaço que ocupa para outro espaço livre. Quando o número de moléculas que passa da fase líquida a vapor, se estabelece um equilíbrio dinâmico.

Nestas condições as moléculas na fase vapor exercem certa pressão sobre o líquido e o recipiente que as contém varia em função da temperatura (cresce). A figura 5 ilustra este comportamento

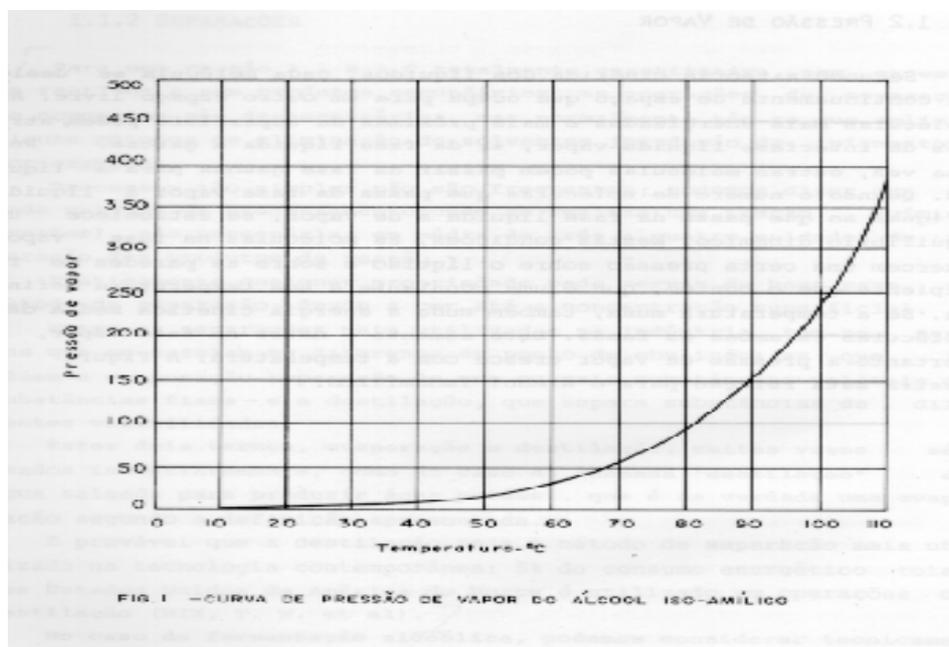


Figura 5- curva de pressão do álcool ISO-amílico

CALOR LATENTE

A maioria dos fenômenos de mistura, separação e mudança de fase estão associadas a efeitos térmicos. Quando estes fenômenos se produzem à temperatura constante, o efeito térmico associado é chamado de calor latente.

CALOR SENSÍVEL

Aquela energia térmica incorporada ou retirada de um sistema quando sua temperatura sofre variação e esta pode ser medida. Esta variação de temperatura não se associa com nenhuma transformação física ou reação química e sim as vibrações dos átomos e moléculas.

CONSTANTE DE EQUILÍBRIO (FATOR K)

A constante de equilíbrio (K) de uma mistura é definida como: $y = K \cdot x$

Onde: y é a fração molar de um componente na fase vapor em equilíbrio com seu componente na fase líquida, cuja fração molar é x; K é uma função da temperatura e da pressão.

VOLATILIDADE RELATIVA DE UM LÍQUIDO

É a relação entre suas concentrações nas fases vapor e líquido.

Volatilidade de A = $\frac{y_A}{x_A}$

x_A

Volatilidade de B = $\frac{y_B}{x_B}$

x_B

MISTURA LÍQUIDA IDEAL

Na mistura, cada líquido se comporta como se estivesse sozinho, sem que nenhuma de suas propriedades sejam modificadas pelos outros componentes da mistura.

MISTURA LÍQUIDA NÃO IDEAL

Nas misturas líquidas não ideais, as forças intermoleculares de atração e repulsão dos componentes isolados mudam quando misturados e a magnitude dessa mudança depende das concentrações envolvidas.

Por exemplo, ao se misturar 1 litro de Água e 1 litro de Etanol obtém-se como volume 1,930 litros

4.2 COLUNAS DE DESTILAÇÃO

São equipamentos em forma cilíndrica, construído em geral de aço inoxidável, que contém em seu interior bandejas ou um recheio qualquer, que permite o líquido sofrer sucessivas condensações e evaporações, separando os constituintes do produto a ele alimentado, segundo as suas diferenças de volatilidade. Os produtos mais voláteis tendem a se concentrar à medida que seus vapores atingem as camadas superiores do equipamento.²

TIPOS DE COLUNAS DE FRACIONAMENTO:

São unidades nas quais se obtém o contato das duas fases, que se efetua mediante sucessivas condensações e evaporações da fase gasosa.

O vapor que atinge a parte superior da coluna é condensado fora da mesma por meio de um fluido de resfriamento externo. Este condensado é parcial ou ainda totalmente retornado à coluna.

Classificação das colunas:

a) Vazias: pouco uso industrial;

O líquido descende pela parede de um tubo cilíndrico e o vapor ascende pela parte central.

b) Semi-vazias:

Tem recheio parcial;

Perda de carga muito baixa.

c) Recheio:

Anéis ou áreas de contatos internos;

d) Pratos:

São as mais comumente utilizadas em destilação;

O dispositivo de contato entre o vapor que ascende pela coluna e o líquido que descende são pratos (ou bandejas), geralmente espalhados uniformemente pela coluna;

A separação entre os pratos é uma variável e importante no projeto da coluna.

4.3 COMPOSIÇÃO E UTILIDADES DO APARELHO DE DESTILAÇÃO:

É um conjunto de colunas e troncos com seus respectivos condensadores e acessórios, interligados estrategicamente, de maneira a se produzir álcool dentro de especificações pré estabelecidas. São constituídas por uma série de caldeiras de destilação superpostas, as quais recebem a denominação de bandejas. A reunião de duas ou mais bandejas de destilação forma um gomo, que se liga a outros por meio de flanges.

Cada bandeja se constitui em uma unidade de destilação, variando o seu número no gomo e na própria coluna. As bandejas de destilação são geralmente circulares, sendo que pela superposição das mesmas, dão ao conjunto o aspecto de um cilindro vertical que recebe o nome de coluna, como mostra a (figura nº6).

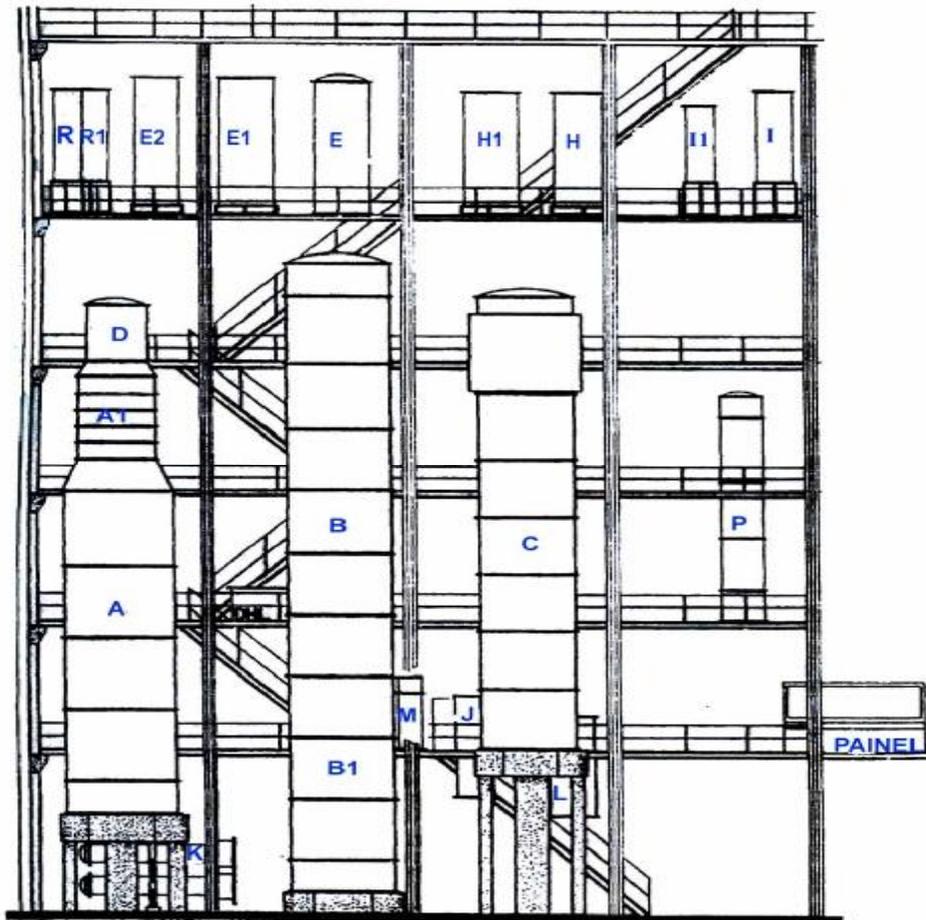


Figura 6- aparelho de destilação

Tronco de destilação, coluna A, A1 e D.

Coluna de esgotamento de vinho (A):

Esta coluna é composta normalmente de 16 a 18 bandejas e tem por finalidade esgotar o vinho do álcool, de acordo que decresce o numero de bandeja vai empobrecendo de álcool.

Estas colunas “A”, “A1” e “D” são sobrepostas uma sobre a outra, como mostra a (figura 7).

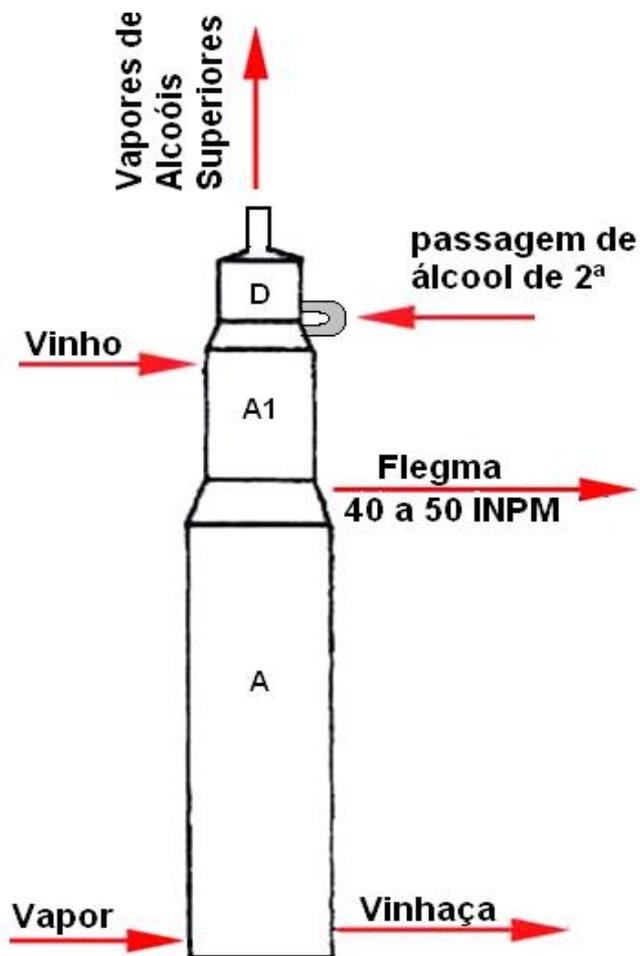


Figura 7 - tronco de destilação

Os dispositivos de contato vapor-líquido dos pratos de uma coluna de destilação são as calotas, constituídas de chaminé e calota propriamente dita, de acordo a (figura 8).

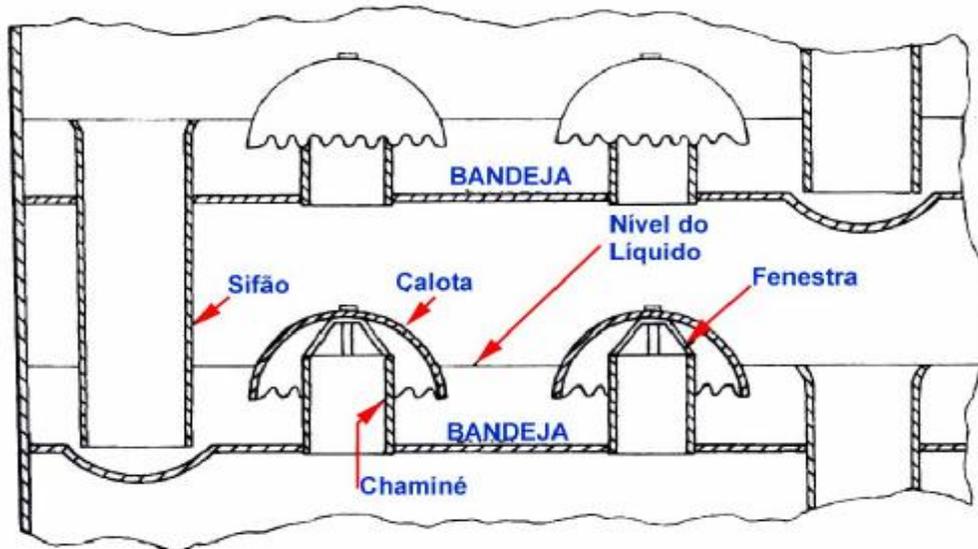


Figura 8 - interno de uma coluna "A" de bandejas:

As bandejas se comunicam entre si por meio de sifões de destilação os quais em sua parte superior, sobressaem alguns centímetros, determinando o nível da bandeja, enquanto que, em sua extremidade inferior, ficam mergulhados no líquido contido na bandeja ali situada, impedindo dessa maneira, a passagem direta dos vapores para a bandeja seguinte.

As bandejas possuem um grande número de orifícios, aos quais se encontram acoplados tubos denominados chaminés, munidos lateralmente de janelas (fenestras), sobre as quais se apresentam as calotas ou canecas construídas sob as formas mais variadas. Estas calotas com suas bordas mergulhadas no líquido, oferecem resistência a passagem dos vapores provenientes da bandeja inferior, formando uma verdadeira junta hidráulica.

Outro sistema que substitui as calotas são as bandejas de pratos perfurados inclusive são mais eficientes, mas, exige uma pressão de vapor constante para um bom funcionamento.

Saindo pela base somente a vinhaça no menor teor de álcool possível, < que 0,03, mas, rica em Fósforo, nitrogênio e Potássio e retornam ao campo para Fertirrigação.

O flegma concentrado de álcool, em torno de 50°GL é retirado pelo topo da mesma, por um tubo de 20" que é interligado no gomo vazio entre a coluna "B" e "B1".

O aquecimento desta coluna é feito através de borbotagem direta ou através de um aquecedor indireto.

Coluna de Epuração de vinho (A1):

Esta coluna é normalmente composta de oito bandejas, e tem a finalidade de purificar o vinho das impurezas mais voláteis, melhorando a qualidade do álcool, estes produtos são arrastados assim que são formados, para a coluna "D".

O vinho entra na coluna através da bandeja nº 8 da coluna A1, e o vapor da coluna "A" aquece todo o conjunto, coluna A, A1 e D.

Coluna de concentração de cabeça (D)

É composta de seis bandejas e é cegada em sua base porque o sulfato concentrado nesta coluna poderia descer pelas bandejas e incrustar a coluna A por calcificação, por isso à passagem somente por uma válvula lateral que controla sua vazão 6.

Esta tem a finalidade de concentrar os produtos de cabeça originados na coluna A e A1, os quais são retirados sob a forma de álcool de segunda.

Os vaporados desprendidos desta coluna são encaminhados condensador R e ao seu auxiliar R1e seus vapores mais voláteis saem pela trombeta eliminando as substâncias originadas da própria fermentação. (Figura 9) dos condensadores R e R1, pôr onde sairão os produtos de baixo ponto de ebulição (gases de enxofre, aldeídos, ésteres, etc.).

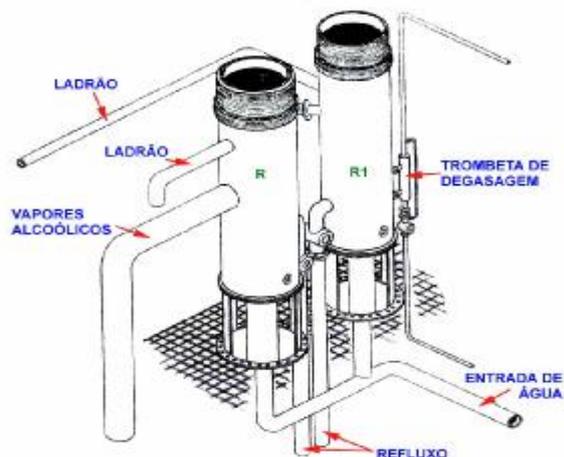


Figura 9 - condensadores R e R1

PRINCÍPIO DA CONDENSAÇÃO:

Os condensadores são trocadores de calor que são utilizados para condensação vapores alcoólicos provenientes das colunas A, B, C e P e mantêm a pressão do sistema constante, já que a condensação forma um selo no topo da coluna equilibrando sua pressão, se não houvesse condensação o álcool se perderia na atmosfera.¹

Para haver eficiência no sistema existem duas ou três etapas de condensação, de acordo com a necessidade o auxiliar que faz a ultima troca térmica dos vapores alcoólicos, passando a degasar somente as impurezas desejadas, sem perdas de álcool por evaporação.

As colunas necessitam para o seu funcionamento de uma boa retrogradação, para que se mantenha liquido nas suas bandejas superiores.

Uma retrogradação de Cinco á sete vezes a produção de álcool é considerada satisfatória, senão pode acarretar queda no teor alcoólico do produto final

Com uma melhor qualidade livre de impurezas, o condensado que retorna a coluna D é encaminhado para a coluna "B" para retificação, este produto também pode

ser retirado como álcool de segunda, produto que será queimado nas caldeiras em sua partida, por ser um álcool sem tratamento seu custo de produção é menor e torna mais viável a queima.

4.4 PROCESSO DE OPERAÇÃO

O vinho delevaturado com um teor de 10º INPM é bombeado passando pelo pré-aquecedor de vinho E, e faz a troca térmica com os vapores alcoólicos provenientes da coluna B, e o ganho de calor é em torno de 60ºC dependendo da limpeza do equipamento. A segunda etapa do aquecimento é o trocador de calor K utilizando a vinhaça para atingir o aquecimento ideal na faixa de 92º C para depois ser introduzido na 8ª bandeja da coluna A1, (figura 10).

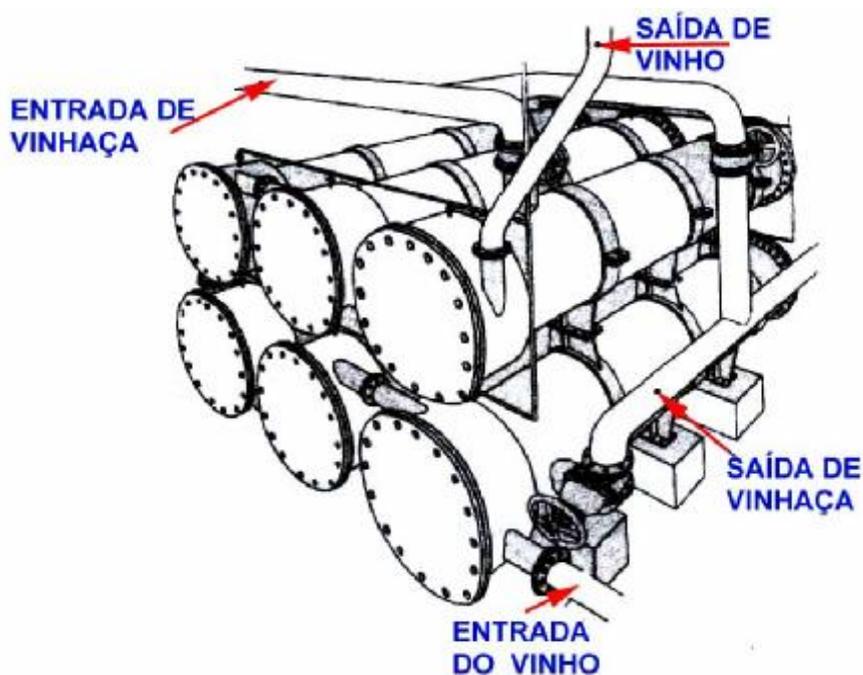


Figura 10- trocador de calor vinho /vinhaça “K”

Na base da coluna em contra fluxo temos a injeção de vapor. Neste percurso ocorre o contato íntimo entre as fases, os produtos mais voláteis tendem a evaporar e são eliminados pelas trombetas de degasagem.

Ao chegar a sua base, o líquido é parcialmente vaporizado num refeedor, gerando vapor para a coluna, os componentes mais leves. Com densidade menor tendem a se concentrar na fase vapor, e se encaminhar para a coluna “B” pelo topo da coluna “A” em forma de flegma com uma concentração de álcool em torno de 45% enquanto os mais pesados (vinhaça) tendem para a fase líquida e escoam pela base da coluna;

A separação global e dinâmica das fases depende principalmente da volatilidade relativa dos componentes, do número de pratos da coluna e da razão das taxas de líquido e vapor.

Existem varias impurezas contidas no álcool e um homem chamado Barbet analisou e estudou vários destes produtos, selecionando os:

- Produtos de cabeça: Aqueles que saem no topo das colunas
- Produtos de fundo ou cauda: Aqueles que saem no fundo da coluna.

A tabela 1 a seguir mostra as principais impurezas que estão presentes no vinho e seu ponto de ebulição.

Tabela 1- impurezas presentes no vinho

PRODUTO	TEMPERATURA DE EBULIÇÃO (C)
Aldeído acético	20,2
Álcool isoamílico	132,0
Acetato de metila	59,0
Acetato de etila	77,1
Isobutirato de etila	110,0
Acetato de isoamila	137,5

Na maioria das vezes, como era de se esperar, o produtos mais voláteis (ponto de ebulição mais baixa) tendem a acompanhar o álcool e os produtos de ponto de

ebulição mais pesados tendem a acompanhar a vinhaça. Ou seja, os produtos mais voláteis são de cabeça, e os produtos menos voláteis, de fundo.

Porém, muitos compostos não seguem esta regra, e mesmo com alto ponto de ebulição tendem a acompanhar o álcool devido às suas características.

Barbet, verificando o comportamento das impurezas, concluiu que elas podem se comportar como produto de cabeça ou de fundo, dependendo da concentração de álcool na mistura. Ou seja, a presença de mais ou menos álcool na mistura influencia na volatilidade do produto.

Ele definiu um número, chamado coeficiente de BARBET, ou K' , que poderia ser analisado. Este número, se maior que 1, significa que o produto tem um comportamento de cabeça, subindo pela coluna. Se o número for menor que 1, o produto desce pela coluna e tem um comportamento de fundo, conforme são mostrados na (figura 11).

Sabendo-se a concentração de álcool em cada prato, é possível saber como uma determinada impureza vai se comportar.

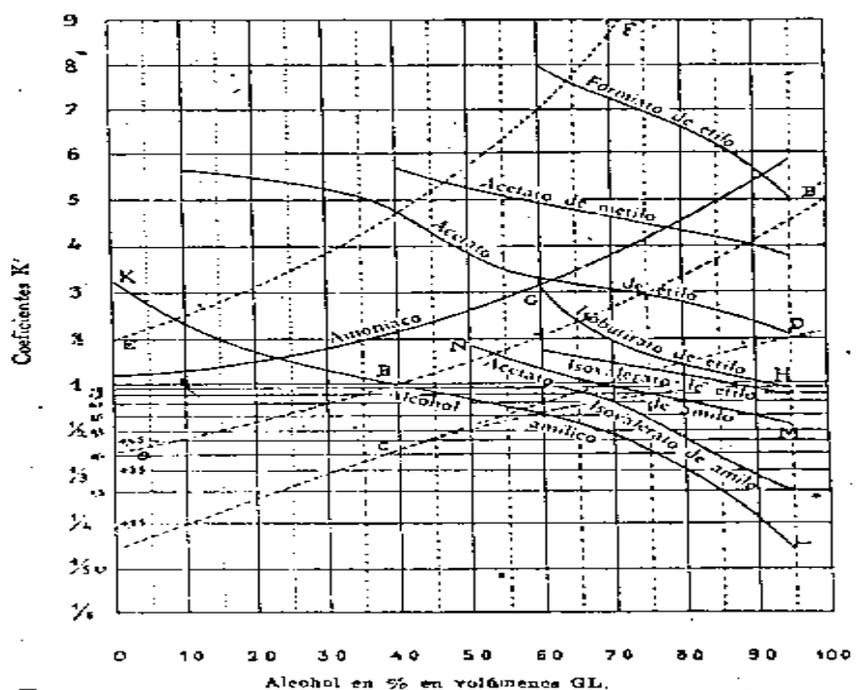


Figura 11-gráfico dos resultados obtidos por Barbet

A eliminação dos produtos de cabeça, se dá na coluna de epuração (ou coluna A1 ou A'), instalada antes do setor de esgotamento, de forma a eliminar a maior parte dos produtos de cabeça junto com o primeiro álcool da destilação.²

Epuração significa purificação. Os vapores que saem desta coluna são condensados e retirados do processo e enviado para uma coluna que tem como finalidade concentrar as impurezas, chamada coluna Concentradora de Cabeças (Coluna D). Como as principais impurezas deste tipo são os aldeídos e ácido acético, em alguns lugares esta coluna recebe o nome de coluna de aldeídos. Os aldeídos leves e exalam um cheiro bastante forte e desagradável.

Paralelamente, esta coluna é bastante útil para eliminar os gases que acompanham o vinho, particularmente o CO₂, produto que dá bastante acidez ao álcool e prejudica o funcionamento das colunas.

Não se consegue uma retirada total destes produtos na coluna epuradora e uma parte acaba indo para a coluna B com o álcool.

COLUNA RETIFICADORA DE ALCOOL "B".

Esta coluna é composta de 43 bandejas e sua função é de retificação e purificação do flegma, e concentração de álcool separando pelo ponto de ebulição os produtos formados no processo fermentativo.

Os principais componentes são os alcoóis homólogos superiores (óleo fúsel) N-butanol, Isoamilico, N-propanol, Etc.

O aquecimento da coluna B é pelos vapores alcoólicos provenientes da coluna "A", e complementado pelo vapor da coluna de esgotamento B1 composta por treze bandejas, (Figura 12).

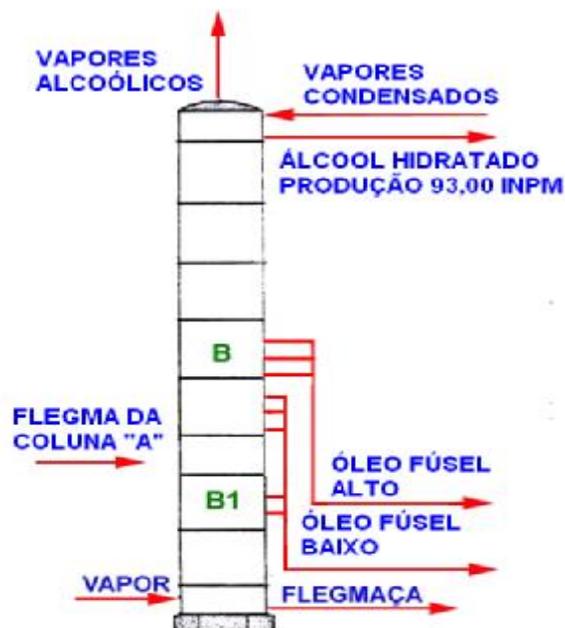


Figura 12 - coluna de retificação "B"

O flegma, na forma de vapor da coluna A é direcionado em um gomo intermediário entre a base da coluna B e topo da "B1".

O fundamento da coluna "B1" é para garantir que não ocorram perdas de álcool em sua base, através aquecimento via borbotagem direta, e o líquido que desce pelas bandejas, vai empobrecendo de teor alcoólico até atingir o menor possível (Menor ou igual 0,03%) e a evaporação ascendente de bandeja para bandeja, enriquece os vapores até atingir o teor ideal de 93,00 INPM no topo da coluna o álcool é condensado e uma parte é retida para produção.

Geralmente os condensadores fazem sua troca térmica com água, somente o condensador E é que o faz com o vinho por isso é conhecido como pré-aquecedor de vinho, (figura 13). Aproveitando o calor dos vapores alcoólicos da coluna "B" faz-se um pré-aquecimento no vinho e a primeira condensação dos vapores de álcool.



Figura 13 - condensadores E, E1 e E2

Tem-se duas opções de envio do álcool hidratado para produção ou para desidratá-lo na coluna "C" ou peneira Molecular e produzir álcool Anidro.

Conforme pode ser observado no gráfico de BARBET, existem vários produtos que se comportam ora como cabeça e ora com cauda, ou seja, apresentam coeficientes K' ora menores que 1 ora maiores que 1.

Estes produtos são representados principalmente pelos produtos que chamamos de óleos por suas características de oleosidade, este é o comportamento do álcool Isoamilico.

Quando estamos na coluna A, as concentrações de álcool no líquido gerador são abaixo de 10° GL e assim, este produto sempre se comporta como um produto de cabeça, subindo pela coluna e passando para a coluna B. Quando começa a coluna B as concentrações de álcool sobem rapidamente passando para acima de 60° GL logo nos primeiros pratos. Neste caso o coeficiente de BARBET cai abaixo de 1 e o produto age como um produto de cauda. Assim, o álcool Isoamilico fica "preso" na coluna no prato cujas graduações alcoólicas estão entre 40° e 60° GL, e vai se acumulando paulatinamente. Para retirar esta impureza é necessário fazer algumas tomadas laterais na coluna e retirá-lo continuamente, de forma que ele não se acumule.²

Note-se que quando se faz à retirada lateral, retira-se álcool, água e uma série de impurezas contidas naquele prato da retirada. Ao óleo tirado nesta parte da coluna B dá-se o nome de óleo baixo (parte de baixo da coluna).

Se estudarmos outros produtos como o n-propanol, o isopropanol, o sec butanol e alguns ésteres veremos que eles tendem a se concentrar no prato onde a concentração de álcool é de cerca de 80° GL. Assim, também as colunas têm saídas laterais para retirar estes produtos.

Estes óleos retirados mais acima na coluna são chamados de óleos altos.

O álcool Isoamilico, que é o principal componente dos óleos baixos, não é solúvel em água. Assim, usa-se processo de lavagem do óleo baixo, podendo ser recuperado o álcool que foi retirado junto com este óleo. O produto lavado e concentrado em álcool Isoamilico é chamado de óleo fúsel.

Estes álcool superiores são formados na fermentação essa formação ocorre principalmente pela falta de nitrogênio amoniacal disponível no meio. Assim a levedura utiliza o nitrogênio proveniente dos aminoácidos, quebrando a estrutura dos mesmos e gerando os alcoóis superiores. Finalmente estes alcoóis são retirados como descrito no trabalho através da destilação

Os óleos altos não podem ser lavados porque são miscíveis com a água, e isso torna impossível eliminá-los por decantação.

DECANTADOR DE ÓLEO FÚSEL

O óleo baixo é retirado do prato cuja composição esteja próxima de 54° GL. É suficiente retirar óleo apenas de uma bandeja. O teste pode ser feito com um alcoômetro que vai indicar a concentração de álcool no prato. Pode-se, também, misturar 50% de óleo com 50 % da água em uma proveta de 100ml, coletando amostras de alguns pratos e aquele que decantar maior quantidade de óleo fúsel deve ser o escolhido para a retirada. Não se deve retirar óleo de diversas bandejas, pois esta prática diminui a eficiência de separação e aumenta a quantidade de etanol a recircular.

Este óleo é resfriado e injetado em contra corrente com água fria dentro do decantador, (figura 14).

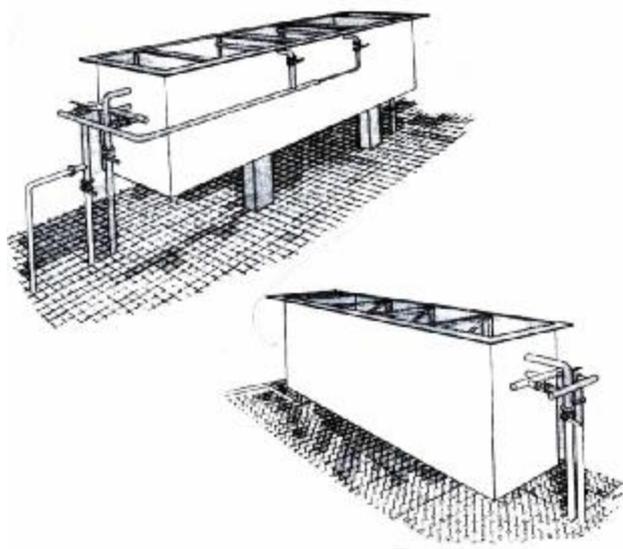


Figura 14 - Decantador horizontal de Óleo fusel (DHL).

O óleo, por ser menos denso que a água sobe, enquanto a água desce. No percurso, o etanol miscível em água vai se misturando com a água e o óleo vai sendo purificado. Este óleo se acumula no topo do decantador sendo retirado por flotação quando houver uma quantidade suficiente.

A água de lavagem se enriquece de álcool e a vazão dela deve ser regulada de forma a fornecer um grau alcoólico de aproximadamente 10-12 °Gl.

Os produtos contidos no óleo baixo têm seu valor comercial por isso são retirados e armazenado para venda e por se tratar de um produto de alto ponto de ebulição se torna obrigatória sua retirada ou acarretara perdas na base da coluna ou até interferir na qualidade do etanol.

A impureza de cabeça possui o ponto de ebulição inferior a do álcool etílico, portanto se concentram na cabeça ou são eliminados pelas trombetas do condensador E2, estas impurezas são representadas por aldeídos e ésteres e ácido acético que não foram totalmente eliminados no condensador "R1".

CAPITULO 5. DESIDRATAÇÃO DO ÁLCOOL

No processo anterior o álcool extraído é o álcool etílico carburante utilizado como combustíveis em motores a explosão como única fonte de energia. Já neste processo extraímos um álcool com menor percentual de água para ser utilizado como mistura na gasolina e baratear seu custo, além de provocar menos impacto de poluição.

Para desidratar o álcool além do limite convencional de uma destilação por evaporação, tem-se que utilizar outros métodos.

É possível separar água e álcool por destilação simples até a proporção em peso 95,57% de álcool e 4,43% de água, sendo que a partir deste ponto ocorre a formação de mistura azeotrópica.

Na mistura azeotrópica o álcool tem o ponto de ebulição mais baixo do que a mistura hidroalcoólica. Desta forma os vapores gerados terão uma composição igual do líquido gerador possibilitando a separação, pois a mistura se comporta como se fosse uma substância pura.

Para se obter álcool puro há a necessidade de se utilizar recursos físicos ou químicos para se conseguir separar o álcool da água.

Os métodos químicos empregam substâncias capazes de absorver a água; tratam-se os vapores e os líquidos com estas substâncias.

Nos métodos físicos empregam-se processos para deslocar o ponto de azeotropismo.

5.1 PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO POR MISTURA AZEOTRÓPICA

Para obter álcool anidro utilizando mistura azeotrópica utiliza-se o ciclohexano, na coluna de desidratação "C", (figura 15). Nesta coluna ocorre a formação de três zonas do ternário, do binário e do álcool anidro, respectivamente do topo para a base.

O ciclohexano é líquido incolor de odor característicos inflamável, tóxico, refrigerante solúvel em álcool e insolúvel em água sua fórmula C_6H_{12} . Ponto de ebulição $80,7^{\circ}C$

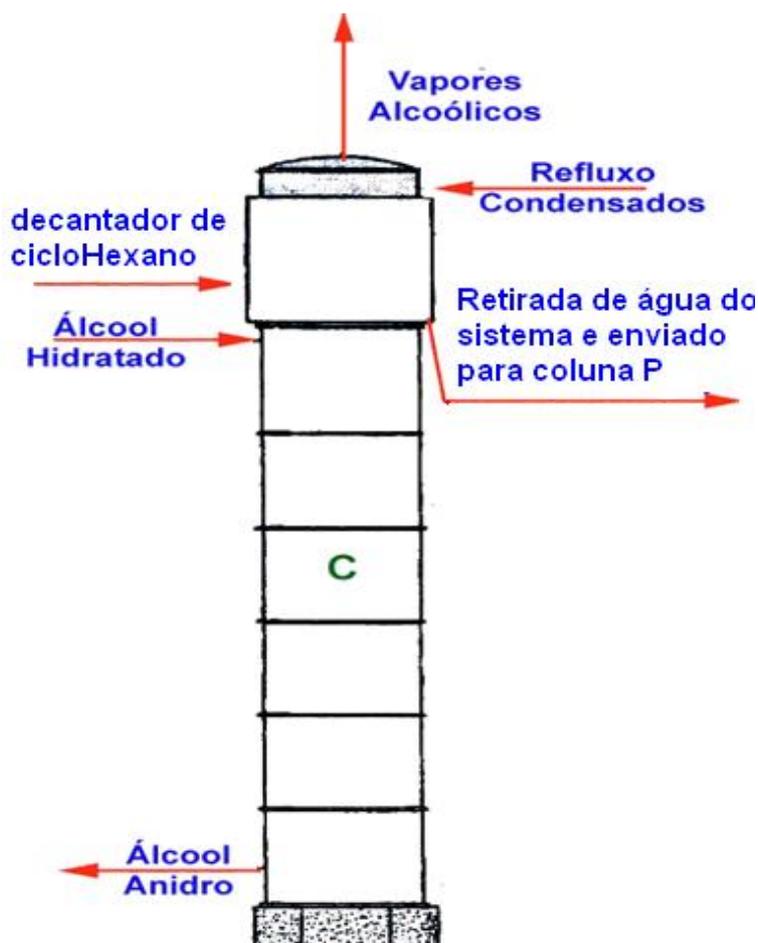


Figura 15 - coluna de desidratação.

Com a introdução desta terceira substância corpo trator, é possível alterar o ponto de azeotropismo da mistura tornando possível separá-las e saíra um álcool com teor de aproximadamente 99,40 INPM,

O ciclohexano na mistura a formação ternária composta por ciclohexano + água + álcool com ponto de ebulição $62,1^{\circ}C$ a pressão atmosférica, portanto inferior a qualquer das substâncias puras que compõem a mistura, que seria.

Água 100°C

Álcool 78,3°C

Ciclohexano 80,7°C

Por isso seu comportamento é situar-se no topo da coluna.

No decantador a parte inferior contém 20 % do volume do ternário decantado, apresenta-se a seguinte composição:

Ciclohexano 15%

Álcool 65 %

Água 20%

Esta água é retirada do sistema através da base do decantador, (figura 16).

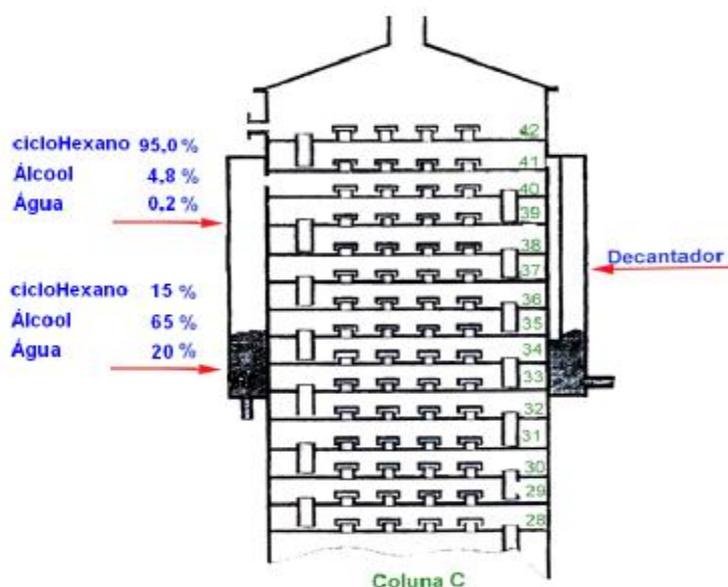


Figura 16 - Decantador em corte

Na parte superior recirculando na coluna C, pelas janelas do corpo do decantado, sua composição correspondente 80% do volume ternário decantado.

Em proporções de:

Água 0,2%.

Álcool 4,8%.

Ciclohexano 95,0%

Como o álcool anidro é extraído da base da coluna o aquecimento não pode ser direto, senão acarretaria queda do teor pelo contato do álcool com a água do vapor, por isso é utilizado um reboiler, (figura 17). Este equipamento é tubular e evita o contato e proporciona ao álcool calor para gerar pressão na coluna.

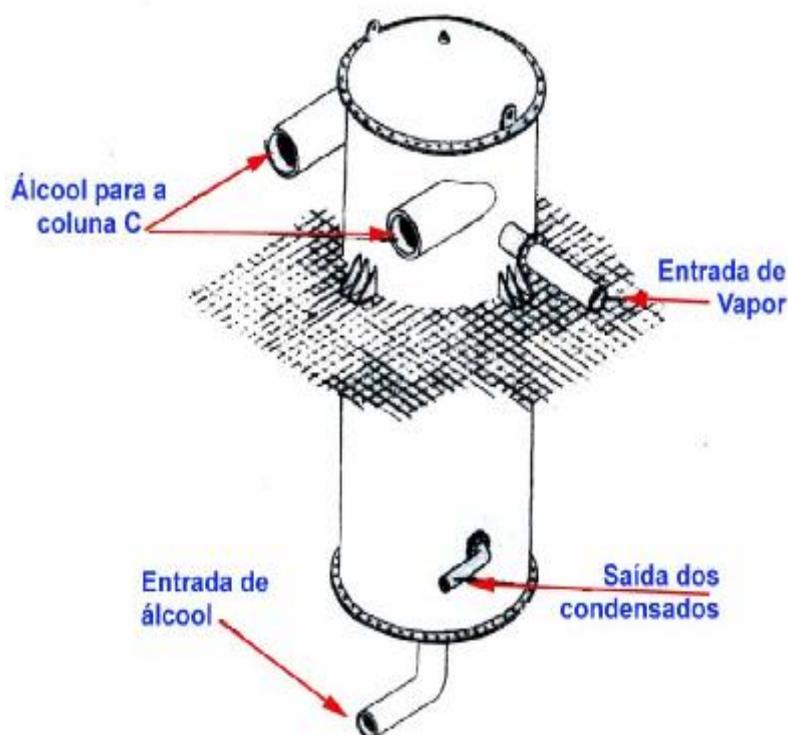


Figura 17 - vaporizador L

COLUNA "P"

Esta coluna tem a função de reciclar o cicloHexano contida na água fraca e retorná-lo na coluna "C" e o álcool contido na solução enviá-lo para coluna "B", por ser mais volátil a maior proporção de ciclohexano sai pelo topo, enquanto que pela base sai a maior proporção de álcool e enviado para coluna "B" (figura 18).

A coluna P tem normalmente 30 bandejas, possuindo condensadores denominados I e I1.

A camada inferior, do decantador entra na coluna P, na altura da bandeja 20.

A coluna é aquecida por borbotagem de vapor direto.

Na caldeira da coluna P, obtém-se o líquido que contém comente álcool e água.

Este líquido é enviado na 1ª bandeja da coluna B.

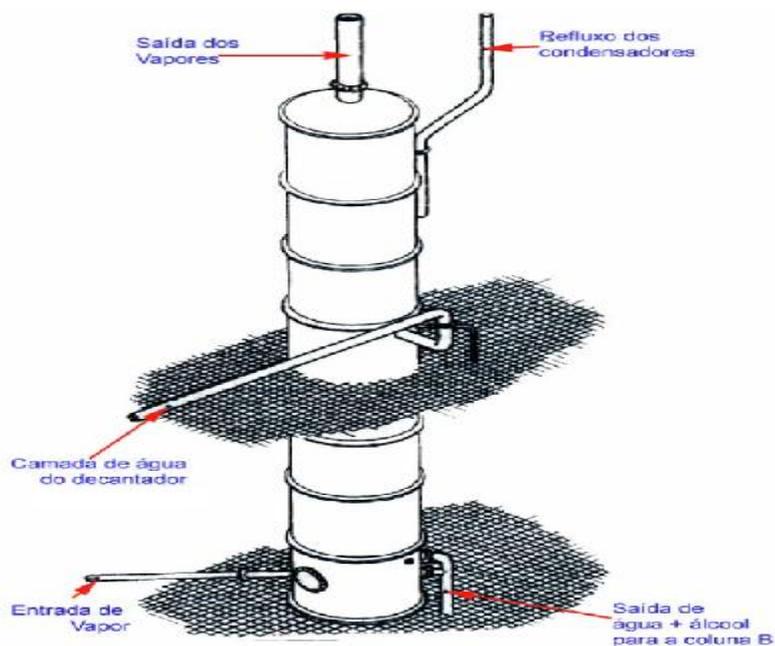


Figura 18 – coluna "P"

5.2 PENEIRA MOLECULAR

Outro método de desidratação é a peneira molecular.

Em 1.756 um mineralogista sueco descobriu um mineral com grandes capacidades de absorção. Esse material, denominado zeólito, é formado por cristais que contém água e quando é aquecido libera esta água sem alterar sua estrutura que pode ser desenvolvida para absorver vários materiais. Suas aplicações são inúmeras, sendo usada para secar, purificar e separar uma ampla variedade de líquidos ou gases

Este material é poroso e a distribuição de poros pode ser modificada de tal modo que pode ser usado como uma Peneira Molecular. As moléculas grandes demais para passar por entre os poros são extraídas, enquanto que as moléculas que tem um diâmetro cinético menor que o tamanho do poro são adsorvidas.

O zeólito é basicamente formado por complexos de elementos tais como Alumínio e óxido de Silício (SiO_2) ou materiais semelhantes que formam uma mistura cerâmica estável, com porosidade controlada. Um método que utiliza os zeólitos são pequenas esferas porosas que faz a separação etanol-água através dos tamanhos das moléculas, as de água são menores que a do etanol e são adsorvidas deixando a água dentro dos cristais, enquanto que o álcool flui pela base da coluna.¹¹

Também agem da mesma forma que imãs sendo ela dissecante de superfície ativa com cátions expostos na estrutura acabam se ligando aos anions de uma extremidade de uma molécula bipolar, por isso quanto maior for a bipolaridade de uma molécula maior será a atração, sabendo que a água tem um momento bipolar de 1,8 debyes e o álcool de 1,7 conseqüentemente será mais atraída.⁸

As grandes vantagens da desidratação através da Peneira Molecular são:

1. Produto Final (álcool anidro) fica sem traços de ciclohexano por isso um produto mais confiável.
2. Consome menos vapor.
3. Processo é mais simples.

São normalmente três compartimentos (vasos) cheios de zeólitos por onde passara o álcool Hidratado para absorver a água, o álcool hidratado entra pelo topo a uma temperatura em torno de 140°C por um tempo predeterminado a uma pressão de 2,5 kgf/cm² a 3,0 kgf/cm² saindo álcool anidro com teor de 99,40 na sua base, após saturar, este vaso entra em regeneração através de vácuo para absorver a água retida nos Zeólitos e este será colocado novamente em operação.

Esta água retirada dos Zeólitos contem água e álcool, por isso é reciclada para retornar ao processo e alimentar novamente o sistema.

6. CONCLUSÃO

Muitas vezes a atividade microbiana pode ser utilizada pelo homem na obtenção de compostos orgânicos de grande utilidade, através de processos industriais, simples ou complexos, que, no geral, consistem na oxidação parcial de uma substância orgânica. A fermentação alcoólica pode ser considerada como a oxidação anaeróbica, parcial, da glicose, por ação de leveduras, com a produção final de álcool etílico e gás carbônico, além de outros produtos secundários. É em processo de grande importância, através do qual é obtido todo o álcool industrial, e todas as bebidas alcoólicas, destiladas ou não.

Neste processo as leveduras são fundamentais para que o açúcar do meio seja convertido em álcool. Para um bom rendimento ela tem que estar em um meio propício. Este processo é muito sensível e qualquer mudança nos parâmetros pode acarretar queda no rendimento de álcool e formação de outros produtos.

Na destilação o método de separação é baseado no fenômeno de equilíbrio líquido-vapor de misturas. Quando temos duas ou mais substâncias formando uma mistura líquida, a destilação pode ser um método adequado para purificá-las: basta que tenham volatilidades razoavelmente diferentes entre si. A condensação dos vapores de álcool que escapam mediante o aquecimento de um mosto fermentado. A mistura deve passar por várias etapas de destilação antes de resultar em produtos acabados.

Seu uso como método de separação disseminou-se pela indústria química moderna. Pode-se encontrá-la em quase todos os processos químicos industriais em fase líquida onde for necessária uma purificação.

Em teoria, não se pode purificar substâncias até 100% de pureza através da destilação, existem limitações e não se pode separar misturas azeotrópicas por destilação comum.

Para se obter álcool mais desidratado há a necessidade de se utilizar recursos físicos ou químicos para se conseguir concentrar o álcool acima de 97°GL.

Os métodos químicos empregam substâncias capazes de absorver a água; tratam-se os vapores e os líquidos com estas substâncias, como por exemplo o ciclohexano.

Nos métodos físicos empregam-se processos para deslocar o ponto de azeotropismo.

Pequenas esferas porosas que fazem a separação etanol-água através dos tamanhos das moléculas, são conhecidas como Peneiras Moleculares. As moléculas de água são menores que a do etanol e são adsorvidas deixando a água dentro dos cristais, enquanto que o álcool flui pela base da coluna.

Também agem da mesma forma que ímãs sendo ela dissecante de superfície ativa. Cátions expostos na estrutura acabam se ligando aos anions de uma extremidade de uma molécula bipolar, por isso quanto maior for a bipolaridade de uma molécula maior será a atração. Sabendo-se que a água tem um momento bipolar de 1,8 debyes e o álcool de 1,7 conseqüentemente aquela será mais atraída.

As vantagem é que consome menos vapor e o produto final fica sem traços de ciclohexano obtendo-se um produto mais confiável.

Mais de 80% do total da energia utilizada do mundo é proveniente de combustíveis fósseis. Pouco mais de 6% correspondem à energia nuclear e apenas cerca de 13% vêm de energias renováveis. É a grande oportunidade que temos para aumentar o uso de biomassa através do etanol.

A destilação é um processo bastante utilizado e os problemas crescentes da escassez das reservas de petróleo, as causas da poluição, das mudanças climáticas, tornam cada vez mais viável a produção de álcool, buscando meios alternativos e menos poluentes para substituir o petróleo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Almeida J.R. Alcool e destilaria ED. Natanael dos Santos mimeogr. Piracicaba/ SP, 1940
2. CENTRO DE TEC. COPERSUCAR, Destilação – Divisão Industrial, 1ª edição, 1987.
3. COPERSUCAR – Controle Microscópico do Processo de Fermentação Alcoólica. Bole Boletim técnico Coopersucar, 1986.
4. Drews, W.A. fermentação do melaço de cana de açúcar no Brasil fermentação alcoolica mimeogr. Piracicaba/ SP, 1940
5. DODGE, B.F, Chemical Engineering. Thermodynamics, MCGRAW HILL, New York, 1944.
6. FOUST, .A.S. et al, Principles of Unit Operation, Toppan Company, LTD. Tokio, 1960.
7. KERN, D.Q. – Processo de Transmissão de Calor. Editora Guanabara Dois, 1980.
8. SNELL, F.D. – Encyclopedia of Industrial Chemical Analysis. Vol. 7.
9. Disponível em http://pt.wikipedia.org/wiki/Destila%C3%A7%C3%A3o_azeotr%C3%B3pica / acesso em 12/ 09/ 2007
10. Disponível em http://pt.wikipedia.org/wiki/Destila%C3%A7%C3%A3o_fracionada / acesso em 12/ 09/ 2007
11. Disponível em http://pt.wikipedia.org/wiki/Peneira_molecular / acesso em 12/ 09/ 2007
12. Disponível em <http://www.imesc.sp.gov.br/infodrogas/alcool.htm> / acesso em 12/ 09/ 2007
13. Disponível em http://www.greenpeace.org.br/clima/pdf/alcool_combustamigo.pdf / acesso em 12/ 09/ 2007

GLOSSÁRIO

BRIX – Porcentagem em peso de sólidos solúveis contidos em uma solução açucarada.

CALDO MISTO – Misturas dos caldos extraídos em todos os ternos da moenda.

FRUTOSE e GLICOSE – É um açúcar que existe em pequena proporção na cana de açúcar e resultante da quebra da sacarose na fermentação (monossacarídeo).

MOSTO – solução açucarada que alimenta as leveduras, pronto a sofrer fermentação.

REPRODUÇÃO ASSEXUADA- uma única célula gera uma filha sem contato sexual.

ÁLCOOL ANIDRO – Toda mistura hidroalcoólica que possui mais de 99,3% em peso de etanol.

ÁLCOOL HIDRATADO – Toda mistura hidroalcoólica que possui $93,2 \pm 0,6\%$ em peso de etanol.

GRAU ALCOÓLICO – Porcentagem de álcool etílico em uma mistura hidroalcoólica (álcool + água).

GRAU GAY LUSSAC (GL)– Porcentagem de álcool em volume, de uma mistura hidroalcoólica, medida com alcoômetro aferido a 15°C.

GRAU INPM - Porcentagem de álcool em peso, de uma mistura hidroalcoólica, medida com alcoômetro aferido a 20°C.

ÓLEO FÚSEL – Mistura de álcoois superiores com predominância dos álcoois amílicos, iso-amílicos, que se formam na fermentação com alto peso molecular e são retirados durante o processo de retificação.

FLEGMA – Produto da destilação simples do vinho, rico em álcool. Este produto é enviado para a coluna de retificação “B” para enriquecer e ser extraído como álcool hidratado.

VINHAÇA – Resíduo líquido da coluna de destilação “A”, pobre em álcool.

FLEGMAÇA – resíduo líquido da coluna de destilação “B”, pobre em álcool.

VINHO LEVEDURADO – Mosto fermentado das dornas de fermentação pronto para ser centrifugado.

VINHO DELEVEDURADO OU CENTRIFUGADO – Vinho que foi submetido a centrifugação para separação do fermento pronto para ser destilado.

PRODUTOS DE CABEÇA- se comportam no topo das colunas de destilação ou condensadores.

PRODUTOS DE CALDA- se comportam na base da coluna “B”.