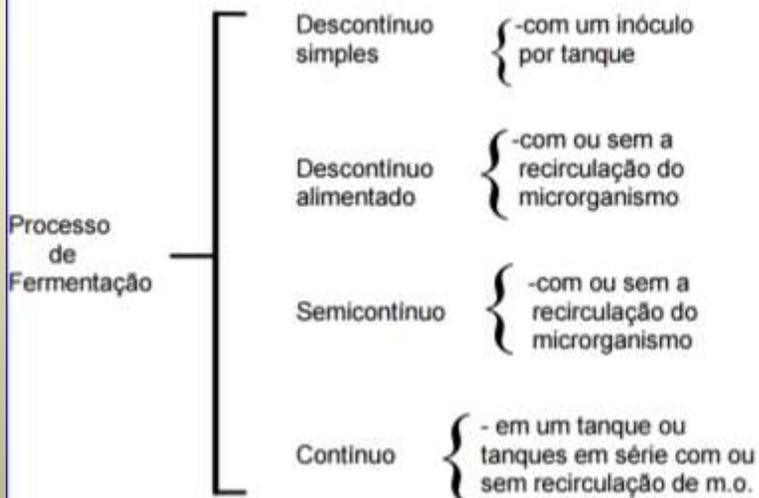


DOWNSTREAM PROCESSES

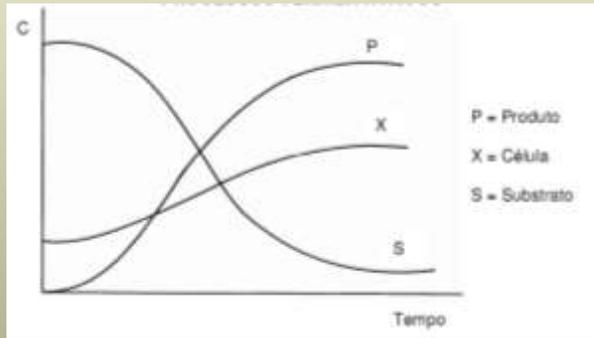
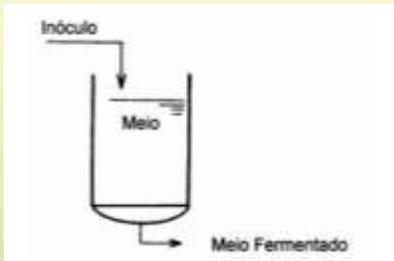
LAN1458 Açúcar e Álcool

Processos de fermentação

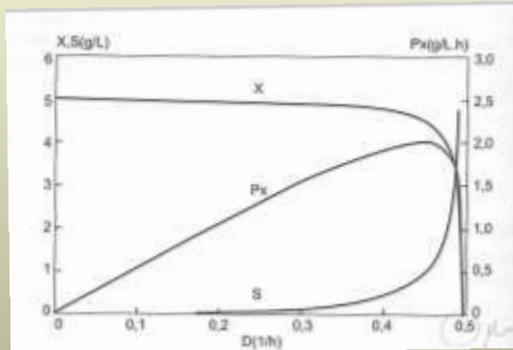
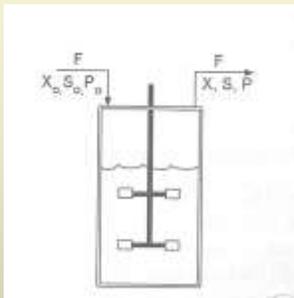
Os processos de fermentação utilizados hoje em dia são combinações de tecnologias que melhoram o rendimento do processo.

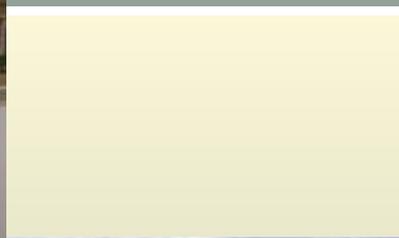


Fermentação descontínua



Fermentação contínua





Dornas de fermentação



<http://www.cpt.com.br/cursos-agroindustria-biocombustivel/artigos/producao-de-cachaca-organica-fermentacao-do-caldo-da-cana>



Produtos de “Acidentes” de Fermentação

Fatores {

- má conservação da Matéria-Prima e assepsia;
- deficiente limpeza (impurezas: terra/ bagacilho);
- preparo do pé de cuba;
- pH inadequado (acidez insuficiente);
- altas temperaturas.

Tipo de fermentação	Agente	Condições	Diagnose
1) Acética – oxidação do álcool etílico e da glicose a ácido glucônico	Acetobacter	Aerobiose T °C – 15 a 34 °C conc. álcool = 11 a 12%	Odor de vinagre e presença de mosca
2) Láctica – oxidação de vários carboidratos até ácido Láctico (homo e heterofermentativos)	Lactobacillus Leuconostoc Lactococcus	Anaerobiose parcial,; baixa acidez; pH ≈ 7, T °C = 35 – 45 °C concent. açúcares alta (até 20%)	Aumento de acidez do mosto e reduz prod. CO ₂
3) Butírica – oxidação de carboidratos	Clostridium	Anaerobiose; pH > 7; baixa acidez do mosto; T °C: 30 – 35°C	Odor penetrante (ranço) e acidez
4) Dextrâneo – a partir da sacarose	Leuconostoc mesenteroides	pH: neutro/alcal. Temp.: 30 - 35°C armazenamento da MP e queima melaço e mel conservado.	Aglomerados gelatinosos (“canjica”)
5) Levânio – a partir da sacarose	Bacillus, Aerobacter e Streptomyces	pH: neutro/alcal. Temp.: 30 - 35°C armazenamento da MP e queima melaço e mel conservado.	Viscosidade do mosto e grandes bolhas formadas

Downstream processing

- **Def.** Recuperação e/ou purificação de compostos biotecnológicos
- Etapas necessárias para se obter o produto com a qualidade e a pureza necessárias para sua aplicação
- Tratamento dos resíduos gerados

- Normalmente dividido em quatro etapas:
 - Separação sólido-líquido ou clarificação
 - Concentração
 - Purificação
 - Formulação

Separação sólido-líquido

- Uma das operações unitárias mais importantes empregadas em indústrias químicas, têxteis, farmacêuticas, bem como no processamento de alimentos, tratamento de água e resíduos

OPERAÇÕES DE SEPARAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO

1. Separação por decantação
 - Clarificação de líquidos
 - Espessamento de suspensões
 - Lavagem de sólidos
2. Decantação invertida (Flotação)
3. Separação centrífuga
4. Filtração

Produção de bebidas fermentadas - cerveja

- Clarificação
 - Sedimentação por gravidade
 - Uso de clarificantes
 - Centrifugação
 - Filtração

Produção de bebidas fermento-destiladas

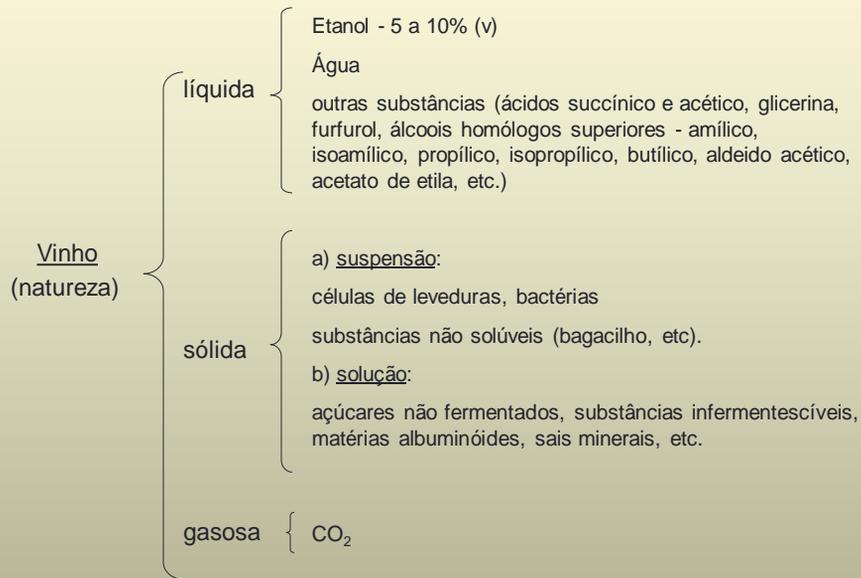
- Cachaça
- Uísque
- Vodca

- Etanol

Produção de Etanol - Tratamentos Finais

- DESTILAÇÃO
- RETIFICAÇÃO
- DESIDRATAÇÃO

Destilação



Centrifugação separadora do levedo do vinho
- saída do vinho por pressão pelo centro superior -

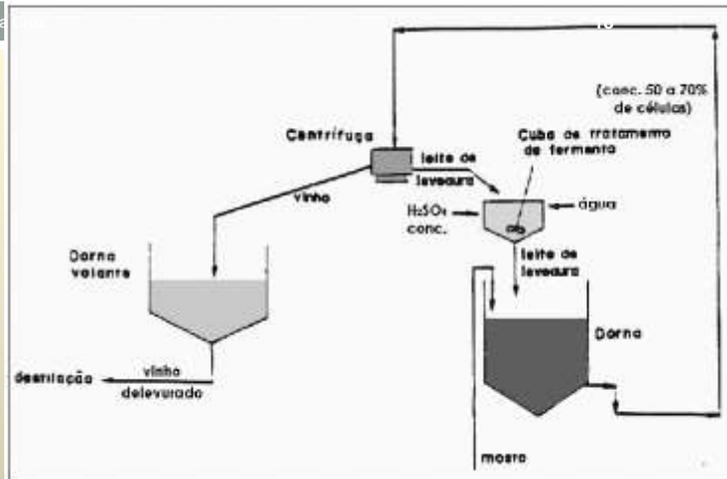
Vinho centrifugado e leite levedurado :vinho submetido à centrifugação

>% perdas de fermento(vinho): concentração maior indica bicos com abertura excessiva, baixa vazão de alimentação. Concentração baixa indica uma boa centrifugação. Sua porcentagem ideal fica em torno de 0,5 %.

>% concentração de fermento (leite levedurado): concentração maior indica boa centrifugação (separação vinho/fermento). Concentração baixa indica falha na centrifugação indicando perdas de fermento arrastado junto ao vinho. Sua porcentagem ideal deve ser maior do que 70% atingindo 80%. O vinho levedurado deve apresentar 0,0 de Brix , pH 4,5 / 5,5 e 0,0 % teor de levedura



https://www.google.com.br/search?q=centrifuga+de+levedura+fermenta%C3%A7%C3%A3o+alco%C3%B3lica&espv=2&biw=1440&bih=799&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ei=XQ5qVP-fAYOegwSqYCgAw&ved=0CAYQ_AUoAQ#facr=&imgref=&imgcr=ll7_Wr5pMN7KYM%253A%3BALgKck2PatIE5M%3Bhttp%253A%252F%252Fimage.slidesharecdn.com%252F6treinamentofermentaoDestilao-13511773020914-phpapp02-121025100409-phpapp02%252F95%252F5treinamento-fermentao-destilao-52-638.jpg%253Fcb%253D1353288432%3Bhttp%253A%252F%252Fpt.slideshare.net%252Fleandro candidato982%252F5treinamento-fermentao-destilao%3B638%3B479



RECUPERAÇÃO DO FERMENTO

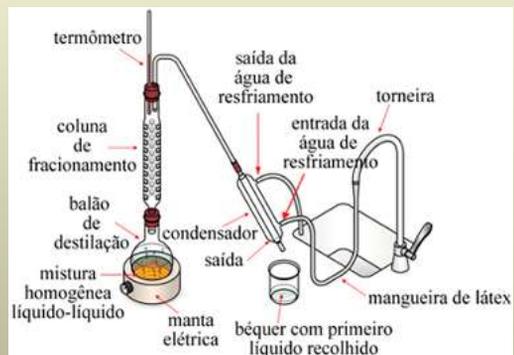
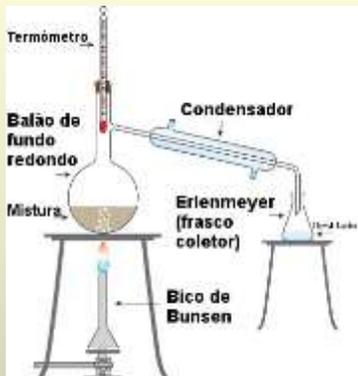
Vantagens:

- 1) Latência de bactérias lácticas.
- 2) Redução de contaminantes.
- 3) Limpeza química da superfície celular das leveduras.
- 4) Reduz a contaminação bacteriana pelo abaixamento de pH.
- 5) Álcool de melhor qualidade em consequência.
- 6) Diminuição das incrustações nos aparelhos de destilação.

DESTILAÇÃO ALCOÓLICA

A palavra destilação deriva do verbo latino "destillare", que significa gotejar ou pingar, e é precisamente assim, em pequenas quantidades, que o líquido é obtido pelo processo de destilação (Pot Still).

- Destilação - processo pelo qual um líquido é vaporizado, sob aquecimento, para depois voltar ao estado líquido (condensação), devido ao resfriamento e ser recolhido em um outro recipiente

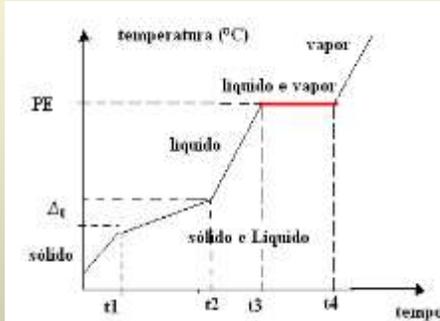


- Do ponto de vista de volatilidade das substâncias do vinho (grupos):
 - ⇒ voláteis: etanol, água, aldeídos, álcoois superiores, ácido acético, etc.
 - ⇒ fixas: extrato do mosto, células de leveduras e de bactérias, etc.
- A separação do álcool dos demais componentes do vinho:
 - ⇒ baseado na diferença do ponto de ebulição das substâncias voláteis.

Azeotropismo

Fenômeno que ocorre numa mistura de líquidos, em uma determinada concentração, na qual se formam vapores com todos os componentes, em um **ponto de ebulição inferior** ao de qualquer um dos componentes da mistura.

Mudança de fase de mistura azeotrópica



Mistura azeotrópica - se comportam como uma substância pura durante o processo de ebulição (ou condensação)

Ex.
etanol PE 78,4°C

álcool 96% PE 78,1°C

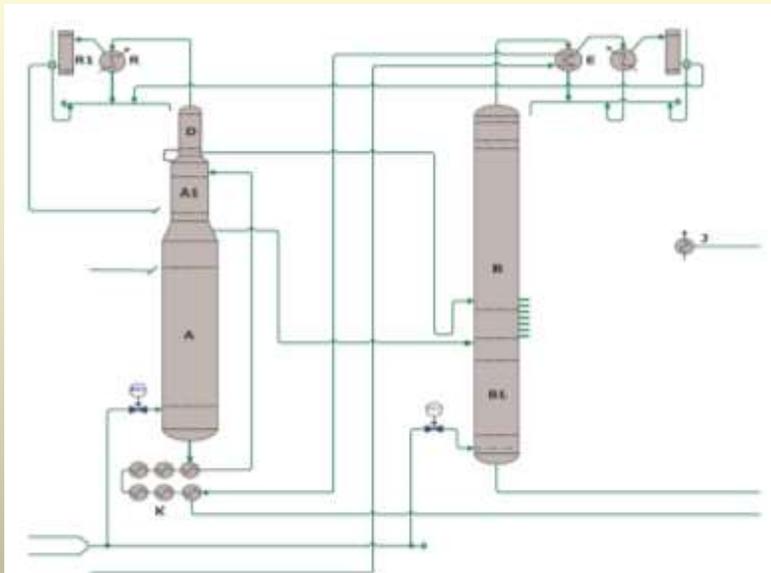


Figura 1. Configuração ABB1 para Produção de Álcool Hidratado

Coluna A – seção de esgotamento do vinho

Coluna B – enriquecimento e retificação da flegma

Coluna B1 – esgota o material líquido que deixa o fundo da coluna B

Coluna A1- coluna de epuração do vinho, contem 4 bandejas

Função – purificar o vinho de substancias de maior volatilidade

Sistemas de Destilação

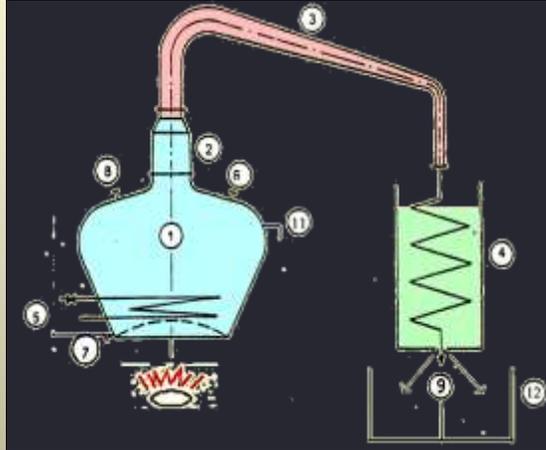
1ª Operação (Destilação)	<p><u>Epuração (A1) e concentração de cabeça (D):</u> eliminação parcial das impurezas de cabeça (aldeídos e ésteres) → retirada de parte em álcool 2ª</p> <p><u>Destilação (A)</u> → <u>flegma</u> (mistura hidroalcoólica 45 a 50% álcool Vol.) → <u>vinhaça</u> – resíduo com acúmulo de substâncias fixas e parte das voláteis</p>
2ª Operação	<p><u>Retificação:</u> purificação e concentração de etanol através de eliminação de álcoois homólogos superiores (óleo fusel). Álcool hidratado (92,6 a 93,8° INPM) Flegmaça</p>
3ª Operação	<p><u>Desidratação:</u> fracionamento de misturas azeotrópicas ou adsorção seletiva.</p>

PRÁTICA (Processos)

(a) Destilação Intermitente Simples

a1) Alambique simples

1. Cucurbita ou Caldeira
2. Capitel, Domo ou Elmo
3. Alonga ou Tubo de Condensação
4. Resfriador
5. Tubulação de vapor
6. Entrada de vinho
7. Descarga de vinhaça
8. Válvula igualadora das pressões
9. Canalização de destilados
11. Ladrão
12. Caixa receptora



(b) Destilação Sistemática

b1) Conjunto de destilação

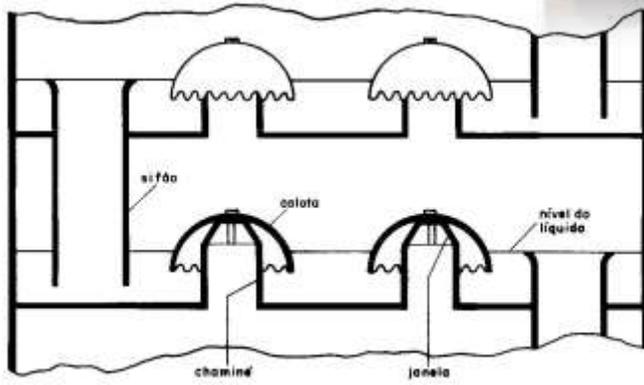
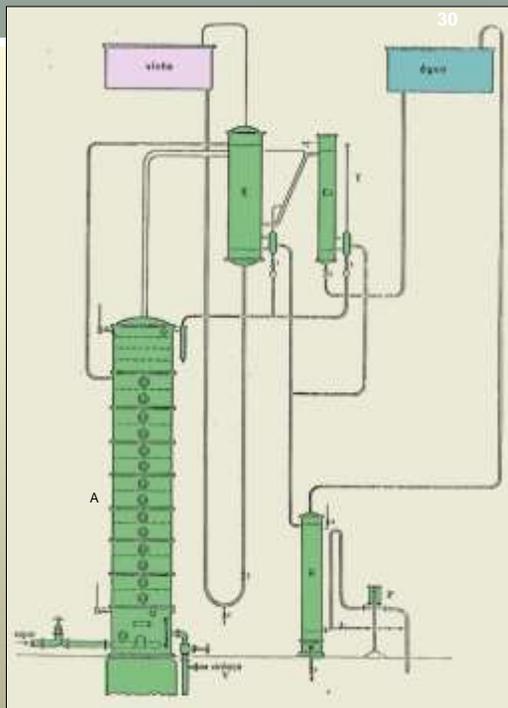


Figura - Esquema de uma bandeja de destilação calotada

b2) funcionamento

- A - Coluna de destilação
- E - Aquecedor de vinho
- E1 - Condensador auxiliar
- R - Resfriadeira
- T - Trombeta
- P - Proveta
- V - Vinhaça

Coluna de baixo grau
(60% Vol.)





Colunas de destilação

RETIFICAÇÃO

INTRODUÇÃO

Flegma
(mistura hidroalcoólica impura - baixo ou alto grau)

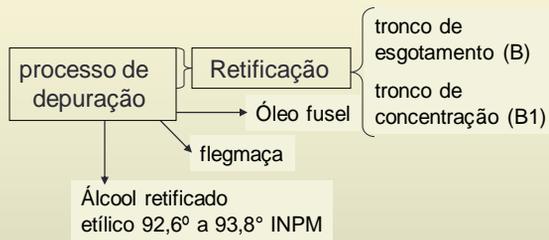
(- impurezas: aldeídos, ésteres, álcoois homólogos superiores, ácidos e bases voláteis.)

→ **cabeça** (P.E.imp. < P.E.etanol) e **cauda** (P.E.imp. > P.E.etanol)

Classificação de impurezas (baseado no pto ebulição relativo)

Cabeça: aldeídos e ésteres

cauda: álcoois homólogos superiores, furfural e alguns produtos "híbridos", etc.



DESIDRATAÇÃO

INTRODUÇÃO

Álcool retificado
94,0% Vol. INPM

formação de mistura binária - álcool - água
azeotrópica (97,2%v) (2,8%v) → estável

* Ponto ebulição (mist. binária) < Pontos ebulição individuais dos componentes

- Pto de ebulição: 78,15°C
- não se fraciona por destilação

Opção técnica

→ fracionar a mistura azeotrópica binária

CLASSIFICAÇÃO DOS PROCESSOS DE DESIDRATAÇÃO (PRINCIPIO):

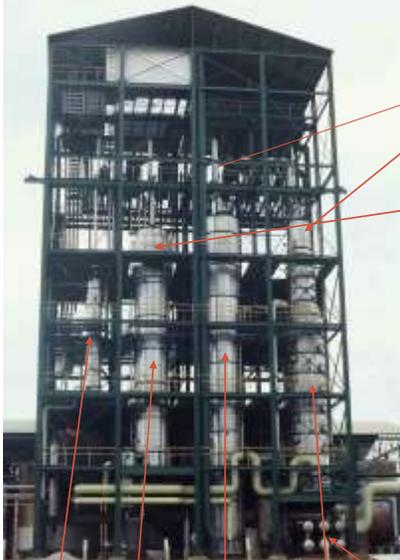
⇒ 1º Grupo: Processos Azeotrópicos ⇒ Benzol e Ciclohexano

⇒ 2º Grupo: Processos Extrativos ⇒ Marriler (glicerina) e Monoetileno glicol

⇒ 3º Grupo: Peneira Molecular ⇒ Zeolitos

⇒ 4º Grupo: Membrana Seletiva ⇒ filtro de silicato (sistema à vácuo)

1. Processo Azeotrópico – Melle Guinot



condensadores

D

Princípio: benzol - formam-se novas misturas azeotrópicas e libera o álcool anidro:

(a) binária - álcool (97,2%v.) + água(2,8%v.)

decantador - azeotrópica: ponto de ebulição inferior ao dos componentes

(b) usa o benzol para formar a **ternária** (água - álcool - benzol), que tem mais água na composição e liberando o álcool

→ Substituição do "benzol" - motivado por: características cancerígenas (Min. da Saúde); não aceito no exterior p/ comércio de etanol.

P

C

B

A

Trocaador K

2. Desidratação do álcool por ação extrativa

Histórico: Princípio de Mariller ou extrativo: baseado em adsorvente de água (afinidade) ou álcool.

Mariller com a glicerina até a década de 50 e o Prof. Meirelles da Unicamp, na década de 80, defendida uma tese de doutoramento nos fins da década de 80 na *Technische Hochschule "Carlchorlemmer" (Alemanha)* desenvolvendo o sistema do Monoetileno glicol.

2. Desidratação do álcool por ação extrativa

Princípio de Desidratação: baseado na capacidade de determinado solvente de alto ponto de ebulição é adicionado a uma determinada mistura, de forma a alterar a volatilidade relativa dos seus componentes, desaparecendo, na presença do solvente, qualquer mistura azeotrópica.

Na destilação extrativa a utilização dos **etileno glicóis** como agentes para quebrar o azeótropismo da mistura etanol/água. Há ausência de azeótropos e a característica é de que o solvente pode ser recuperado por simples destilação, faz-se assim, da destilação extrativa um sistema de desidratação muito mais vantajoso do que os processos azeotrópicos convencionais.

GLICÓIS: são hidrocarbonetos que contêm dois grupos hidroxila, adjacentes ou não, pertencentes à família dos álcoois, cujo composto mais simples é o mono etileno glicol, de fórmula: $\text{OH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$.

OBTENÇÃO

REAÇÃO QUÍMICA DA ÁGUA COM ÓXIDO ETENO => MONOETILENO GLICOL (MEG)

MONOETILENO + ÓXIDO DE ETENO => DIETILENO GLICOL

DIETILENO + ÓXIDO DE ETENO => TRITILENO GLICOL

E assim sucessivamente...

LÍQUIDO INCOLOR, LÍMPIDO, VISCOSO

pH ~ 6,5 – 7,5

Miscíveis em água em qualquer proporção.

Não tem ação irritante sobre a pele, e contato mais prolongados causam desengorduramento da pele.

Recomenda-se manuseio com luvas de borracha, óculos de segurança e máscara facial.

3. Desidratação do álcool por meio de peneira molecular

Princípio de Desidratação: baseado na capacidade de adsorção seletiva de substâncias denominadas zeólito. Quando da passagem, em fase de vapor, de um fluxo contendo álcool + água, as moléculas de água ficam “presas” na estrutura cristalina especialmente desenvolvida. Daí o nome de PENEIRA MOLECULAR.

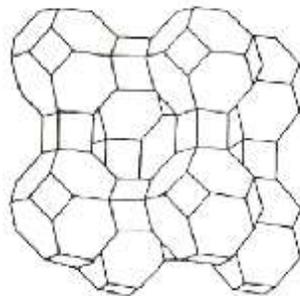
Peneira Molecular(PM) tem **baixa capacidade adsorvitiva** = 21 kg H₂O / 100 kg de PM, mas é o mais **forte dos adsorventes**, pois nela **agem vários mecanismos de adsorção**.

Princípio ativo é **Zeólito tipo A**:

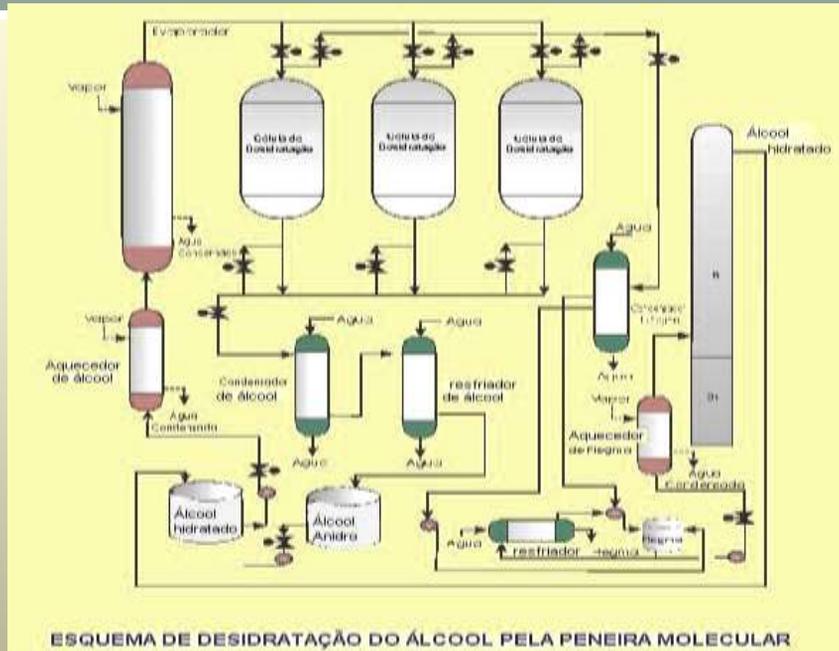
Zeólito tipo 3A

- Poro com 3 Å de diâmetro.
- Molécula da água tem 2,8 Å de diâmetro.
- Molécula de etanol tem 4,4 Å de diâmetro.
- 1 Ångstron é igual a 0,000.000.000.1m

Estrutura do Zeólito A



Adsorção = fixação das moléculas, geralmente de um fluxo líquido ou gasoso, na superfície de um sólido sem que as moléculas passem a fazer parte deste sólido.



Condições operacionais: peneira molecular

- Tanque de hidratado
- Aquecedor de álcool: 85 a 90°C
 - vapor de aquecimento: vegetal
 - temperatura do evaporador: 135 a 140°C
 - pressão de vapor aquecido supersaturado: 6 kg/cm²
 - pressão na bomba de recalque de álcool: 4,5 a 5,0 kg/cm²
 - saída do líquido de regeneração (18 a 20%): 65 a 75 IMPM
 - pressão do vapor aquecedor: 1,30 a 1,45 kg/m²
 - vácuo da coluna de regeneração: -0,8 kg/cm²
 - pressão na célula de operação: 2,5 a 3,5 kg/cm²

⊙ **Desvantagens:**

- > Necessidade absoluta de instrumentação computadorizada
- > Controle contínuo da qualidade da alimentação
- > Difícil avaliação no tempo, dos custos de reposição das resinas
- > Número limitado de fornecedores da resina que ainda não é fabricada no Brasil e e necessidade de importação da mesma
- > Custo inicial da implantação muito elevado (triplo do ciclohexano)
- > Reciclo contínuo de 20 a 25% álcool alimentado para desidratar, para o sistema de retificação existente.

COMPARAÇÃO DE PROPRIEDADES COM OUTROS DESIDRATANTES, ETANOL E ÁGUA

Propriedade	Glicóis	Ciclohexano	Benzeno	Etanol	Água
P. Molecular	> 62	84,16	78,11	46,07	18,01
Pressão de Vapor a 20°C	< 0,6 mmHg	77,55 mmHg	75,20 mmHg	44,04 mmHg	17,35 mmHg
Volat. Relativa	≥ 1.0	> 1292	> 1253	> 734	> 289
Viscosidade	18,37 Cp	0,96 CP	0,638 Cp	1,148 Cp	1,016 Cp
Densidade	1,112 g/ml	0,778 g/ml	0,885 g/ml	0,794 g/ml	1,0 g/ml
P.E. a 1 atm	> 197°C	80,7°C	80,1°C	79,3°C	100°C
Calor específico	0,56	0,68	0,67	0,65	1,0

COMPARAÇÃO COM OUTROS PROCESSOS: QUALIDADE DO PRODUTO OBTIDO (Sartori, 2002)

Amostra		Destilação Azeotrópica (Ciclohexano)	Peneira Molecular	Destilação Extrativa
1-Acidez (ppm)		9,7	9,8	9,6
2-Aldeídos (mg/100 ml)		2,12	5,17	1,43
3-Acetona (mg/100 ml)		0,53	0,61	1,97
4-Metanol (mg/100 ml)		4,21	4,39	4,84
5-Ésteres (mg/100 ml)		4,20	4,05	4,03
6-Alcoois Superiores (mg/100ml)		11,70	11,40	ISENTO
7-Odor		Característico	Característico	Suave
8-Desidratante (ppm)		Min. De 50	ISENTO	NÃO DETECTADO
9-Teste de Permanganato (Barbet)		De 4 a 8 minutos	De 4 a 10 minutos	De 10 a 30 minutos

ALCOOL SUPERIOR	Amostra		Destilação Azeotrópica (Ciclohexano)	Peneira Molecular	Destilação Extrativa
	Npropanol (mg/100 ml)		8,21	7,66	Isto
	Isobutanol (mg/100 ml)		1,21	1,3	Isto
	Nbutanol (mg/100 ml)		2,25	2,4	Isto
	Isoamílico (mg/100 ml)		Isto	Isto	Isto

Notas Importantes:

1. *E bom salientar que todos os 3 álcoois, tiveram como origem o mesmo vinho e a mesma fonte de destilação;*
2. *Em dezenas de análises cromatográficas do álcool anidro, jamais foram encontrados contaminações de desidratante. Elas podem ocorrer quando o aparelho não é bem operado.*

COMPARAÇÃO COM OUTROS PROCESSOS : TABELA COMPARATIVA DE CONSUMO

	Destilação Extrativa	Peneira Molecular	Destilação Azeotrópica
Vapor (Kg/litro)	0,48 a 0,75 (1)	0,6 (2)	1,5 a 1,6
Água (litros/litro)	35 - 38	35 - 40	65
Desidratante (litros/m ³)	Máx. 0,2	8 anos/carga, segundo o fabricante	0,5 a 0,9
Reciclo de álcool (%)	Máximo 0,55	Mínimo 15	0 a 25
Energia Elétrica (Kwh/m ³)	Máximo 7,22	Mínimo 9,51	Mínimo 11,1

- (1) *Consumo segundo a alimentação seja em fase vapor ou em fase líquida*
- (2) *Consumo garantido pelos fabricantes e que , normalmente, não leva em consideração o acréscimo necessário para reprocessar o reciclo de álcool;*
- (3) *O reciclo de álcool não ocorre somente no processo ANITEC de propriedade intelectual da NG, onde a coluna "P" esgota todo o álcool da fase pesada do decantador. No sistema convencional ele ocorre em proporções que variam de 15 a 25%, utilizando o ciclo-hexano como agente de desidratação.*

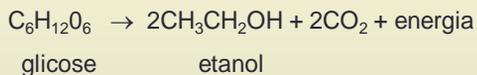
ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE ÁLCOOL



PARÂMETROS DE CONTROLE DA FERMENTAÇÃO

1) Eficiência da fermentação (np(%))

- Eq. De Gay-Lussac para a fermentação:



Rendimento Ideal (Yt):



180g ART ----- 92g de etanol

100g ----- x g

$$x = 51,11\text{g ou } 51,11 / 0,78932 \text{ (densid - } 20^\circ\text{C)} = 64,75\text{ml de etanol a } 20^\circ\text{C}$$

∴ Yt = 51,11g ou 64,75ml etanol a 20°C por 100g de ART

Rendimento Prático (Yp):

$Y_p = \text{g de etanol obtidos do vinho} / \text{g de ART fornecido} \times 100$

Eficiência (Yp/Yt): $\eta_p (\%) = (Y_p/Y_t) \times 100$

2) Produtividade de Fermentação - PR:

- expressa a velocidade com que o etanol é produzido, relacionando sua concentração no vinho pela unidade de tempo:

$$PR (\text{g de etanol} \cdot \text{L de vinho}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}) = \frac{[\text{etanol no vinho}] (\text{g} \cdot \text{L}^{-1})}{\text{tempo de fermentação (h)}}$$

Eficiências: máximas e relativas

Fermentação :

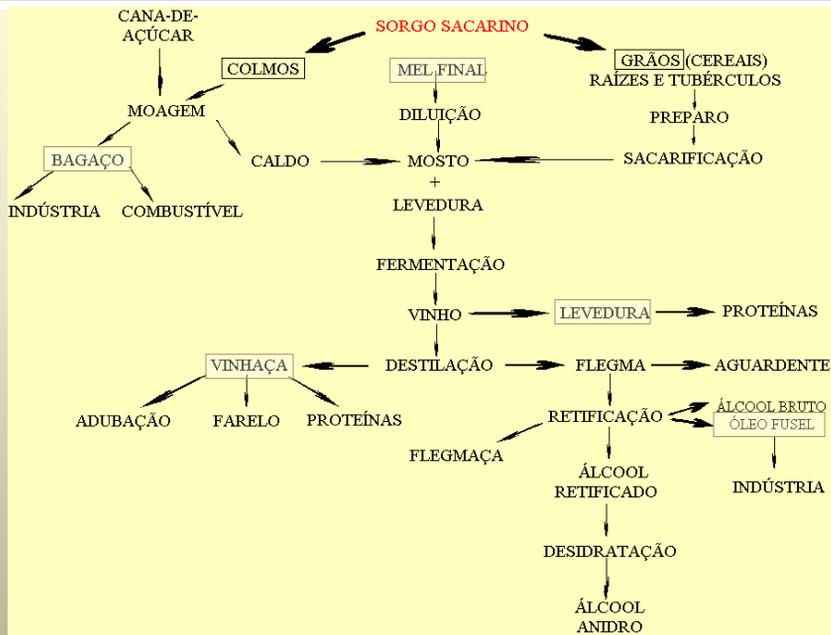
caldo > caldo + melaço > melaço > melaço esgotado

↓ ↓ ↓ ↓
 90-91 % > 88 - 89 % > 87 - 88 % > 83 - 85%

Um bom rendimento deve atingir de 90 – 92% de rendimento ideal

DENSIDADE DAS SOLUÇÕES AÇUCARADAS A 20 °C

Brix	Densidade (20 °C)	Brix	Densidade (20 °C)
1,0	1,00390	48,0	1,22852
2,0	1,00790	50,0	1,23262
3,0	1,01173	51,0	1,23756
4,0	1,01568	52,0	1,24213
5,0	1,01968	53,0	1,24674
6,0	1,02369	54,0	1,25139
7,0	1,02773	55,0	1,25607
8,0	1,03181	56,0	1,26080
9,0	1,03590	57,0	1,27168
10,0	1,04003	58,0	1,27736
11,0	1,04418	59,0	1,28320
12,0	1,04837	60,0	1,28908
13,0	1,05259	61,0	1,29498
14,0	1,05683	62,0	1,30093
15,0	1,06111	63,0	1,30694
16,0	1,06542	64,0	1,31297
17,0	1,06976	65,0	1,31905
18,0	1,07413	66,0	1,32516
19,0	1,07853	67,0	1,33129
20,0	1,08297	68,0	1,33748
21,0	1,08744	69,0	1,34371
22,0	1,09194	70,0	1,34997
23,0	1,09647	71,0	1,35627
24,0	1,10104	72,0	1,36261
25,0	1,10564	73,0	1,36900
26,0	1,11027	74,0	1,37541
27,0	1,11493	75,0	1,38187
28,0	1,11963	76,0	1,38835
29,0	1,12436	77,0	1,39489
30,0	1,12913	78,0	1,40146
31,0	1,13394	79,0	1,40806
32,0	1,13877	80,0	1,41471
33,0	1,14364	81,0	1,42138
34,0	1,14855	82,0	1,42810
35,0	1,15350	83,0	1,43486
36,0	1,15847	84,0	1,44165
37,0	1,16348	85,0	1,44848
38,0	1,16853	86,0	1,45535
39,0	1,17362	87,0	1,46225
40,0	1,17874	88,0	1,46919
41,0	1,18390	89,0	1,47616
42,0	1,18910	90,0	1,48317
43,0	1,19434	91,0	1,49022
44,0	1,19961	92,0	1,49730
45,0	1,20491	93,0	1,50442
46,0	1,21026	94,0	1,51157
47,0	1,21564	95,0	1,51876
48,0	1,22106		



Subprodutos

○ Vinhaça

- opções de uso da vinhaça são:
- a produção de proteínas por fermentação anaeróbica;
- a produção de gás metano;
- o tratamento para a concentração a 60° Brix e posterior emprego na formulação de ração animal;
- a utilização como adubo na lavoura ou queima para a produção de fertilizante;
- a utilização agrícola do resíduo in natura, em substituição total ou parcial às adubações minerais.



<http://cib.org.br/biotec-de-a-a-z/publicacoes/guia-da-cana-de-acucar/aplicacoes/vinhaca/>

- **Leveduras**
- Usos em ração animal
- Seca, comercializada na forma de proteína



<http://pt.slideshare.net/leandrocandido982/5treinamento-fermentao-destilao>