

Ampliando os conhecimentos em destilação alcoólica

Florenal Zarpelon

Eng. Químico – UFRJ/1969

fz7@uol.com.br

Fenasucro STAB

18/08/2022

Curso Destilação do Etanol, através da Internet

(Programa STAB Sul)

Por que treinar ?

- **Aumentar a produtividade**
- **Operação: conhecimento / entendimento do processo**
- **O saber profundo (W. Deming)**
- **Treinamento Contínuo Chrysler (Lee Iacocca)**
- **As pessoas fazem o que sabem, não o que precisa ser feito (José Carlos Oliveira, treinamento, Cosan Araçatuba)**
- **(Da onde eu vim não era assim, aqui deve estar errado...)**
- **Dá-se muito pouco treinamento técnico na indústria sucroalcooleira BR / Colômbia**
- **A gente gosta do que sabe (John Payne)**

Destques que merecem ser mostrados nesta palestra

- 5ª Aula - Da tecnologia de destilação: Condensadores.

Condensação é a parte “mais mal engenheirada” da tecnologia da destilação do álcool no BR.

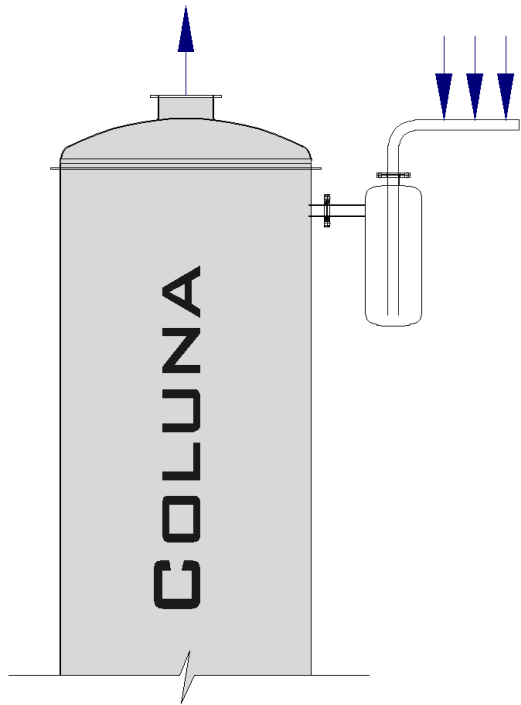
- 8ª e 9ª Aula – Diretrizes para a escolha do sistema de vapor para Destilação
 - Sistemas de Destilação Alcoólica mais conhecidos
 - Coluna destiladora C10 sob vácuo: reduzir o consumo de vapor só porque a C10 está sob vácuo é preciso fazer muita ginástica !!! Mas, há oportunidades interessantes
 - Recursos para reduzir o consumo de vapor na Destilaria
 - Disciplinar o sistema de vapor de baixa pressão
 - Pré Evaporador de caldo para estabilizar vapor V1 para a Destilaria

Condensadores é a parte mais “mal engenheirada” da tecnologia da Destilação do álcool no BR. Por que?

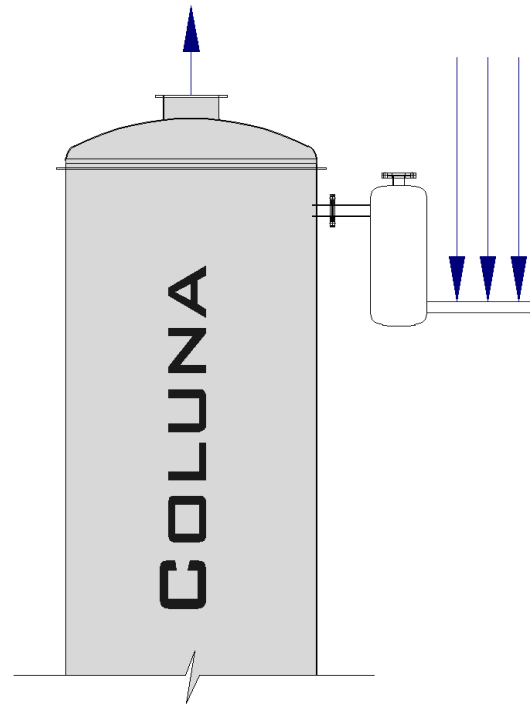
- **Condensador é um deflegmador**, um acessório de melhoria da qualidade AH.
- **Saída dos gases incondensáveis**, importância do desenho para facilitar a saída, e obter melhor qualidade ao AH e evitar a formação de depósitos no exterior dos tubos.
- **Circulação da água em série** aumenta a capacidade do conjunto e diminui o consumo de água de resfriamento.
- **Pressão na cabeça da Retificadora C40**, deveria não passar de 0,7 /0,8 mca (hoje 2,0 mca ou mais), e o caminho é melhorar a capacidade dos condensadores (desenho, superfícies, saída de gases).
- **Acidez do AH**, entende-se que é um problema intrínseco do processo, quando, resulta fortemente do mau desenho dos condensadores.

Deflegmação do Álcool

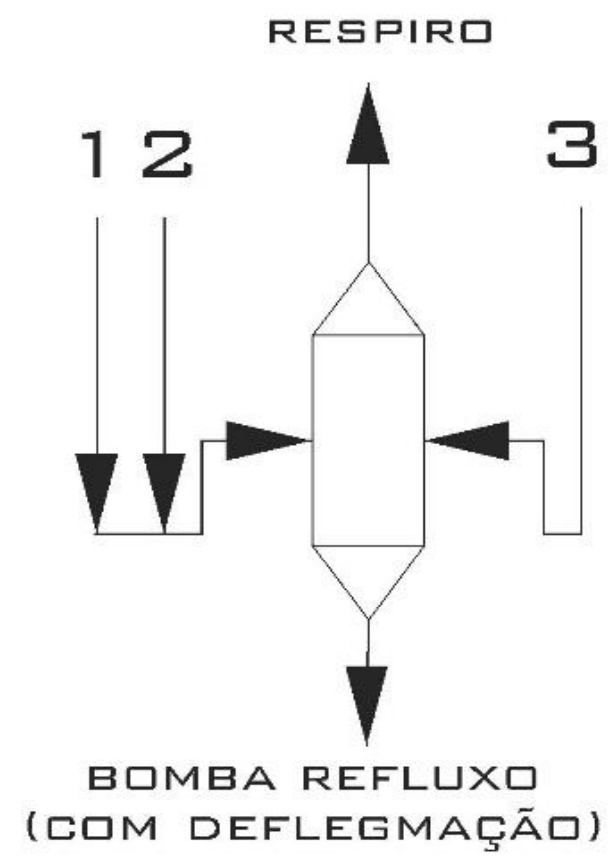
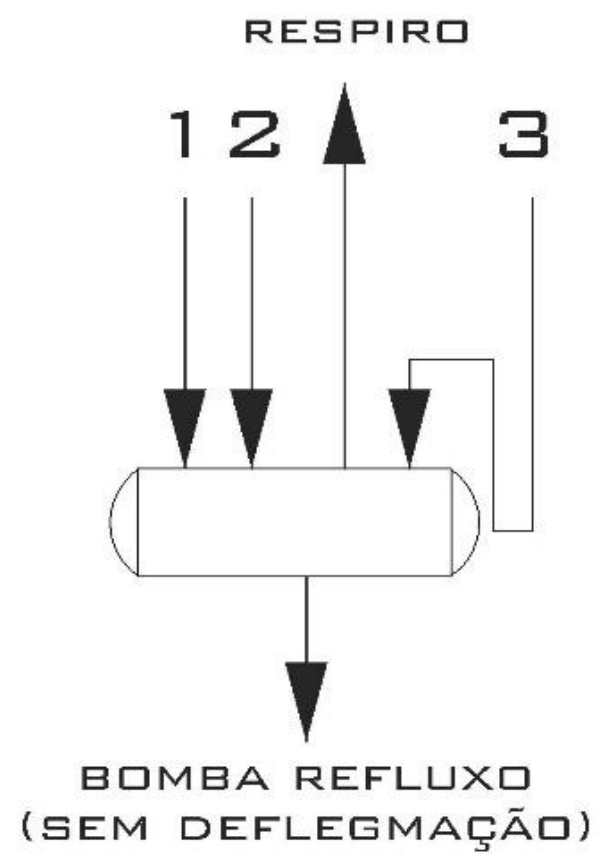
- Pesquisadores no início de 1900, entendiam que a condensação, para produzir o refluxo, era simplesmente o inverso da evaporação. Análises passaram a indicar que não era bem isso, pois, a concentração dos voláteis (**impurezas**) no vapor não condensado era mais alta que no líquido que foi condensado.
- Colocando 3 condensadores em série, as frações condensadas do primeiro ao terceiro eram de compostos de maior ponto de ebulição que os não condensados, passando-se a entender que isto gerava a melhoria da qualidade.
- Portanto, a condensação fracionada era um processo de purificação do álcool, pois, os vapores indesejáveis (os voláteis) se não deixados se misturar ao álcool que foi condensado, iam se acumulando, para sair no respiro do último condensador, criando o que chamaram de **deflegmação**.



MONTAGEM INCORRETA:
ÁLCOOL "SUJO"



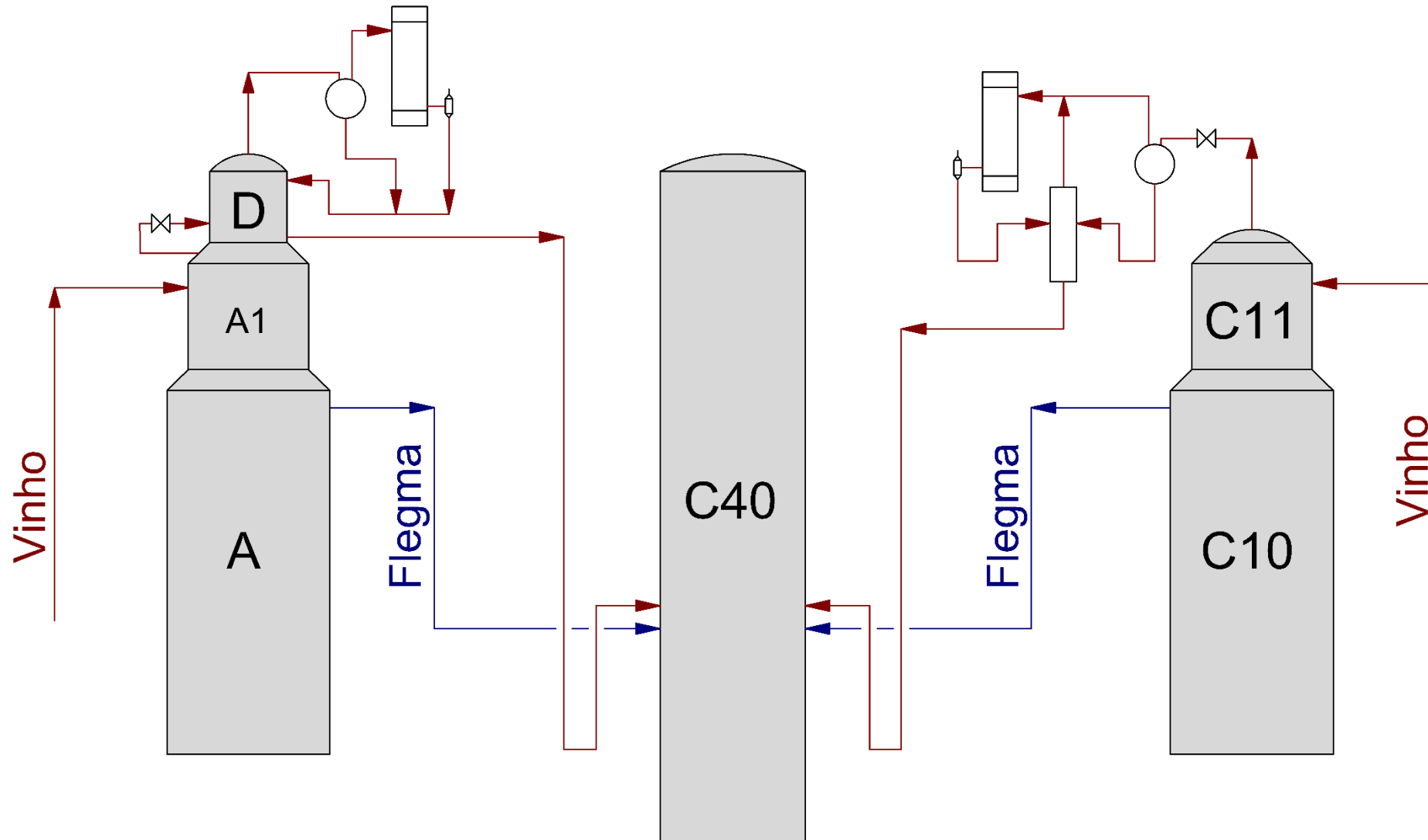
CORREÇÃO SIMPLES:
ÁLCOOL "LIMPO"



- Ocorrendo a deflegmação, os gases voláteis separados (**impurezas malcheirosas e ácidas**) não devem ser re-misturados ao líquido que foi condensado.
- Se forem novamente misturados, o processo fica invalidado, perdido.

E a Coluna Desnecessária?

Coluna D - Eliminar!





2005/ 7/19















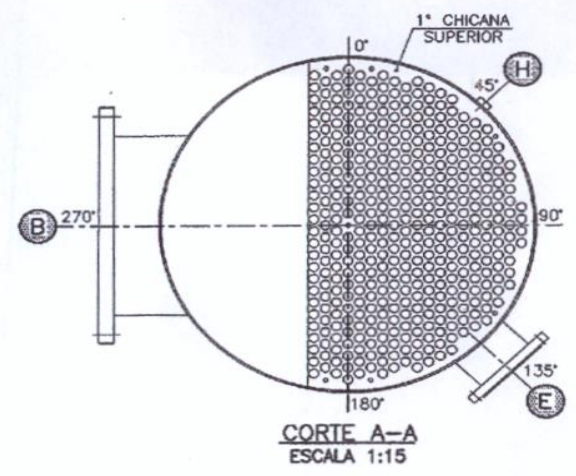
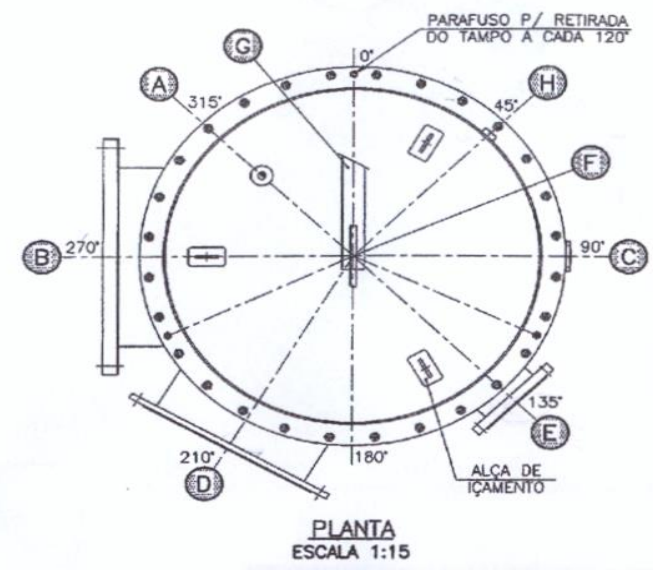
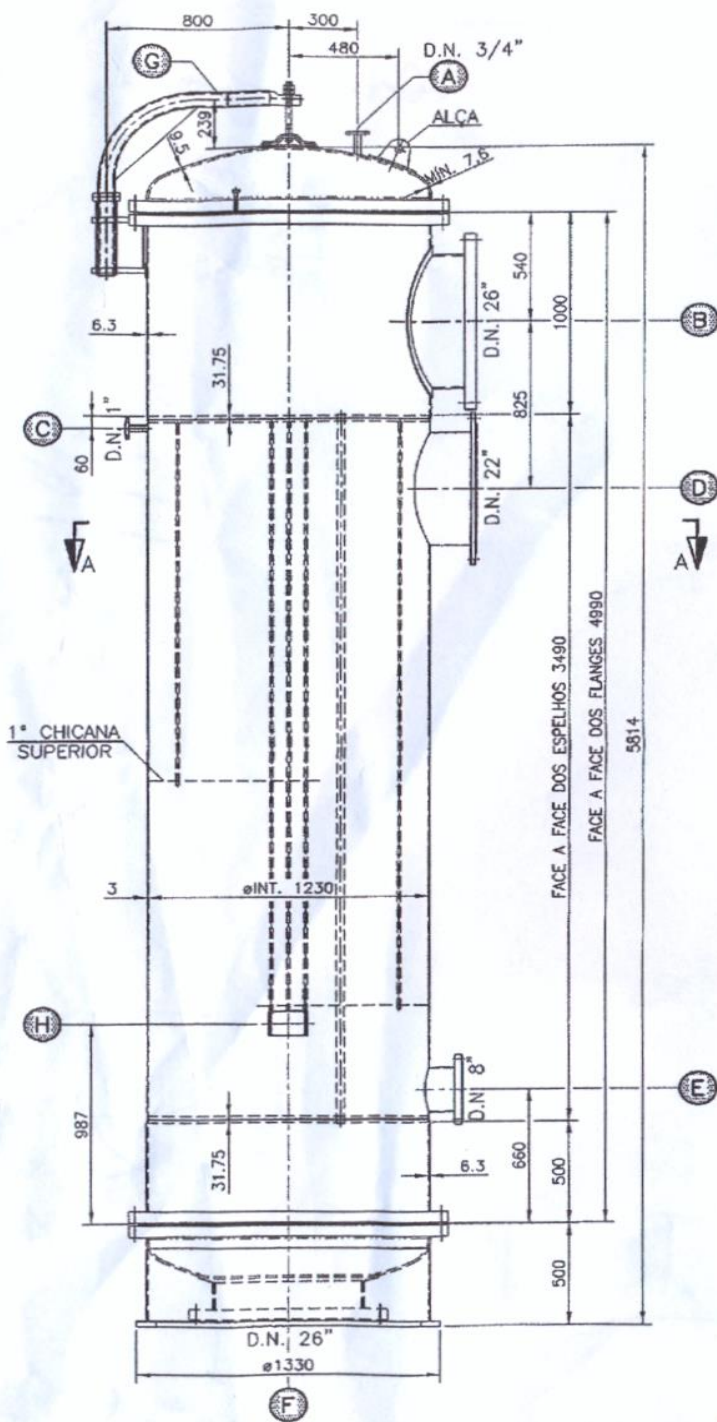






Uma instalação correta





102

Aumento acidez do AH na entressafra

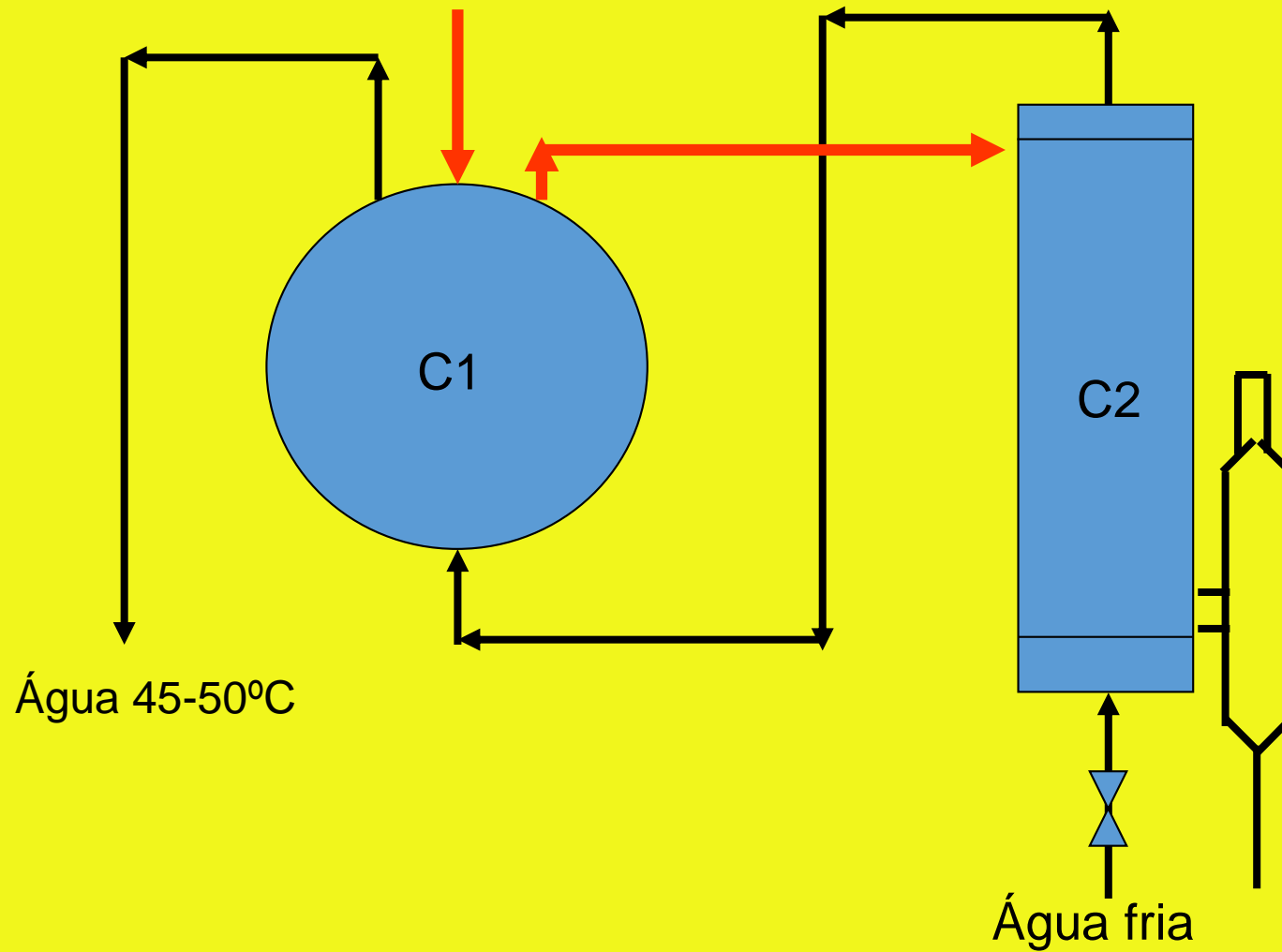
Lavagem dos Gases dos Condensadores, retorno à Volante.

- Os gases que saem dos condensadores contêm:
- Gás Carbônico = $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ Ácido Carbônico
- Aldeído acético = $2 \text{H}_3\text{C-C-O-H} + \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{H}_3\text{C-C-O-OH}$ Ácido Acético
- Gás Sulfuroso = Anidrido Sulfuroso = $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$ Ácido Sulfuroso
- Gás Sulfídrico = $\text{H}_2\text{S} + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
- $= \text{H}_2\text{S} + \text{H}_3\text{C-CH}_2\text{OH} \longrightarrow \text{H}_3\text{C-CH}_2\text{-S} + \text{H}_2\text{O}$ Etanotiol
- Quando não retiramos bem estes gases, dá pra desconfiar por que o álcool estocado aumenta de Acidez ???
- E se lavamos (para recuperar Etanol ???) e retornamos à Volante: dá pra desconfiar o que acontece ???

Circulação da água nos condensadores

- Quando dois condensadores estão em série, os europeus fazem a água fria entrar no último condensador, depois segue para o anterior, de onde sai “água quente”.
- O resultado é mais água circulando em cada condensador, mais velocidade, menos depósitos nos tubos, redução de 30% do consumo de água, melhor transferência de calor.
- Na operação, o controle manual ou automático é muito mais fácil, menos controles, menos instrumentos, menos custos.
- No BR os condensadores não saem assim do fabricante!

Condensadores



C2 – Vertical, passe único

C1 = Horizontal, multipasse



OTW1310
3/4"

OTW1313.1
3/4"

1620

3515

200

TW1312

3/4"

TW1312.1

3/4"

Pressão na cabeça da Retificadora C40

- Uma Retificadora gera perda de pressão entre a base e topo entre 2,0 a 2,4 mca.
- Se a pressão é baixa no topo da C40, menos pressão é necessária na base da coluna. Ex.: pressão topo 2,0 mca (muito comum, até mais), pressão na base $2,0 + 2,2 = 4,2$ mca.
- Se no topo for 0,8 mca, na base $0,8 + 2,2 = 3,0$ mca.
- Menos pressão na base, um vapor de 0,7 barg pode atender bem.
- O que faz cair a pressão no topo da C40 é condensação eficiente dos vapores emitidos por ela (superfície, desenho, água).

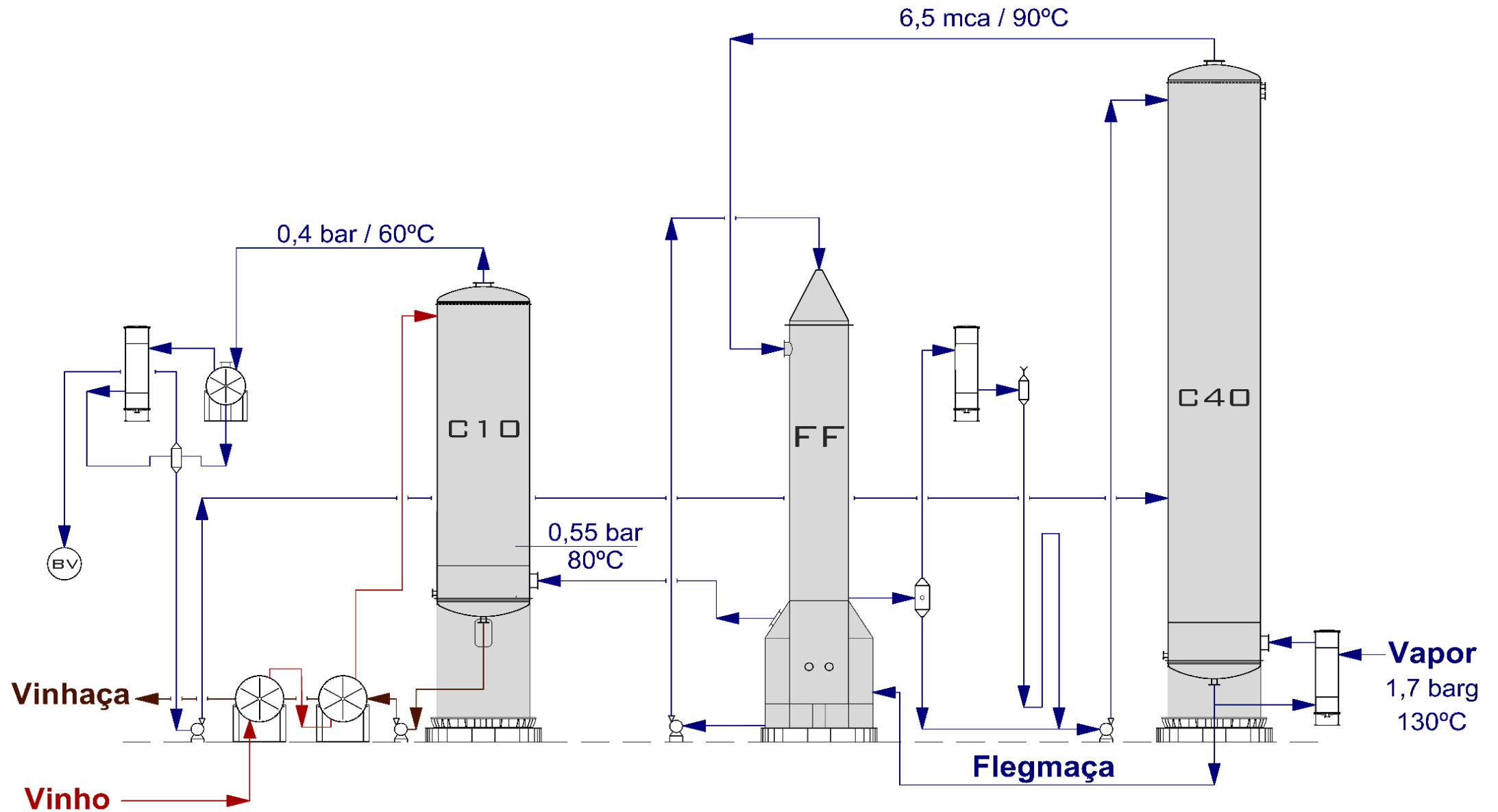
Diretrizes para a escolha do sistema de vapor para a Destilação

(8ª e 9ª aula e debates na 10ª)

Uma análise dos vários sistemas de destilação conhecidos mundo afora

Livreto

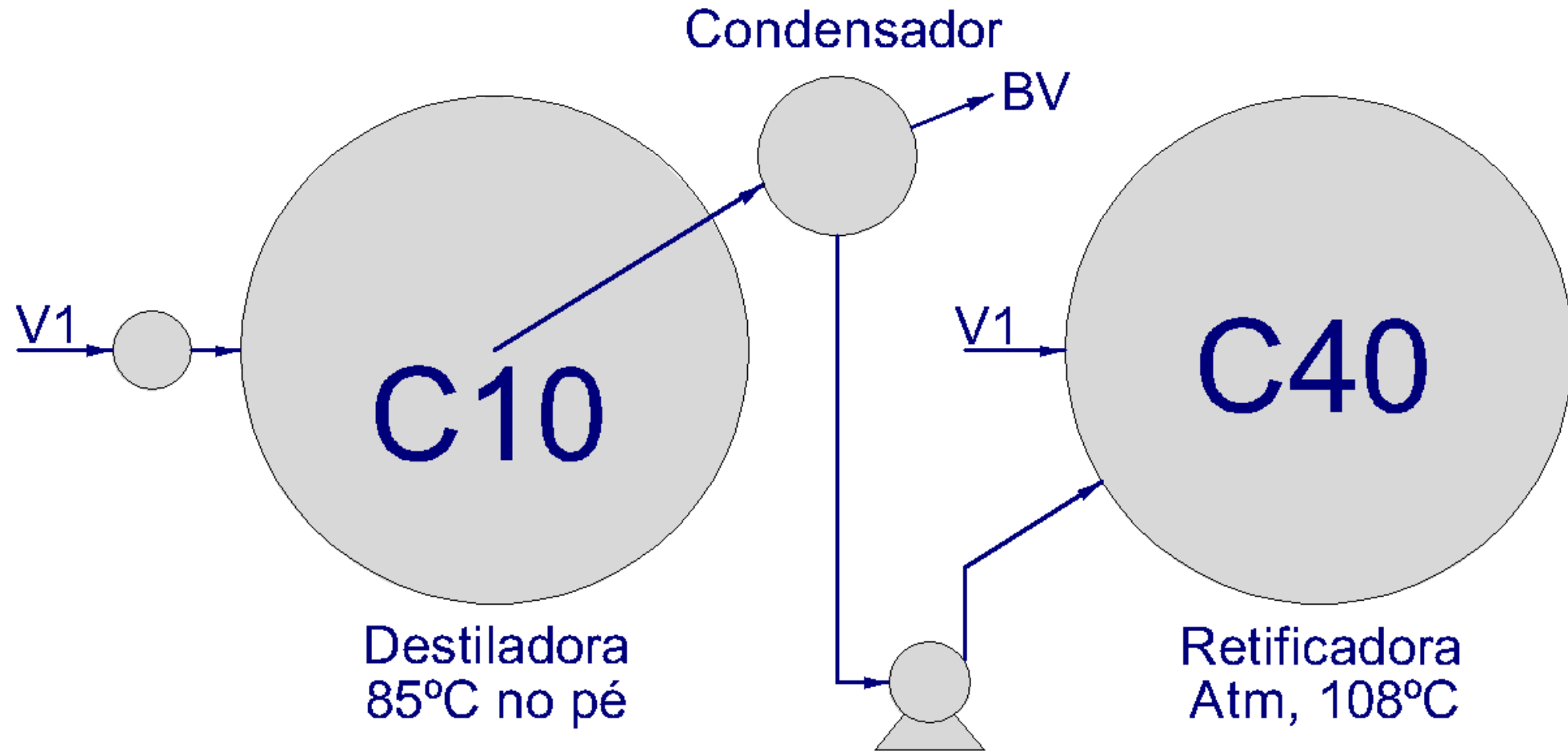
Duplo Efeito – C10 sob vácuo



Destiladora C10 sob vácuo Duplo Efeito

- O vapor alcoólico da C40 é utilizado como aquecimento da C10 através de Falling Film. Opera sob pressão de pelo menos 9 mca no pé da C40, para obter no topo ao redor de 90°C (6,5 mca), para conseguir diferença de temperatura para aquecer a C10. Logo, para o aquecimento da C40 por refeedor necessita vapor ao redor de 1,7 barg / 130°C.
- Não é correto dizer que o aquecimento da C10 é feito só com o vapor que seria necessário na C40, porque se a C40 estivesse separada gastaria ~ 1,1 kg/L e a C10 ~ 1,4 kg/L, totalizando 2,5 kg/L.
- Mas, em duplo efeito: ~ 2,0 kg/L - (Vapor 1,7 barg)
- Vácuo diminui a incidência de incrustações na Destiladora.
- Se aplica bem para a produção de Álcool Neutro.

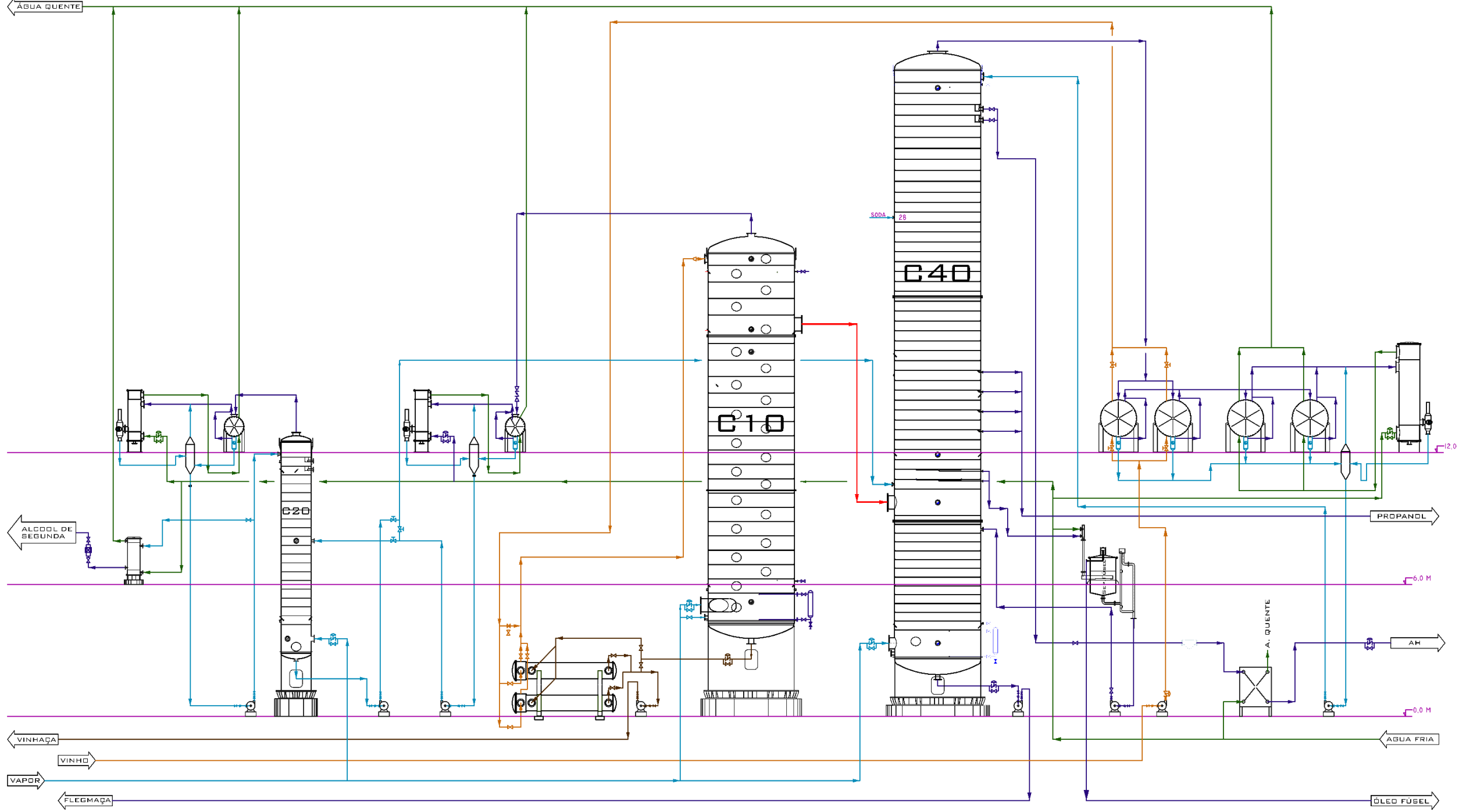
Coluna C10 a vácuo, aquecida com V1



Destiladora sob vácuo aquecida com V1

AH 93,0%*m* – Destiladora C10 sob vácuo

- Destiladora opera sob vácuo, mas separada da Retificadora. O flegma é condensado e alimentado como líquido para a C40.
- Se o vácuo reduz / elimina incrustações, pode ser conveniente quando a fermentação é de méis esgotados, incrustantes.
- Ao condensar o flegma perde-se o calor latente, mas alimentar flegma líquido na C40 diminui a Razão de Refluxo. Consumo vapor = 2,5 kg/L
- Oportunidades interessantes:
 - Elimina a Depuradora
 - Reduz / elimina incrustações / Permite até aumentar o GA do vinho
 - Reduz vinhaça: aquecimento indireto (115°C >> 85°C) + GA mais alto
 - Simplicidade operacional: facilidade controle pressão nas colunas
 - Pode até melhorar a qualidade do AH
 - **Aumenta capacidade da Retificadora**



Por que aumenta a capacidade da Retificadora?

$$\text{Razão Refluxo} = (x_D - y_F) / (y_F - x_F) \times 1,5$$

- Destiladora em atmosférica: Vinho GA = 10%v = 8%m = 3,29%M = x_F
produzirá flegma com GA = 54,9%v = 47,1%m = 25,8%M = y_F
AH = 93%m = 83,9%M = x_D
RR = $((83,9 - 25,8) / (25,8 - 3,29)) \times 1,5 = 3,87$. Mais a produção, carga térmica é de $3,87 + 1 = 4,87$.
- Destiladora sob vácuo: Vinho = 3,29%M, vácuo de 0,35 bar no topo, flegma GA = 56,5%v = 48,6%m = 26,9%M. Como é condensado, flegma entra na retificadora como se fosse o vinho, $x_F = 26,9\%M$, produzindo flegma GA = 82,7% = 76,6%m = 56,0%M = y_F
RR = $((83,9 - 56,0) / (56,0 - 26,9)) \times 1,5 = 1,44 + 1 = 2,44$.
- $2,44 / 4,87 = 0,50$ - Redução da condensação à metade !!!

Consumos de Vapor Destilaria

	Consumo	/ VE Equivalente
AH Convencional: V1	2,4 kg/L	2,4 x 0,8 = 1,92
AH Dupla Pressão: VE/VD	2,0	2,0
AH C10 sob vácuo: V1	2,5	2,5 x 0,8 = 2,0

Resumo Consumos de Vapor

	Consumo	/ VE Equivalente
AH Convencional: V1	2,4 kg/L	$2,4 \times 0,8 = 1,92$
AH Dupla Pressão: VE/VD	2,0	2,0
AH C10 sob vácuo: V1	2,5	$2,5 \times 0,8 = 2,0$
AH C10+C40 Separ. Atm V1	2,65	$2,65 \times 0,8 = 2,12$
AH Flegstil: V1	2,4	$2,4 \times 0,8 = 1,92$
Flegstil C40 Vácuo:V1	2,3	$2,3 \times 0,8 = 1,84$
AH Split Feed: VE / VD	1,7	1,7
ANeutro Atmosférico: V1	3,9	$3,9 \times 0,8 = 3,12$
AN Dupla Pressão: VE	2,8	2,8

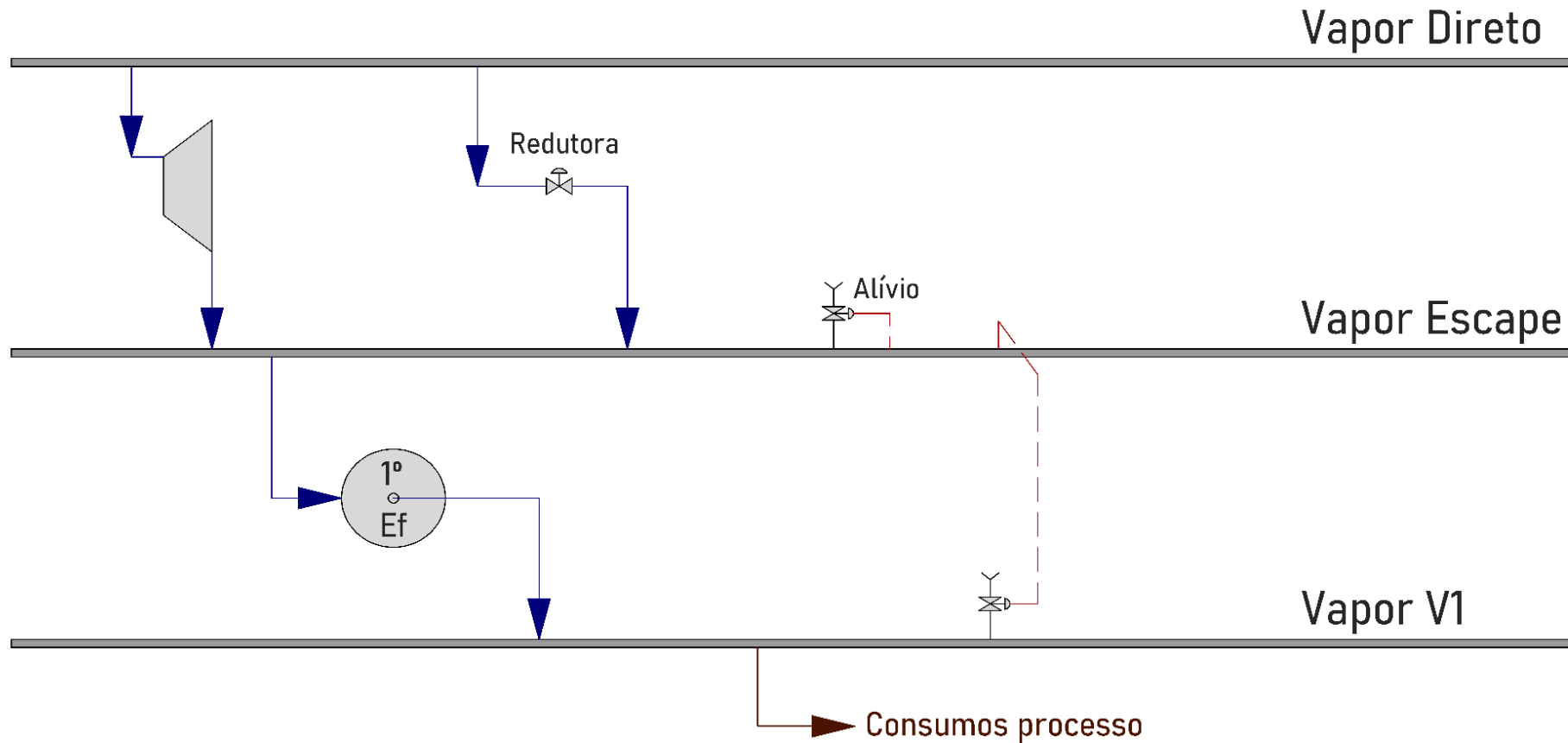
Destilaria Anexa x Destilaria Autônoma

- Na anexa, quando na destilaria é usado vapor V1, o consumo que saiu da caldeira é mais baixo que o consumido na destilaria.
- Na Autônoma o vapor consumido na destilação saiu da caldeira. Demanda análise cuidadosa do projeto para a escolha do melhor sistema de vapor.

Recursos técnicos para reduzir o consumo vapor na Destilaria

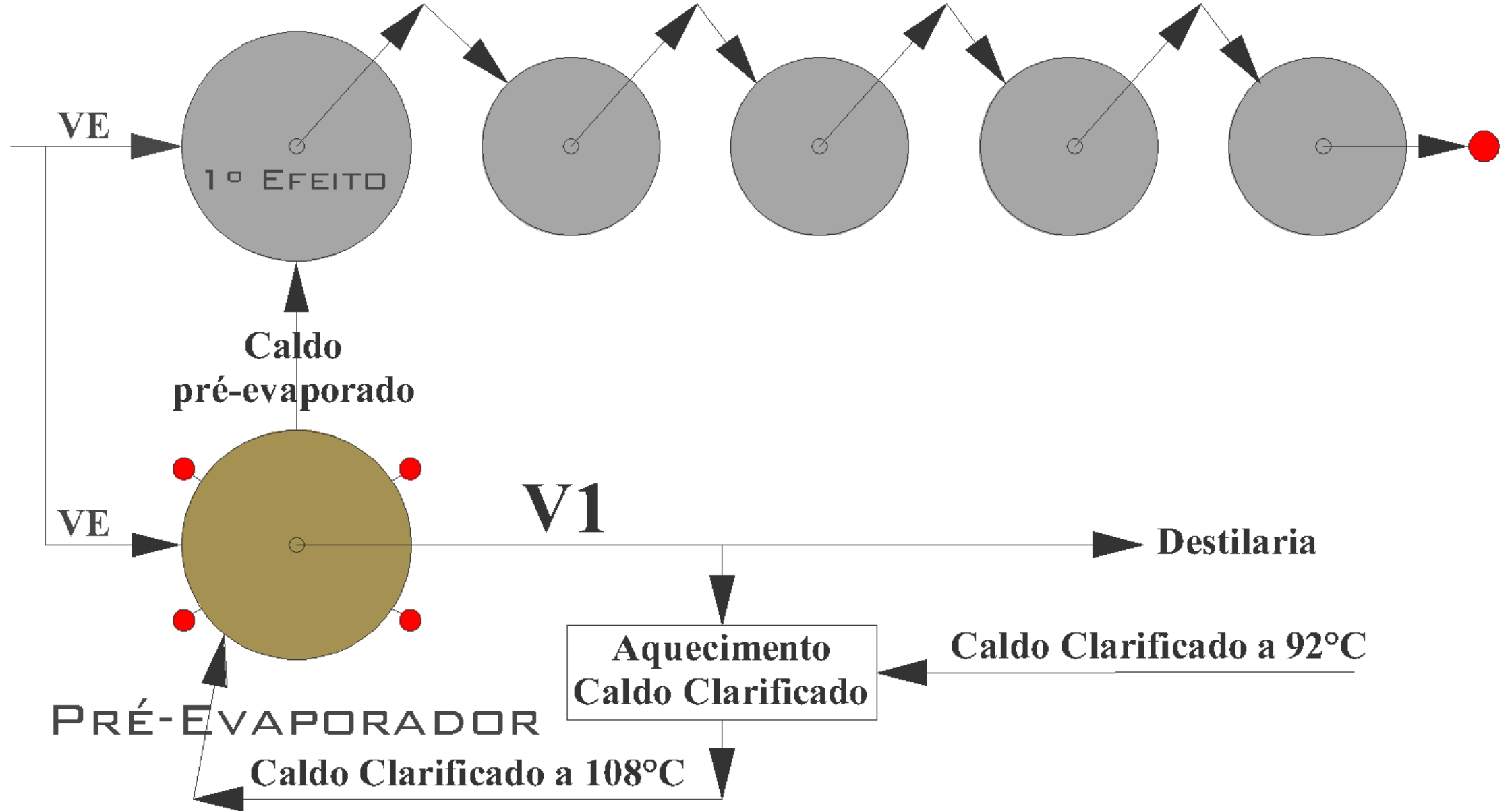
- **GA do vinho o mais alto possível**
 - Cana: ~ 10%v / Milho: ~ 16 - 18%v
- **Bom espaçamento entre bandejas na retificação (concentração): reduz a Razão de Refluxo (RR).**
- **O moderno é menos bandejas e mais espaçamento entre bandejas.**
- **Isolamento térmico das colunas: reduz entre 4 a 5% o consumo de vapor e torna o Refluxo mais eficaz.**
- **Se o Álcool for Anidro, produzir AH a 92%*m*, ao invés de 93%*m*: resulta em menor consumo total de vapor (AH + Desidratação).**

Disciplinar o sistema de vapor de baixa pressão



Sistema Vapor Baixa Pressão

Pré Evaporador para gerar V1 para Destilaria



A resistência dos fabricantes de Destilarias à mudanças, melhoria contínua, é incompreensível.

O comprador deve especificar o que quer, conferir o que pediu, dentro dos fundamentos técnicos, não somente o lado comercial.

**You don't get what you deserve, you get what you negotiate (Karass)
(Você não ganha o que você merece, ganha o que negocia)**

Economia Vapor devido a Sangria

Pela 2ª Lei de Rillieux, a Economia seria:

Economia = Sangria x Efeito sangrado / Número de Efeitos

Consumo efetivo que saiu da caldeira =

Consumo na destilaria x 4/5 se a evaporação for em 5 efeitos

Exemplo: Consumo na Destilaria: 50 t/h,

Vapor que saiu da caldeira = $50 \times 4/5 = 40$ t/h

Consumo $V_1 = 2,5$ kg/L >>> $V_E = 2,5 \times 0,80 = 2,0$ kg/L

Obrigado

fz7@uol.com.br