

BOM DIA !

Meu nome: Paul Fernand Milcent Orientador da segunda etapa da disciplina de Integração V

Objetivos desta apresentação:

- Orientar quanto ao conteúdo e a forma do trabalho a ser entregue. (Metade da nota; 1/6 do total da disciplina.)
- Orientar quanto ao conteúdo da prova individual de avaliação. (Metade da nota; 1/6 do total da disciplina.)

Canais de comunicação:

Site www.paulfmilcent.net Contém, além de vários outros textos considerados interessantes, a capa padrão do trabalho e esta apresentação.

E-mail paul@paulfmilcent.net Telefone (41) 3264-2827 e Facebook Permite sanar dúvidas e agendar um horário para sanar dúvidas na UFPR. Em geral, sextas feiras das 15;30h às 16;30h estou em minha sala na UFPR especialmente para isto!

Capa Padrão: É a folha de rosto do trabalho a ser entregue, inclusive quanto a sua formatação. Apresenta o sumário mínimo a ser seguido por todas as equipes. Apresenta a ordem do sumário a ser entregue por todas as equipes. Não usar a folha de rosto, ou o sumário mínimo ou ainda a ordem estipulada comprometerá fortemente o resultado da avaliação. Compromete também a avaliação, a entrega de trabalhos semelhantes por equipes diferentes; o uso de dados diferentes dos da equipe considerada; o emprego de relatórios informatizados e automatizados por recursos desenvolvidos por equipes de semestres anteriores.

Os memoriais de cálculo são os que permitem a correção de cada item numérico. A estrutura desejada é: Equações literais na devida sequência; equações com os valores numéricos devidamente substituídos; resultados parciais e finais obtidos. (Um memorial de cálculo para cada tipo de problema.)

TRABALHO

BOMBAS DE CALOR & SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO

Objetivos / Contexto técnico:

- * Diminuição do consumo de energia da instalação industrial.
- * Substituição da fonte de energia, de combustão (o que gera poluição) para elétrica (obtida por meio da maioria dos métodos alternativos de obtenção de energia).
- * Substituição do uso industrial, de substâncias altamente tóxicas por outras praticamente inócuas.
- * Dimensionamento básico de uma bomba de calor.
- * Dimensionamento básico de um sistema de refrigeração.
- * Incentivar a realização de trabalho técnico autônomo, sob orientação.

Contexto ético:

A ética é o diagnóstico e a busca da conduta mais adequada.
Ético é procurar fazer o bem.

- * A finalidade de qualquer profissão é o bem do ser humano.
- * As profissões envolvem a obtenção de conhecimento.
- * Porém o conhecimento é neutro: pode promover o bem ou o mal do ser humano.

Raciocínio indutivo: Um humorista conta uma piada a você e você ri. Você recebeu um bem. O humorista fez a você um bem. O humorista agiu eticamente. Como criar piadas exige conhecimento (o de fazer rir ou chorar) o humorista foi ético aplicando conhecimento para fazer o bem.

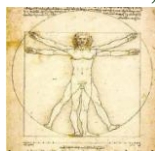
- * O Engenheiro Químico agirá eticamente quando aplicar o conhecimento para fazer o bem. O Engenheiro Químico será tanto mais ético quanto maior for o bem para o maior número de pessoas.
- * Como o conhecimento é neutro, as escolhas técnicas são também escolhas éticas.

Do mesmo modo:

- * As escolhas administrativas e de gestão são também escolhas éticas.

Boa parte dos objetivos deste trabalho são simultaneamente técnicos e éticos.

- * Como a Universidade transmite conhecimentos técnicos, lhe cabe também informar conceitos éticos.



SUMÁRIO DE ÉTICA



Ética a partir do grego significa conduta ou comportamento (individual).

Etiqueta significa pequena ética e se refere a comportamentos considerados convenientes em situações específicas.

Política também do grego (polis + ethica) se refere ao comportamento coletivo.

Desta forma o estudo da Ética é a busca livre e individual da melhor conduta para si.

Pode-se provar que julgar e condenar o comportamento de outros não apresenta sustentação lógica. No entanto, podemos analisar tais comportamentos e agirmos em conformidade com tais análises.

É um princípio e uma constatação que todos os seres humanos (inclusive eu e você) visam, por meio de suas condutas, essencial e fundamentalmente a Felicidade. Todos os desejos humanos a rigor objetivam alcançá-la.

O Fundamento da Ética é bastante simples: 'O essencial da Ética é fazer o Bem.'

Fazer o Bem ao outro; ser útil ao outro, é necessidade interior inconsciente do ser humano, estabelecida por processo evolucionário. (Ao longo das eras os indivíduos mal quistos tendem a ser descartados. Este é um conhecimento oriundo do Darwinismo Comportamental.) Cumprida satisfatoriamente esta necessidade, o indivíduo sente-se bem. Não cumprida, sente-se mal.

O ser humano em si muda pouco ao longo dos séculos. As principais orientações éticas da atualidade são:

ARISTÓTELES. Propõe a Ética baseada em Virtudes. Virtudes são habilidades a serem desenvolvidas pela repetição de ações. As principais podem ser consideradas: A Prudência (Pensar antes de falar e agir). A Temperança (Buscar o meio termo justo e bom em todas as ações). A Fortaleza (Agir ou não agir em conformidade com o Bem; Persistência). A Justiça (Promover a retribuição proporcional de Bens; o Equilíbrio). A Amizade (Amar).

JOHN STUART MILL. Ético é procurar promover o maior Bem e a maior Felicidade para o maior número de pessoas. Se o Bem é maior, a ação é mais Ética. Se o Bem é maior para um maior número de pessoas, a atitude é ainda mais Ética.

IMMANUEL KANT. Ninguém deve ser tratado como um simples meio, mas sempre como um fim. Ninguém deve ser considerado como uma peça ou uma ferramenta, mas sempre como um ser humano. Mentir a ele, manipulá-lo ou coagi-lo é desrespeitar a dignidade humana.

JESUS. Procurar fazer aos outros, o que gostaríamos que fosse feito a nós mesmos, caso nos encontrássemos em situação análoga. A base segura para sabermos o que é bom, ou seja, o melhor dos critérios é observarmos o que nós mesmos consideramos bom.

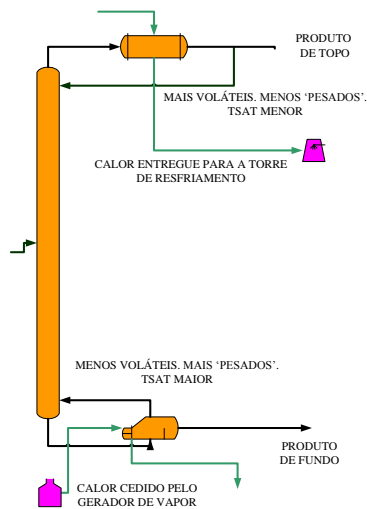
Sócrates nos indica porque não agimos sempre eticamente. Os erros se devem à ignorância; à falta de conhecimento. Não basta ter a 'notícia' do que é certo ou errado. Conhecimento envolve a interiorização no ser, de que uma determinada linha de ação é realmente benéfica a ele. Envolve olhar para si mesmo; auto conhecer-se. Saber que ser bom é bom.

Pela filosofia oriental, buscar ser ético não se restringe apenas em procurar agir bem, mas também procurar pensar bem e falar bem. Bons pensamentos geram boas palavras e bons sentimentos. Boas palavras e bons sentimentos geram boas ações.

Exercitar a melhor conduta para si; ser Ético; gera Felicidade, Autorealização e Desenvolvimento. Ocasiona excelentes resultados para o próprio indivíduo. Desta forma fazer o Bem é um Consequencialismo Esclarecido.

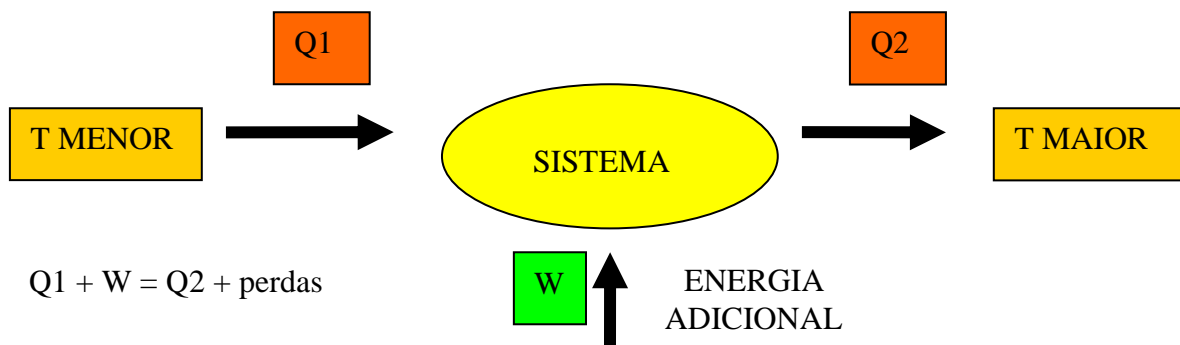
'A meta de todos nós é a de que nossas ações terminem por corresponder aos nossos ideais.' *Paulo Freire.*

O PRETEXTO DO TRABALHO: Uma coluna de destilação.



Como podemos observar, o calor necessário para vaporizar todo o fluido que chega ao topo da coluna é fornecido na base, corriqueiramente obtido pela queima de um dado combustível. Por sua vez, também usualmente, o produto de topo é condensado e o calor liberado, posteriormente descartado para a atmosfera numa torre de resfriamento. O ideal seria que o calor liberado no topo da coluna fosse cedido em sua base. No entanto o topo da coluna está a uma temperatura menor que a sua base. Desta forma a transferência de calor não ocorrerá naturalmente.

Há porém sistemas que 'bombeiam' calor de uma região de menor temperatura para outra a maior temperatura, graças a doação de uma pequena quantidade de energia adicional.

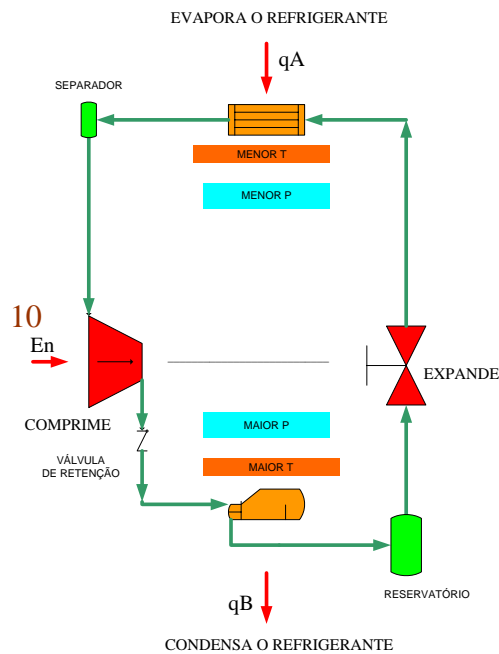


Dentre as bombas de calor, duas são as mais usuais:

* Bomba de calor por absorção: Tem menor rendimento (apresenta menor aproveitamento da energia cedida); funciona por combustão (liberando gases nocivos para atmosfera); o fluido auxiliar da bomba costuma ser tóxico (com risco aos servidores da empresa e aos moradores do entorno).

* Bomba de calor por compressão mecânica do vapor: Tem maior rendimento (apresenta maior aproveitamento da energia cedida); funciona com energia elétrica (obtida por inúmeráveis fontes energéticas); o fluido auxiliar da bomba costuma ser inerte (não tóxico).

TODAS AS EQUIPES EMPREGARÃO BOMBA DE CALOR POR COMPRESSÃO DO VAPOR

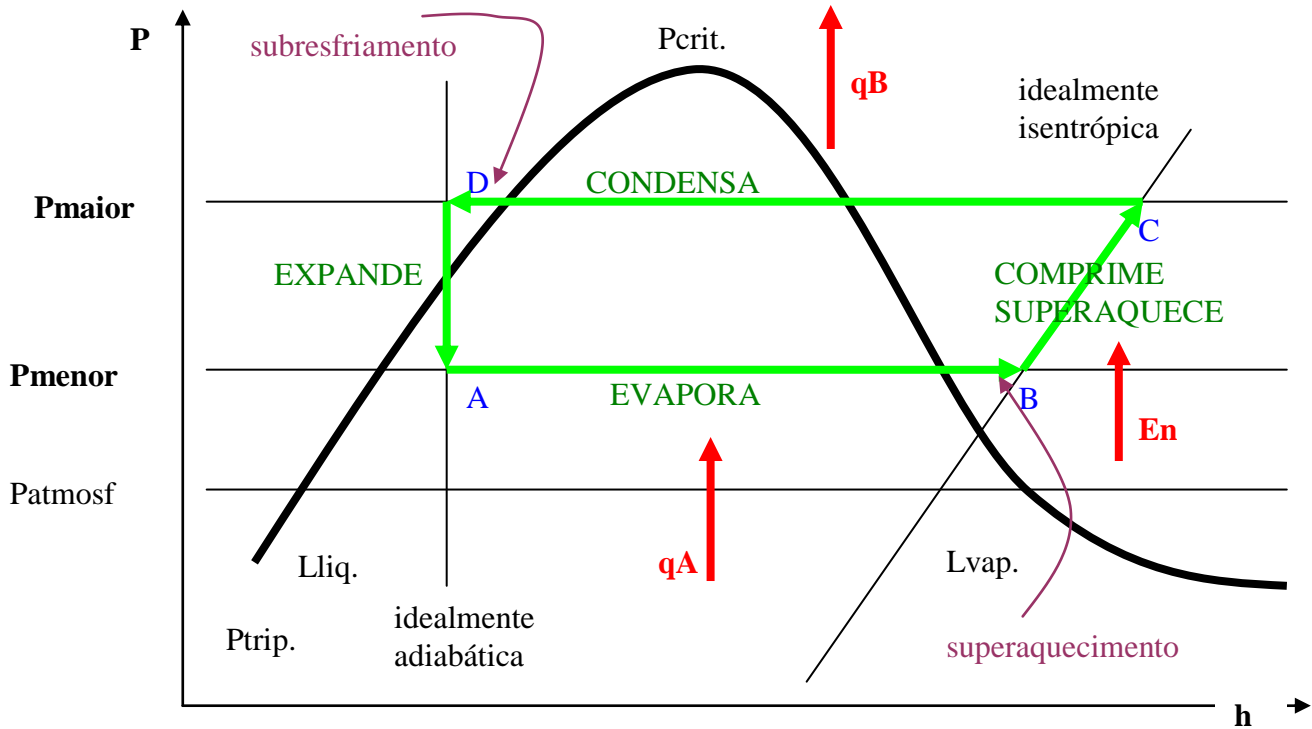


A vazão mássica do fluido auxiliar é a mesma em todos os pontos.

$$qA + En = qB + \text{perdas}$$

DIAGRAMA P x h PARA O FLUIDO AUXILIAR (OU REFRIGERANTE CONFORME A TEMPERATURA).

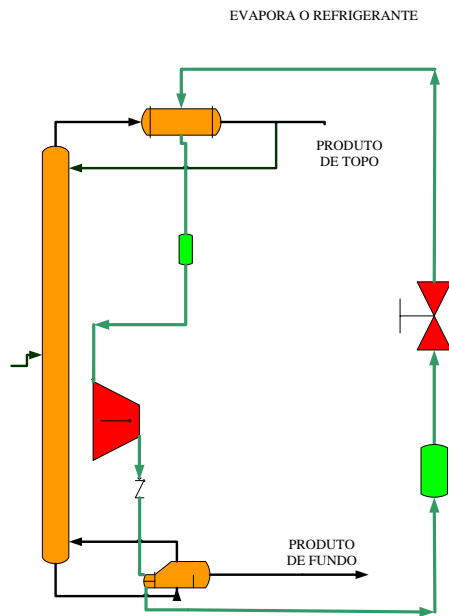
O uso deste diagrama facilita em muito o dimensionamento básico do sistema.



A proposta geral do trabalho é o dimensionamento básico de uma bomba de calor por compressão do vapor para a operação de uma coluna de destilação com reduzido consumo de energia.

O mesmo trocador de calor que condensa o produto de topo (condensador total) é o que evapora o fluido auxiliar da bomba de calor.

O mesmo trocador de calor que evapora o produto de fundo (evaporador parcial) é o que condensa o fluido auxiliar da bomba de calor.



INFORMAÇÕES GERAIS PARA TODAS AS EQUIPES:

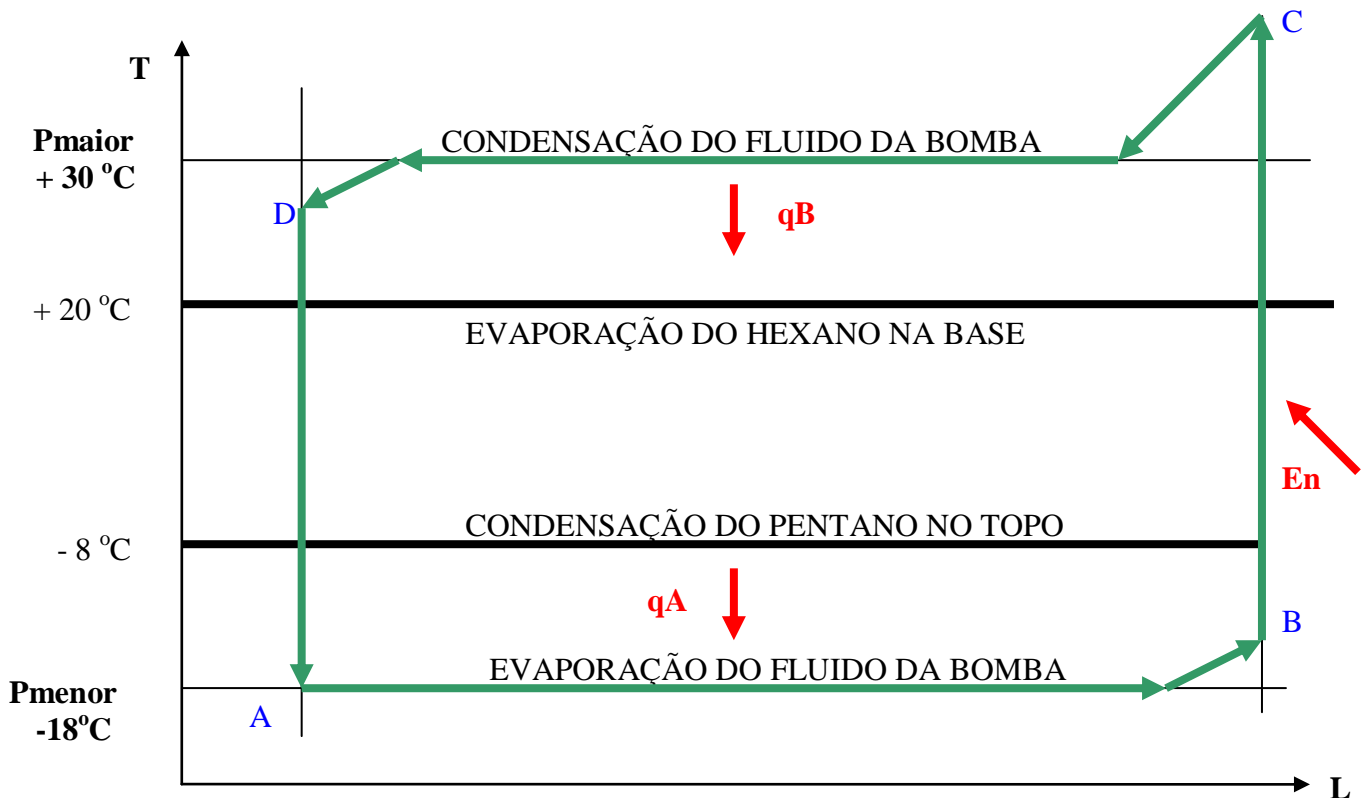
- * A coluna pode ser considerada em operação isobárica.
- * A coluna opera a vácuo, na pressão absoluta de $0,167 \text{ kgf/cm}^2$
- * O produto de fundo é hexano, que pode ser considerado puro.
- * O produto de topo é pentano, que pode ser considerado puro.
- * As perdas de carga podem ser desprezadas. Desta forma os produtos no interior dos trocadores de calor, estão submetidos à pressão indicada.

Cabe às equipes determinar as temperaturas de saturação dos produtos nesta pressão. Necessário confirmar que a temperatura de condensação do pentano será de $-8 \text{ }^\circ\text{C}$ e a do hexano $+20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Quanto menor a compressão exigida (menor ΔP na bomba), menor será o consumo de energia. Isto se obtém projetando os trocadores de calor para operar com reduzidos ΔT s. Em consequência as áreas de troca térmica necessárias serão maiores. ($q = A.U.\Delta T$) Desta forma, usualmente opta-se por menores despesas operacionais e maiores despesas na construção da instalação.

Optando por um ΔT aproximado de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ nos trocadores de calor, podemos construir o diagrama T x L para o sistema.

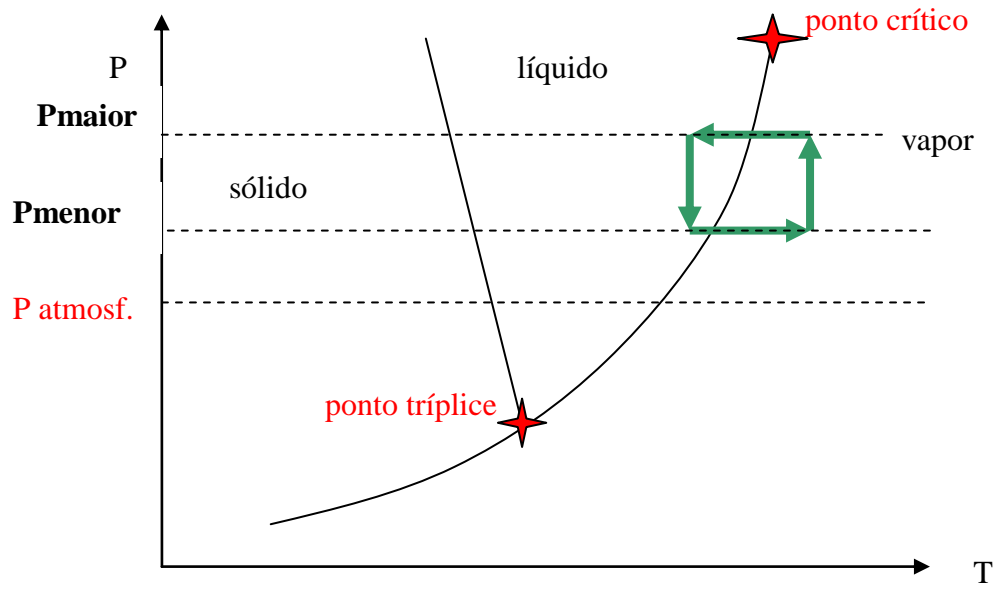
DIAGRAMA T x L

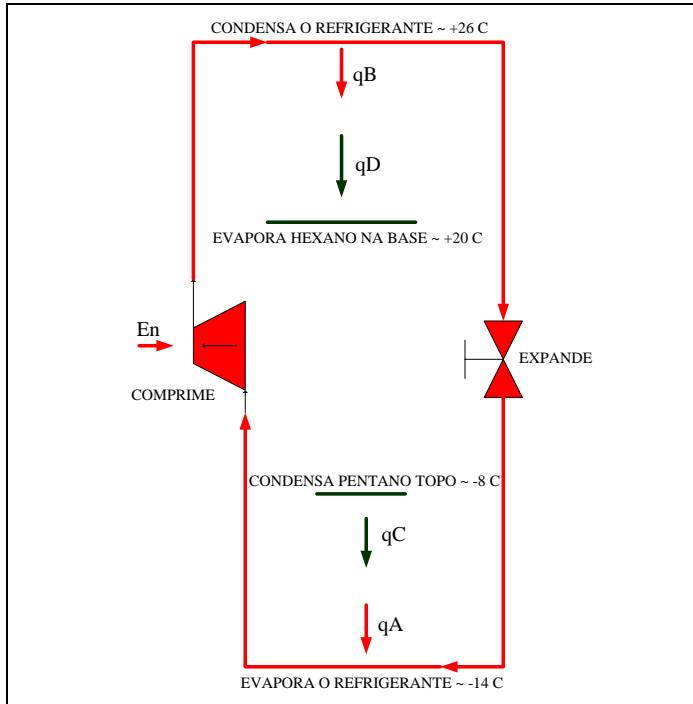


Com o conhecimento das temperaturas nas quais o fluido da bomba - no nosso caso puro - deverá mudar de fase, podemos consultar um diagrama P x h específico para o fluido selecionado e assim determinar as pressões de sucção e de descarga do compressor (a maior e a menor pressão do sistema).

É tarefa das equipes selecionar o fluido da bomba de calor. O fluido deverá ser permitido a longo prazo (consultar o protocolo internacional; não serão permitidos clorados; serão permitidos fluorclorados). Não será permitido o emprego de fluidos inflamáveis (por exemplo, hidrocarbonetos) ou tóxicos (por exemplo, amônia).

DIAGRAMA P x T DO FLUIDO AUXILIAR PURO





Observe que no ciclo da bomba de calor por compressão de vapor, sempre a vazão mássica do fluido circulante será a mesma. Sempre o calor recebido será igual ao calor cedido, pois estamos considerando o sistema como operando em regime contínuo.

$$* m_{REFRIGERANTE} = \text{CONSTANTE}$$

$$qA + En = qB$$

O refulvedor do hexano é um trocador de calor com vaporização parcial do hexano. Sua pressão de trabalho é igual a da coluna. (0,167 ata). Entra hexano líquido saturado proveniente da coluna. O produto de fundo é líquido saturado. Retorna para a coluna, vapor saturado. A vazão mássica fornecida é a vazão mássica de vapor saturado que retorna para a coluna.

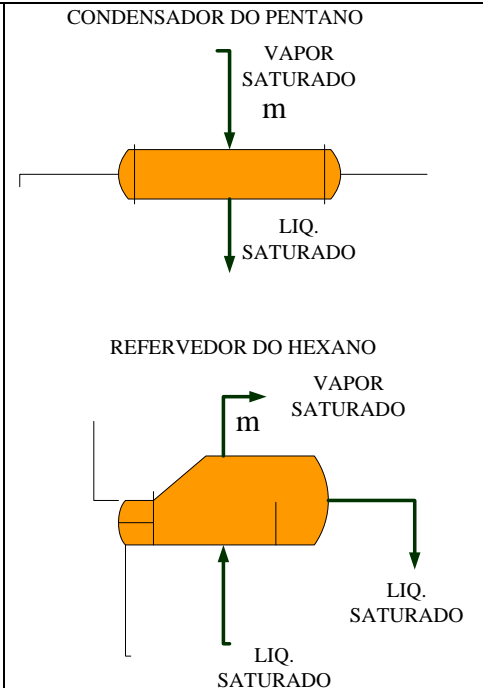
Desta forma,

$$qD = m_{HEXANO}^* .hfg_{HEXANO}$$

O condensador do pentano é um trocador de calor com condensação total do pentano. Sua pressão de trabalho é igual a da coluna. (0,167 ata). Entra vapor saturado e sai líquido saturado. Posteriormente uma parte deste líquido retorna para a coluna como refluxo e outra se torna o produto de topo.

Desta forma,

$$qC = m_{PENTANO}^* .hfg_{PENTANO}$$



Valores numéricos para as equipes.

m_{HEXANO} (Kg/s)	m_{PENTANO} (Kg/s)	EQUIPE
0,85	1,85	M
0,95	1,95	A
1,05	2,05	I
1,15	2,15	O
1,25	2,25	B
1,35	2,35	K
1,45	2,45	Q
1,55	2,55	C
1,65	2,65	S
1,75	2,75	D
1,85	2,85	U
1,85	0,85	N
1,95	0,95	E
2,05	1,05	L
2,15	1,15	F
2,25	1,25	P
2,35	1,35	R
2,45	1,45	T
2,55	1,55	G
2,65	1,65	J
2,75	1,75	V
2,85	1,85	H

Observe que pelos valores numéricos fornecidos para cada equipe, é de se esperar que:

$$q_C \gg q_D \quad \text{ou então} \quad q_C \ll q_D$$

Desta forma

$$q_C + E_n \neq q_D$$

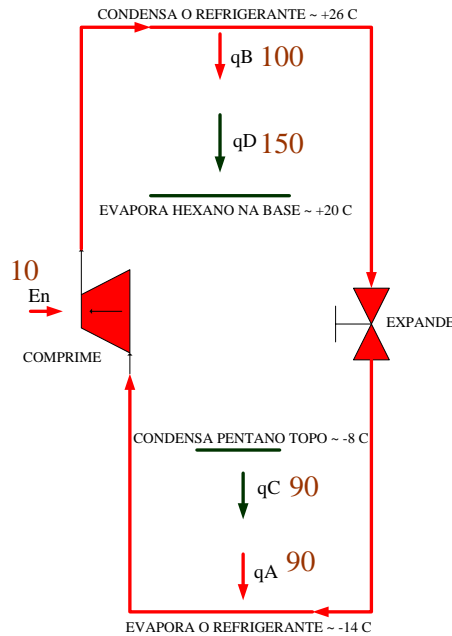
No entanto, sabemos que

$$q_A + E_n = q_B$$

Conseqüentemente necessitaremos de um terceiro trocador de calor para realizar o equilíbrio das cargas térmicas.

Este terceiro trocador de calor pode não estar ligado com a bomba da calor (ajuste fora do ciclo) ou então vinculado com a bomba de calor (ajuste no ciclo)

I. AJUSTE FORA DO CICLO I.1. SE $q_C \ll q_D$ I.1.1. FAZENDO $q_C = q_A$



I. AJUSTE FORA DO CICLO I.1. SE $q_C \ll q_D$ I.1.1. FAZENDO $q_C = q_A$

Já vimos como calcular q_C . q_A será o produto da vazão mássica de refrigerante com a variação entálpica necessária para evaporar tal refrigerante e sobreaquece-lo um pouco. Tal variação pode ser lida no diagrama P_{xh} para o refrigerante escolhido. Com isto se define a vazão mássica de refrigerante no ciclo.

$q_A + En = q_B$ q_B é o produto da vazão mássica já determinada com a variação entálpica necessária para subresfriar o vapor superaquecido de refrigerante, condensa-lo e subresfriar um pouco o líquido. En é o produto da vazão mássica com a variação entálpica da compressão. Tais variações podem ser lidas no diagrama P_{xh} do refrigerante escolhido. Com isto se define q_B e En.

No base da coluna de destilação, q_B será menor que q_D . Já vimos como calcular q_D . Assim faremos $q_D = q_{D1} + q_{D2}$ Isto é, teremos dois trocadores de calor naquela região.

$q_B = q_{D1}$ e desta forma temos os dados para dimensionar o trocador de calor que condensa o refrigerante e evapora o hexano.

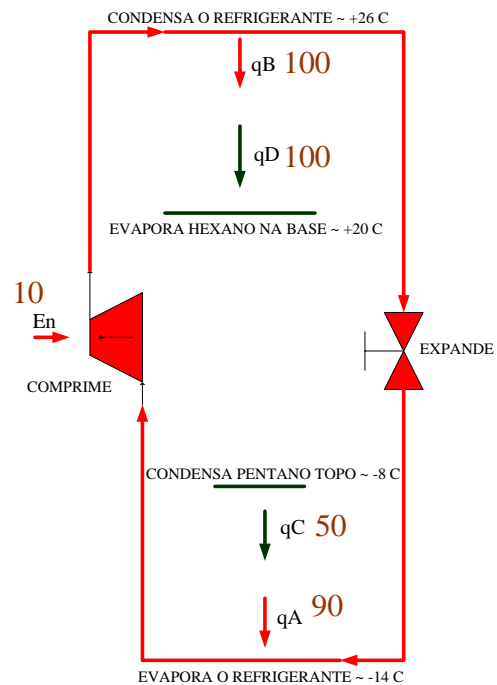
$q_{D2} = q_D - q_{D1}$ Definindo a carga térmica do terceiro trocador de calor, que evapora hexano, com auxílio de um fluido auxiliar, a ser escolhido, de temperatura superior a aproximadamente 20°C.

I. AJUSTE FORA DO CICLO

I.1. SE $q_C \ll q_D$

I.1.2. FAZENDO $q_D = q_B$

Neste caso é de se esperar que tenhamos que fornecer calor diretamente ao ciclo, além do cedido pelo pentano.

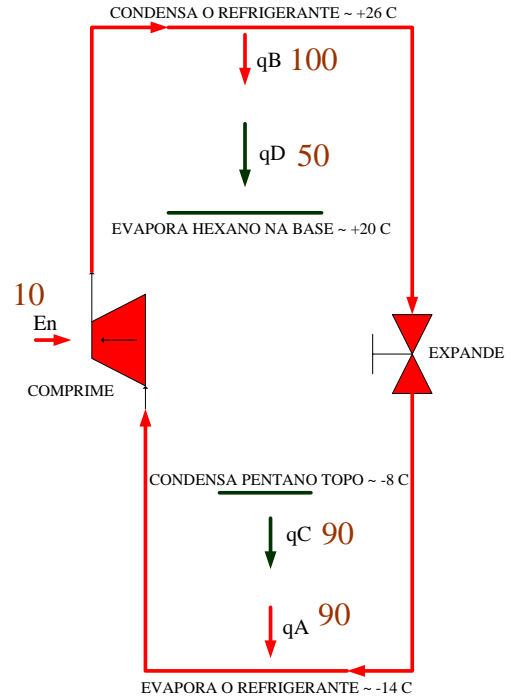


I. AJUSTE FORA DO CICLO

I.2. SE $q_C \gg q_D$

I.2.1. FAZENDO $q_C = q_A$

Neste caso é de se esperar que tenhamos que remover calor diretamente do ciclo, além do removido pelo hexano.

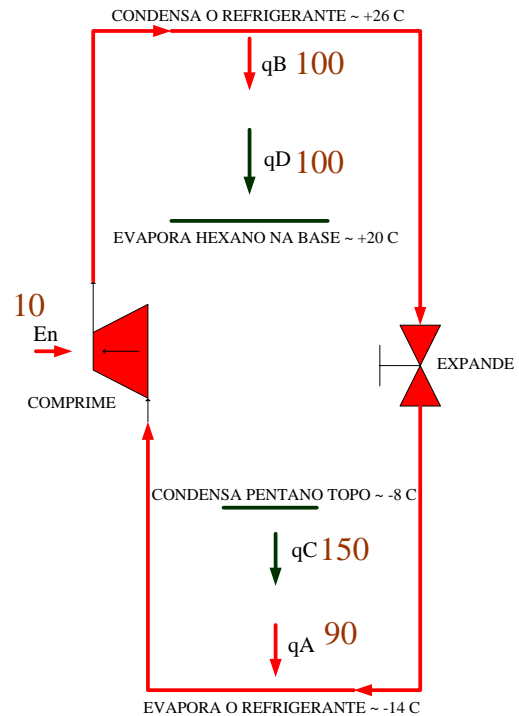


I. AJUSTE FORA DO CICLO

I.2. SE $q_C \gg q_D$

I.2.2. FAZENDO $q_D = q_B$

É de se esperar que no topo da coluna de destilação, a condensação do pentano gere um excedente de calor. Tal excedente teria que ser removido num outro trocador de calor com um fluido em temperatura menor que cerca de $-8\text{ }^\circ\text{C}$. (Necessitaríamos de um outro sistema de frio)

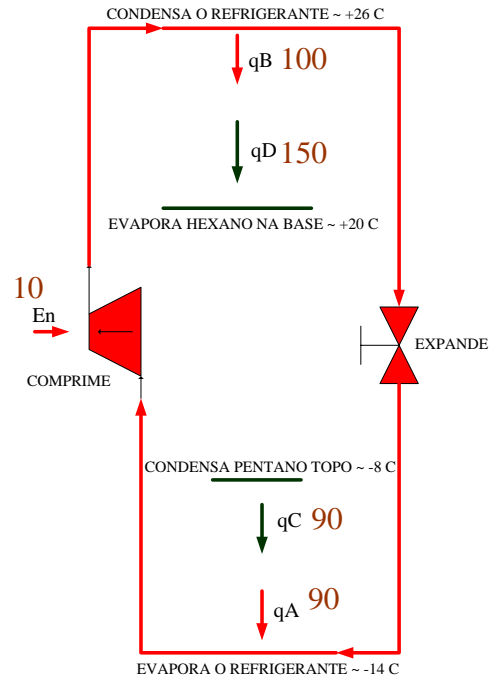


II. AJUSTE NO CICLO

II.1. SE $q_C \ll q_D$

II.1.1. FAZENDO $q_C = q_A$

Provavelmente necessitaríamos de mais calor para evaporar o hexano, o qual não poderia ser suprido totalmente pelo ciclo.



II. AJUSTE NO CICLO

II.1. SE $q_C \ll q_D$

II.1.2. FAZENDO $q_D = q_B$

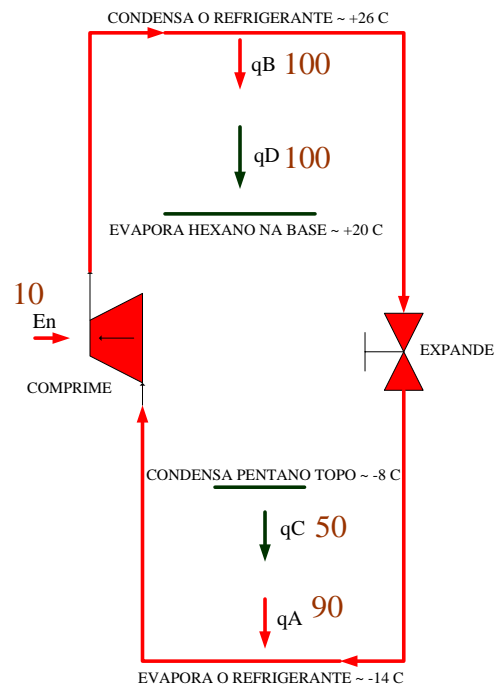
$q_D = q_B$ e com isto obtemos a vazão mássica de refrigerante

$$q_A + E_n = q_B \quad \text{obtendo } q_A$$

Dois trocadores: $q_A = q_{A1} + q_{A2}$

Um trocador de calor terá carga térmica $q_C = q_{A1}$

O outro evaporará o refrigerante com o calor suplementar q_{A2} , fornecido por um fluido auxiliar com temperatura superior a cerca de -14°C .

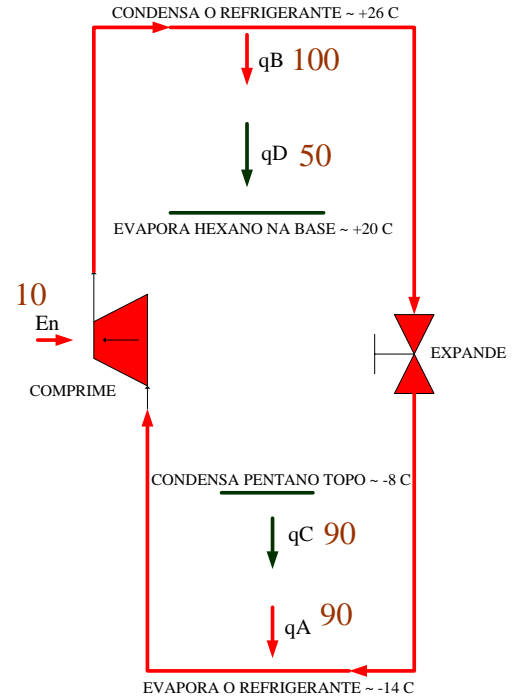


II. AJUSTE NO CICLO
 II.2. SE $q_C \gg q_D$
 II.2.1. FAZENDO $q_C = q_A$

$$q_B = q_{B1} + q_{B2}$$

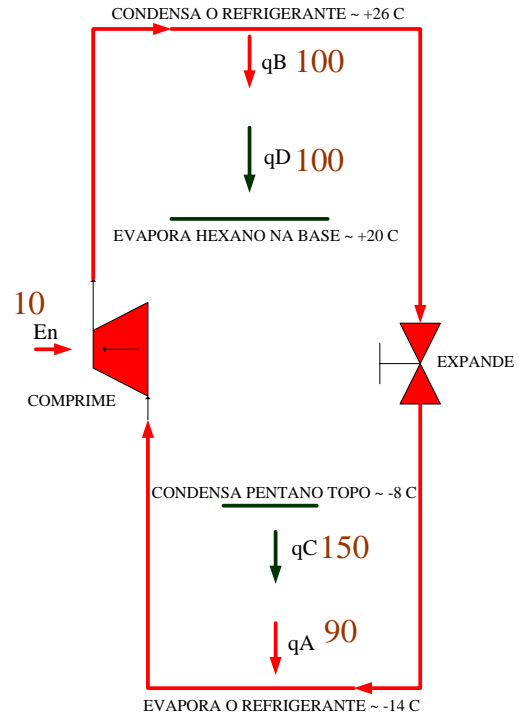
$$q_{B1} = q_D$$

q_{B2} é a carga térmica do trocador de calor que remove suplementarmente calor para a condensação do refrigerante, com o auxílio de um fluido auxiliar em temperatura inferior a aproximadamente + 26 °C



II. AJUSTE NO CICLO
 II.2. SE $q_C \gg q_D$
 II.2.2. FAZENDO $q_D = q_B$

É de se esperar que o ciclo não consiga remover todo o calor liberado pela condensação do pentano.



Sumário das opções prováveis para o equilíbrio das cargas térmicas.

AJUSTE	FORA DO CICLO	$q_C < q_D$	$q_C = q_A$	SIM
			$q_D = q_B$	não
		$q_C > q_D$	$q_C = q_A$	não
			$q_D = q_B$	(não)
	NO CICLO	$q_C < q_D$	$q_C = q_A$	não
			$q_D = q_B$	SIM
		$q_C > q_D$	$q_C = q_A$	SIM
			$q_D = q_B$	não

CAPA DO TRABALHO, COM OS ÍTENS DE AVALIAÇÃO E SUMÁRIO PEDIDO.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

DISCIPLINA DE INTEGRAÇÃO V

TRABALHO: REFRIGERAÇÃO & BOMBAS DE CALOR

RESPONSÁVEL: PROFESSOR PAUL FERNAND MILCENT

IDENTIFICADOR DA EQUIPE:	SEMESTRE: ANO:
--------------------------	-------------------

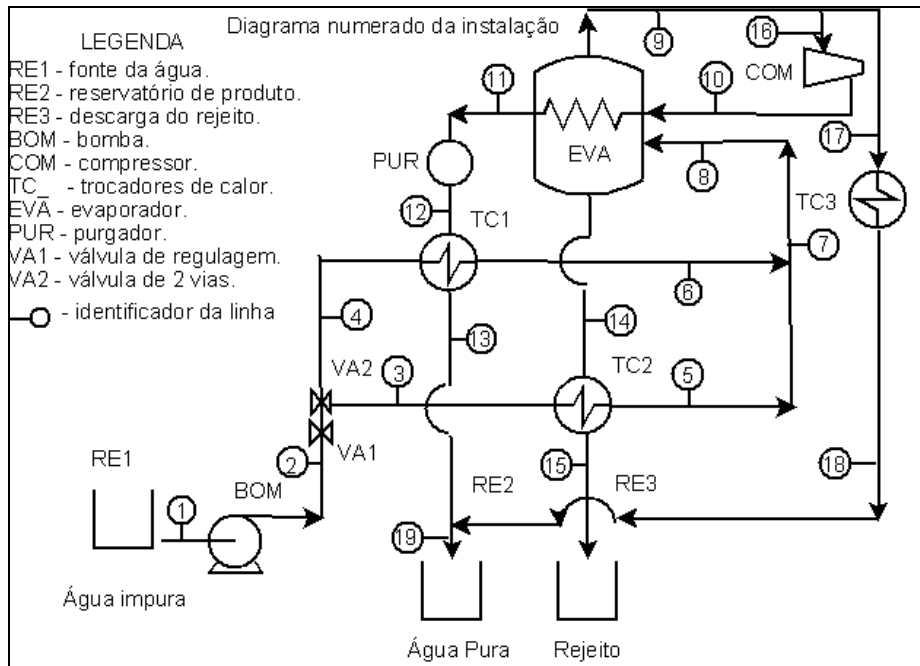
INTEGRANTES DA EQUIPE:	
NOME COMPLETO	NOME COMPLETO

ITEM PONTUADO	NOTA
Apresentação e Estrutura Formal (sumário, índice de figuras, índice de tabelas...)	
I.1 - Fundamentação teórica	
I.2 - Bomba de Calor por Absorção (*)	
I.3 - Bomba de Calor por Compressão do Vapor Simples, cascata, com fluido intermediário, complexos	
I.4 ; I.5 ; ...	
II - Dados do Sistema Fornecidos pelo Orientador	
III - Diagrama T x L para o Sistema	
IV.1 - Nomenclatura dos Fluidos de Trabalho; Características de Toxicidade, Inflamabilidade e Outras.	
IV.2 - Fluidos de Trabalho de Uso Proibido em Novas Instalações, no Futuro e no Presente, Conforme Protocolos Internacionais	
IV.3 - Seleção Fundamentada do Fluido de Trabalho a Ser empregado	
V - Diagrama P x h do Fluido de Trabalho Seleccionado, com a Representação das Transformações na Bomba de Calor	
VI - Equações, Estimativa e Levantamento das Propriedades das Substâncias Envolvidas (Pentano, Hexano, Fluido de Trabalho, Água de Resfriamento ou Vapor Saturado)	
VII - Cálculo e Memorial de Cálculo das Cargas Térmicas no Refervedor e no Condensador da Coluna de Destilação	
VIII - Estratégia Justificada para o Equilíbrio das Cargas Térmicas, pelo Emprego de um Terceiro Trocador de Calor	
IX - Descrição e Justificativa dos Acessórios de um Sistema de Bomba de calor	
X - Esquema Numerado de Toda a Instalação (Coluna de Destilação, Trocadores de Calor, Compressor, Válvula de Expansão, Acessórios) com Legenda (*) Com os acessórios!	
XI - Memorial de Cálculo e Resultados na Forma de Tabela, dos Balanços Materiais e de Energia, Ponto a Ponto, em Toda a Instalação. (*) Equação, valores substituídos e resultados.	
XII.1 - Seleção Justificada dos Modelos de Trocadores de Calor a serem Empregados	
XII.2 - Equações para Estimativa dos Coeficientes de Transferência dos três Trocadores de Calor (*) aqui	
XII.3 - Equações, Estimativa e Levantamento das Propriedades das Substâncias Envolvidas (Pentano, Hexano, Fluido de Trabalho, Água de Resfriamento ou Vapor Saturado) para o Projeto Básico dos três Trocadores de Calor aqui	
XIII - Memorial de Cálculo do Refervedor da Coluna de Destilação Equação, valores substituídos e resultados. Primeira iteração e indicação das demais	
XIV - Memorial de Cálculo do Condensador da Coluna de Destilação Equação, valores substituídos e resultados. Primeira iteração e indicação das demais	
XV - Memorial de Cálculo do Terceiro Trocador de Calor, Necessário para Equilibrar as Cargas Térmicas Equação, valores substituídos e resultados. Primeira iteração e indicação das demais	
XVI - Especificação, Folha de Dados e Seleção do Compressor opcional	
XVII - Especificação e Seleção da Válvula de Expansão opcional	
XVIII - Resumo e Conclusões	
Bibliografia	
Catálogos e Extras (créditos adicionais; Surpreenda o Orientador Avaliador...) diagramas termodinâmicos e suas interpretações...	
Catálogos e Extras (créditos adicionais; Surpreenda o Orientador Avaliador...) controle do ciclo ...ajuste do ciclo à carga térmica necessária	
Catálogos e Extras (créditos adicionais; Surpreenda o Orientador Avaliador...) etc....etc....etc...	
TOTAL	

"Nada é tão popular quanto a bondade." Benjamin Franklin

SE BEBER NÃO DIRIJA. SE DIRIGIR NÃO BEBA.

EXEMPLO DE UM ESQUEMA NUMERADO



EXEMPLO DE UMA TABELA DE DADOS

Linha	Fluido	Estado Físico	* <i>m</i> (Kg/s)	T (°C)	P (Kg/cm ²)	h (Kcal/kg)	s (Kcal/kg°C)
1							
2							
3							
...							