

COMBUSTÃO

- combustão lenta e viva
- início da combustão
- chama [pré-mistura difusa]
- difusão e detonação
- combustíveis [sólidos líquidos gasosos]
- diferença entre PCI e PCi
- ΔH_0 U de combustão
- ΔV_0 H
- Tª adiabática da chama
- Dissociação e sua cte
- gasolina
- > n° de octano
- > composto anti-detonantes
- GPL
- Alcool
- Gasleo
- > n° de octano

INSTALAÇÕES DE AR COMPRIMIDO

- componentes
- dimensionado de reservatórios
- compressores
 - > tipos
 - alternativos
 - parafuso > n° de andares
 - palhetas > n° de efeitos
 - lôbulos > n° de cilindros
 - espiral
 - dinâmicos
 - centrifugos
 - axiais
 - > ciclo terico
 - espaço morto
- η_{vol}
- ciclo de compressão indicado
- compressões em andares

CALDEIRAS

- classificação
 - > fluido de trabalho e n°
 - > processo de trabalho
 - > fonte de energia
 - > potência
 - > tipo de aquecimento
 - > n° de passagens
 - > tipo de câmara
- enumeração das perdas
- comparação entre água e óleo

CICLOS DE RANKINE ORGÂNICOS

- comparação q' o de vapor
- aplicações
 - comb. de biomassa
 - aproveitamento de E [térmica solar]
 - recuperação de E térmica (industriais)
- fluidos de trabalho

INSTALAÇÕES A VAPOR

- componentes
 - caldeira
 - tubagens [linha principal]
 - purgedores [linhas de distribuição]
 - bombas de [de retorno de condensado]
 - filtros
 - permutadores
 - VFP
 - vasos de expansão

MOTORES DE CI

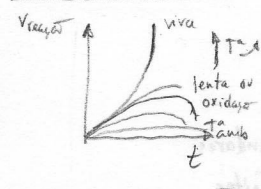
- classificação
 - HCCI
 - Otto
 - Diesel
- > modo de se injetar a mistura
- > n° de tempos [4]
- > tipo de comb. usado
- > 2ª atuação do fluido [simples efeito]
- > tipo de refrigeração [ar líquido]
- > n° de cilindros
- > disposição dos cilindros [linha V, W, H, U]
- ciclos padronizados a ar do [Otto Diesel Sabatier]
- ciclos indicados - tempos [4 Diesel Otto]
- Lavagem - tempos [4 Diesel Otto]
- Quantificação do desempenho
 - > w_e, p_m, η_{mec}
 - > w_i, p_m, η_i [η_2]
 - > w_b, η_a, η_t
 - > cee
- curvas características
- dirigibilidade/elasticidade
- balanço energético
- bancos de ensaios: frmo [hidráulico]
- bancos de ensaios: frmo [bancu areia]
- bancos de ensaios: frmo [correntes de Froude]

INSTALAÇÕES A TERMOFLUIDO

- comparação entre fluidos de TE
 - água quente
 - vapor d'água
 - termofluidos orgânicos
- tipos e propriedades a ter em conta na seleção
- componentes
 - caldeira
 - tubagem
 - bomba circuladora
 - vaso de expansão
 - desgaseificador
 - tanque de coleta
- arranjo

COMBUSTÃO

COMBUSTÃO LENTA E VIVA

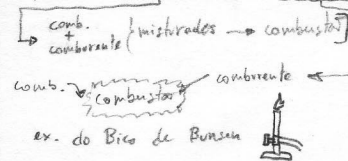


T° de ignição ou auto-inflamação é a partir da qual a combustão fica sup. viva. Varia de comb. p/ comb.

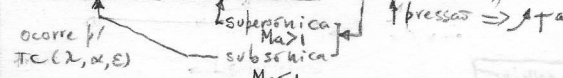
INÍCIO DA COMBUSTÃO



CHAMAS PRE-MISTURA E DIFUSAS



DEFLAGRAÇÃO E DETONAÇÃO

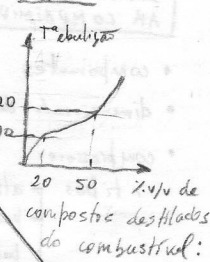


TIPOS DE COMBUSTÍVEIS

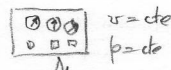
- Gasosos: GPL, gás natural, H_2, CO (hidrocarbonetos)
- Líquidos: Gasóleo, gasolina, Biodiesel (alterando p e T, Referência $\bar{\gamma}$ e T_{amb})
- Sólidos: carvão, coque, petróleo, madeiras (se vierem do petróleo são separados em colunas de destilação)

CURVA DE DESTILAÇÃO

0 $\bar{\gamma}$ e?



Como se determina?



aguardando o comb num aparelho próprio mantendo D. a veloc. ctes e incl medindo a %v/v de destilados.

30% dos compostos qe constituem o comb. abidem entre 100-120°C

Para $\bar{\gamma}$ serve?

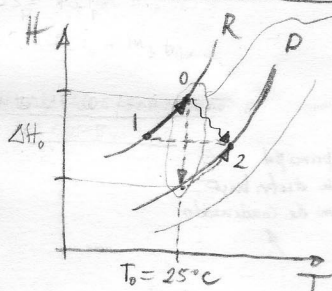
Cada componente do comb. conforma-lhe propriedades diferentes, daí ser preciso saber em q quantidade $\bar{\gamma}$ existe no comb. Ex: componentes voláteis (i.e. \downarrow peso molecular, M) são favoráveis ao arranque e frio. No entanto o seu excesso pode causar bolhas de vapor indesejáveis em certos sistemas.

Para $\bar{\gamma}$ servem os índices de octano e cetano? O $\bar{\gamma}$ são substâncias anti-detonantes

Índice de Octano: Aplica-se à gasolina, $\bar{\gamma}$ e 1 comb. explosivo. o índice diz-nos qto aguenta ser comprimida antes de explodir (comb. espontânea). índice 70 \rightarrow resistência à compressão = a resistência de (mistura de 70% isoctano e 30% heptano).
Substâncias anti-detonantes são aquelas q adicionadas ao comb, \uparrow a sua resistência (índice). Gasolina anda à volta dos 95-98.
Índice de Cetano: Da a medida do tempo q decorre desde q o comb. é injetado até ocorrer a sua auto-inflamação. Para os motores Diesel servem-se comb. q este índice \uparrow . Nos gasóleos anda à volta dos 50.

| Comparação | Gasolina | Alcoois -OH |
|------------------------|--------------|--|
| Índice Octano | 95-98 | 110-120 \Rightarrow álcool + resistente à detonação \Rightarrow \uparrow $\bar{\gamma}$ |
| T° ebuliz (C) | 30-215 | 65-110 \Rightarrow " - compostos voláteis \Rightarrow pior arranque a frio, pode precisar de aquecimento na admissão |
| PCI (kg/L) | \approx 31 | 16-28 \Rightarrow motores consomem |
| Poluição | ; | ; |

CALORES DE COMBUSTÃO



combustão isotérmica e isobárica (zona isométrica se fosse determinado a partir da energia interna)

para isto acontecer deixa-se $\bar{\gamma}$ as substâncias percam calor. Ao calor total perdido por massa de combustível chama-se Poder calorífico (inferior). Se o produto condensar, p/ além desse calor ainda perde o glv. Ex: água



$$PC_{S} = PC_{I} + g_{glv} \cdot \frac{M_{glv}}{m_{comb}}$$

$$\frac{kJ}{kg_{comb}} = \frac{kJ}{kg_{comb}} + \frac{kJ}{kg_{glv}} \cdot \frac{kg_{glv}}{kg_{comb}}$$

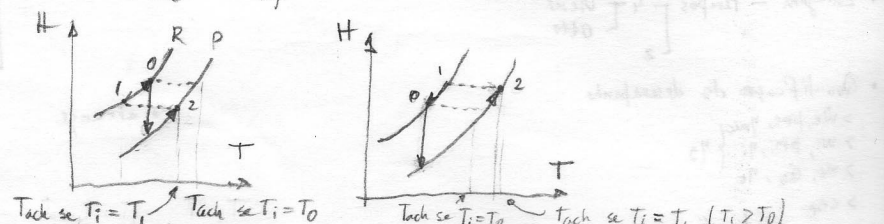
- Biodiesel** (de plantas vegetais ou animais)
- comparação d gasolina
 - + menos poluente
 - \approx PCI
 - mais caros
 - \pm pode influenciar preços de comida
 - terreno de agricultura se produzir em \uparrow escala

- Hydrogênio**
- + elemento + abundante na natureza
 - + combustão não polui
 - + \uparrow PCI do $\bar{\gamma}$ qg outra substância
 - muito custoso de produzir
 - precisa de \uparrow pressão p/ armazenar em boa gtd

T^o ADIABÁTICA DA CHAMA (Tach)

Se não deixarmos escapar calor durante a combustão \Rightarrow adiabática. Os produtos vão atingir uma T^o máxima Tach (produtos, T^o inicial)

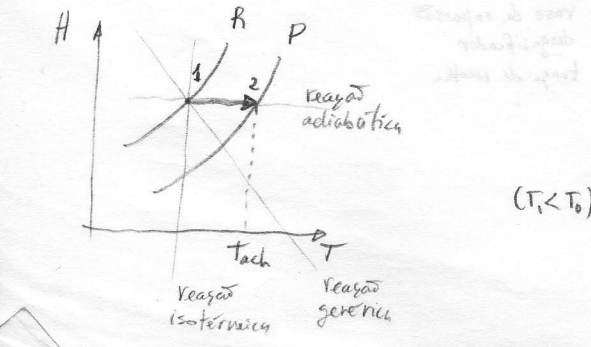
Determinação:
 hip. 1: método gráfico (e preciso gráficos H,T ou U,T)
 hip. 2: " analítico
 Se T^o inicial \neq T^o inf = 25°C = T₀ (caso + complicado)



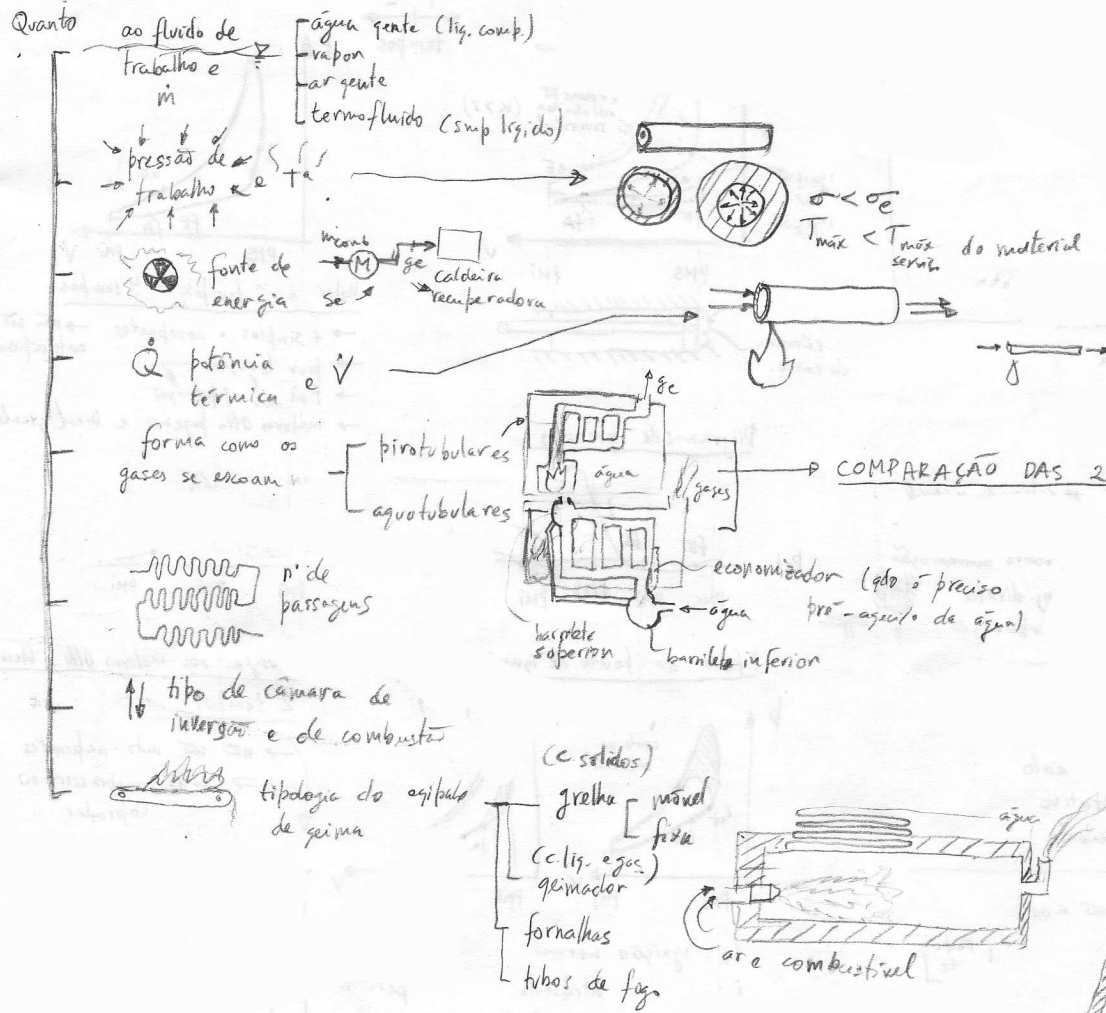
$$H_{R1} - H_{P2} = Q = 0$$

$$(H_{R1} - H_{R2}) + (H_{P0} - H_{P1}) + (H_{P0} - H_{P2}) = 0$$

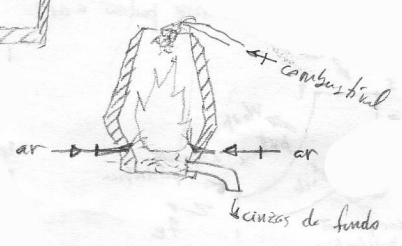
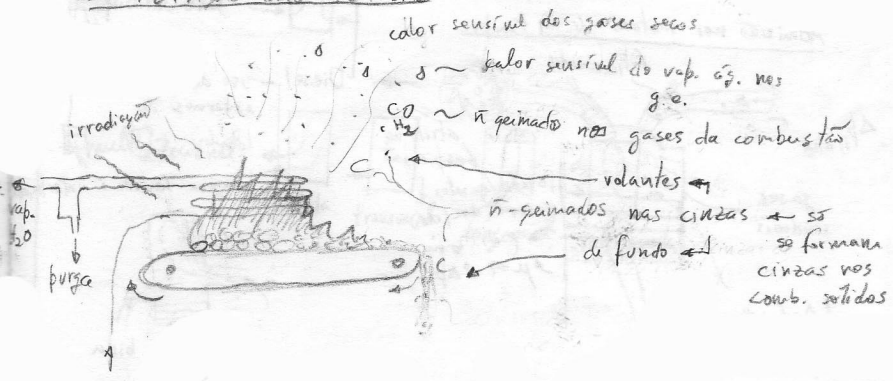
$$m_r \bar{c}_{p,r}(T_i - T_0) + PCI \cdot m_{comb} + m_g \bar{c}_{p,g}(T_0 - T_1) = 0$$



CLASSIFICAÇÃO



ENUMERAÇÃO DAS PERDAS

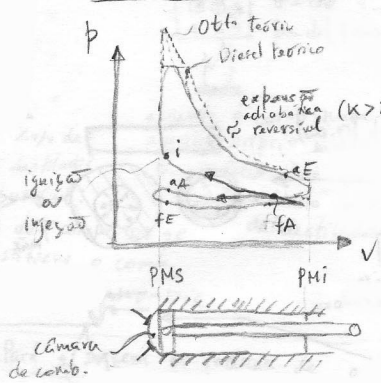


MOTORES DE C.I.

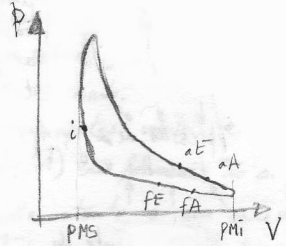
CLASSIFICAÇÃO

- ciclo de funcionamento
 - ↳ Diesel ← compressão
 - ↳ Otto ← ignição
- nº de tempos
 - ↳ 4
 - ↳ 2
- tipo de refrigeração
 - ↳ ar
 - ↳ adiabático
 - ↳ líquido
- nº cilindros
- disposição dos cilindros: V, W, H, U, linha
- modo de se inflamar a mistura
- tipo de comb. usado
 - ↳ gasolina
 - ↳ gás natural
 - ↳ álcool
- tipo de alimentação
 - ↳ do ar
 - ↳ aspiração natural
 - ↳ turbo compressor sobre alimentação
 - ↳ do comb.
 - ↳ inj. direta
 - ↳ carburador
- regulação de carga
 - ↳ composição mistura
 - ↳ quantidade mix
- tipo de movimento do motor
 - ↳ alternato
 - ↳ rotativo
 - ↳ oscilante

CICLOS INDICADOS



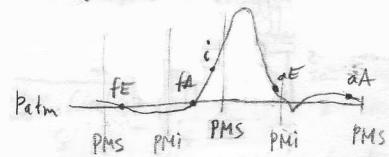
4 2
tempos



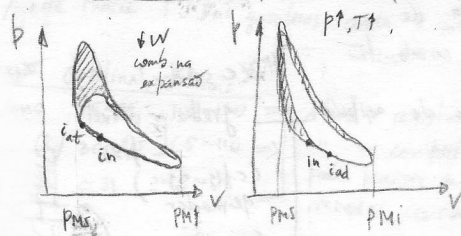
Motor a 2 tempos vs 4 tempos

- + simples e compactos → não são auto-aspirantes
- prior lavagem
- ↑ mi comb ↑ potência
- motores Otto pequenos e Diesel grandes

Diagramas de pressões



Efeito do ponto de ignição sobre η



- iat: ignição normal
- iat: atrasada
- iad: adiantada
- trabalho perdido

Lavagem nos motores Otto e Diesel

- 2 tempos
- não são auto-aspirantes
- uso de compressor ou soprador

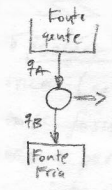
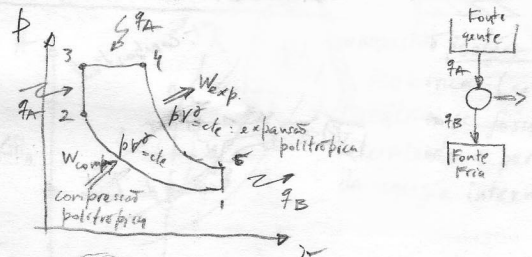
Otto

- ↳ sistema cárter + bomba + óleo lubrificante
- ↳ lavagem multidirecional + comum especial a tangencial

Diesel

- ↳ uso de compressores externos de lobos
- ↳ lavagem favorável a interlarada

CICLOS TEÓRICOS (motores padrão a ar)



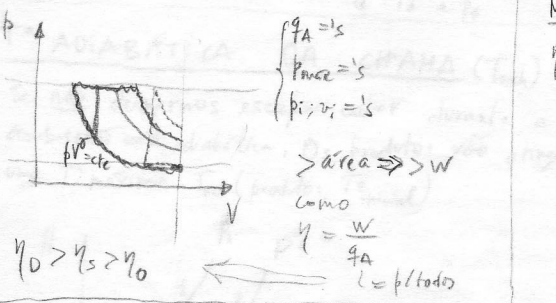
$$\eta_{t,s} = 1 - \frac{1}{r_v^{k-1}} \frac{r_{cp} r_{cv} - 1}{r_{cv} - 1 + k r_{cv} (r_{cp} - 1)}$$

$$r_v = \frac{c_p}{c_v}$$

η_{t,D} → r_{cv} = 1
η_{t,O} → r_{cp} = 1

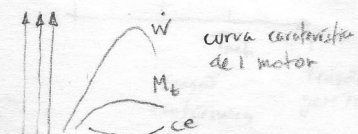
r_v: razão de compressão = $\frac{V_1}{V_2}$
r_{cp} = $\frac{V_4}{V_3} = \frac{T_4}{T_3}$; r_{cv} = $\frac{p_3}{p_2} = \frac{V_2}{V_3}$

• Comparação entre os 3:



Consumo específico

$$c_{e,x} = \frac{m_{comb}}{W_c} \quad c_e \propto \frac{1}{\eta_g}$$



DESEMPENHO DOS MOTORES

Medição de η_{me}

$$\eta_{me} = \frac{W_e}{W_i}$$

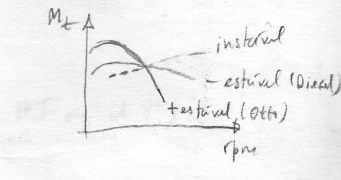
W_e ← medir a potência no veio do motor / dinamômetro ou freio elétrico
W_i ← medir este e cara
W_i = W_e + W_p ← medir

Desligar o motor e cl ale aiuda gente

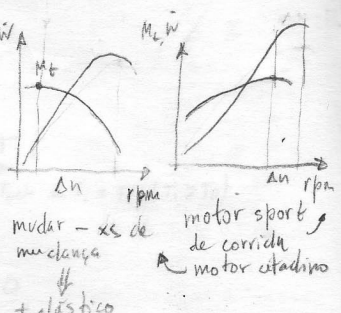
η_{meA} + 90%

- ↳ quando não se tem freio elétrico
- ↳ Método de Morse: medir W_e; cortar ignição ou injeção num cilindro. Medir W_e
- ↳ W_e - W_e ≈ W_i cilindro
- ↳ Método da linha de Willan

Estabilidade e elasticidade de 1 motor

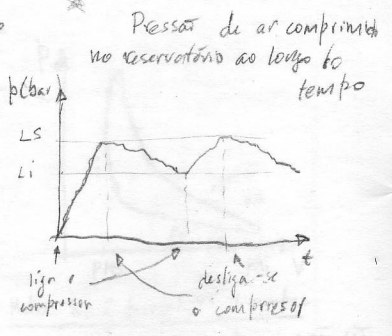
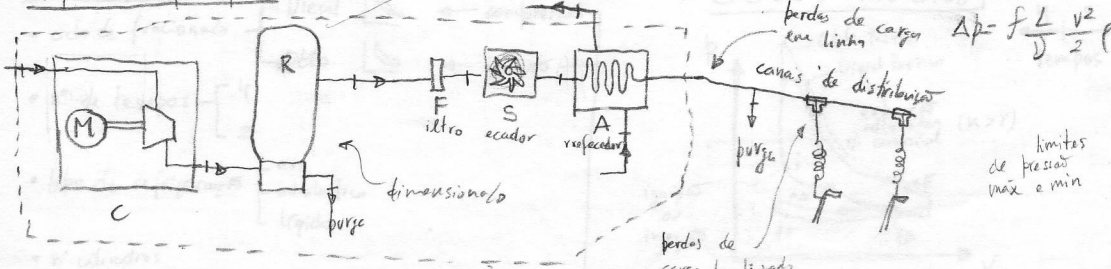


$$\dot{W} = M_t \cdot n \left(\frac{\pi}{30} \right)$$



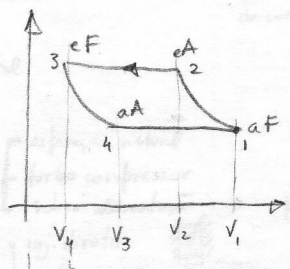
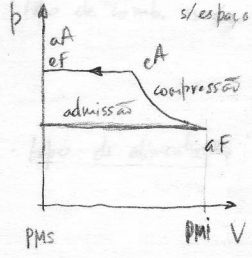
INSTALAÇÕES DE AR COMPRIMIDO

Componentes principais:



Compressores Alternativos

→ ciclo teórico, 1 andar, s/ espaço morto

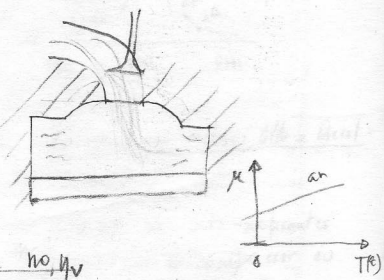


$$\eta_v = \frac{V_{real}}{V_{max}} = \frac{V_1 - V_4}{V_1 - V_3}$$

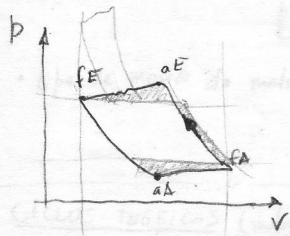
do ciclo teórico
→ η_v : ainda tem de ter em conta o ciclo real

$\frac{p_3}{p_1}$ = razão de compressão do andar

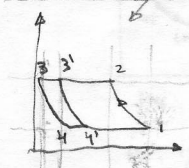
$\uparrow T_{ar} \Rightarrow \downarrow \rho_{ar} \Rightarrow \downarrow \dot{m}_{ar}$
 $\uparrow \mu \Rightarrow \uparrow \Delta p$
 Δp_{loc}



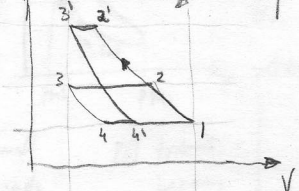
→ ciclo indicado



Efeito do e. morto no η_v

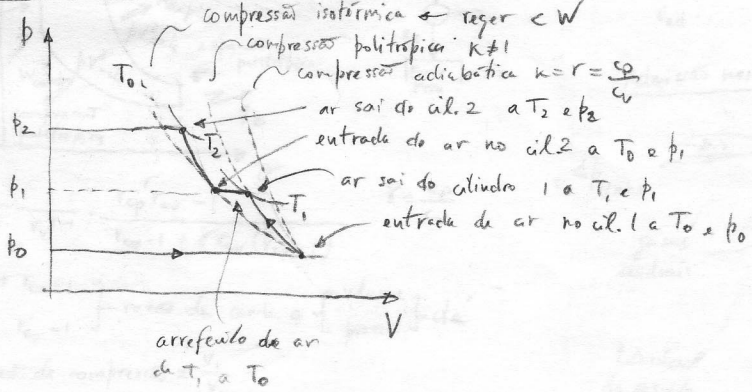


Efeito da descarga no η_v



$\eta'_v < \eta_v$
 \uparrow pressão descarga $\Rightarrow \downarrow \eta_v$
 \uparrow espaço morto $\Rightarrow \downarrow \eta_v$

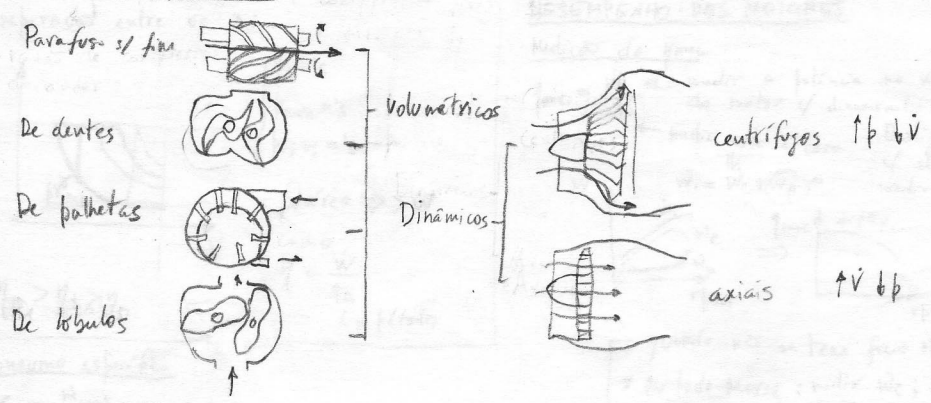
Compressões em Andares



Vantagens:

- 1) aproxima a compressão da isotérmica
- 2) $\uparrow V$ gás a comprimir
- 3) compressores + baratos p/ o mesmo Δp
- 4) $\uparrow \eta_v$
- 5) \downarrow espaço morto
- 6) \downarrow reduz o $W_{compressão}$
- 7) permite $\uparrow \Delta p$
- 8) não sujeita o compressor a T tão altas

Tipos de Compressores



INSTALAÇÕES A VAPOR E A TERMOFLUIDO

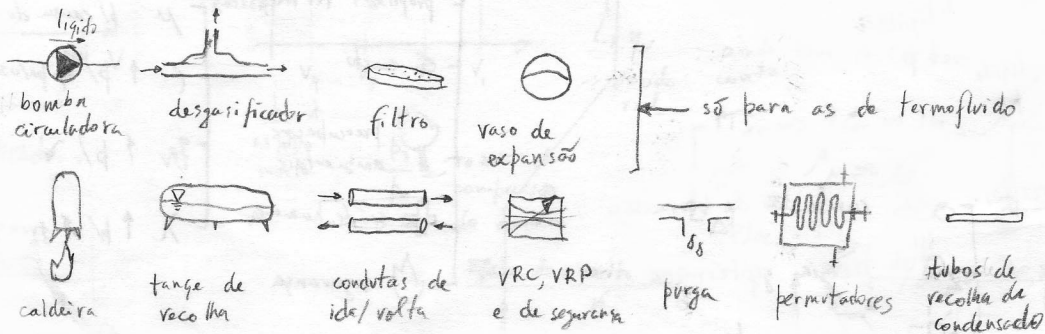
Quando é necessário transferir calor por meio de fluido, p/ algum uso, qual escolher?

Comparação dos fluidos usados:

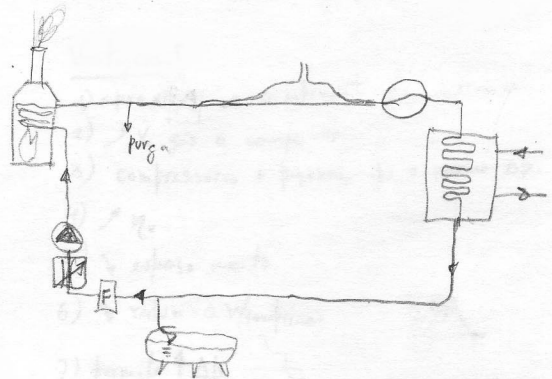
| | € custo | | H ₂ SO ₄ | α, λ | ρ_{fl} | estabilidade química | necessidade de tratamento do fluido | $\Delta p (T)$ | necessidade de bomba | necessidade de pressão |
|----------------------|---------|----|--------------------------------|-------------------|-------------|----------------------|-------------------------------------|----------------|----------------------|------------------------|
| ág. quente ↑ pressão | ++ | ++ | - | + | / | ++ | - | + | + | -- |
| Vapor água xE[0,100] | ++ | ++ | - | ++ | + | ++ | - | + | + | - |
| Termofluido | - | -- | + | - | +/- | +/- | + | - | - | + |

+ é bom
- é mau

os + usados → de q componentes é constituída uma instalação?



Exemplo de sistema simplificado



Outros aspectos a considerar no dimensionamento destes sistemas:

isolado térmico dos acessórios (válvulas, purgas, tanques de coleta, ...) e tubos

o condensado escoar por gravidade ⇒ $\nabla \in$
↳ inclinação negativa no sentido do esc.

