

Introdução à Manufatura

D S T a a s s

Mecânica

Seg → 13:10

qua → 9:20

← Página no Facebook
Material adicional

Opciona → Né produção em série (ferramentaria)

2 Materiais ~~Metalúrgicos~~^{Poliméricos}

- termo plásticos
- Termo fixos

3 Pós-Metalúrgicos

→ Metalurgia do pó

4 Cerâmicos

1 Materiais Metálicos

- fundições
- Conformações (a quente / frio)
- Usinagem

5 Atualização fabril

simulação de produção

- ou → Siemens (tecnomatise)
- Dassault definia
- ~ Simulação de linhas de produção
- ~ Fábrica virtual

+ Feira de Máquinas

+ Apresentação de Metrologia optica

6 Manufatura aditiva

(Impressão 3D)

~ Indústria 4.0 (Internet das coisas)

Agricultura → Indústria → serviços

=
Manufatura

Fundição

• Metalúrgico

Não muito comum

- Ferrosos (Aços e ferrofundidos)
- Não ferrosos (Al, latões)

→ Cu

Ferramenta

Materiais fundidos

ferramenta

- Molde { Permanente (+PF) - N fur. | Perdido (1PF)

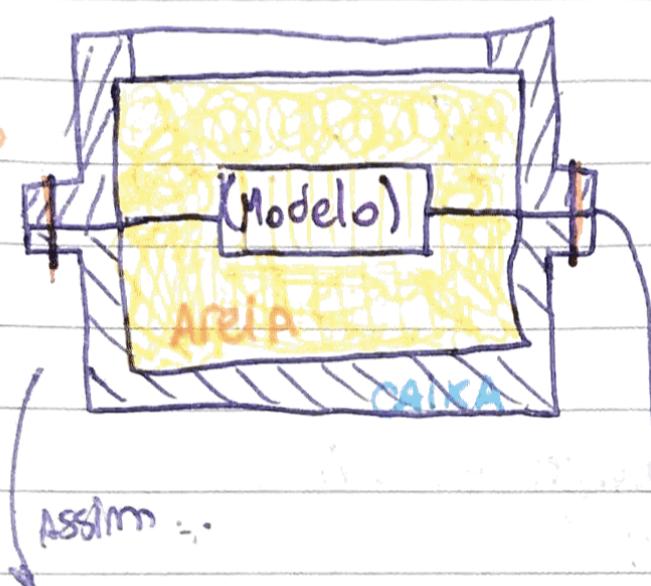
↳ Molde fabricado p/cada peça

Fundição em Molde de Areia

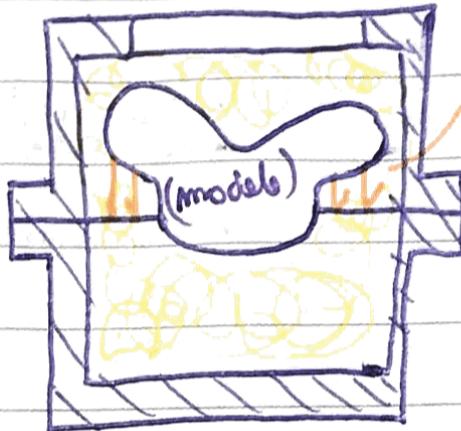
- ~ Modelo (peça geometricamente semelhante à peça final)
- ↳ Modelos: gesso, urimodo, impressão 3D, isopor
- ↳ Permanente (varios moldes/modelo)

Caso 1

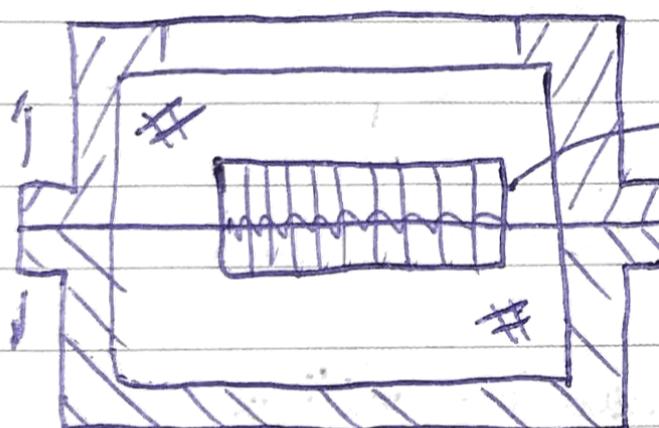
Pinos
Guia



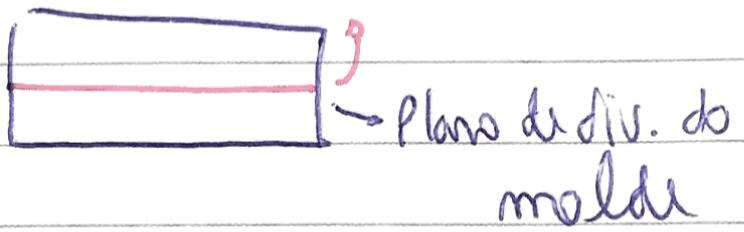
Caso 2



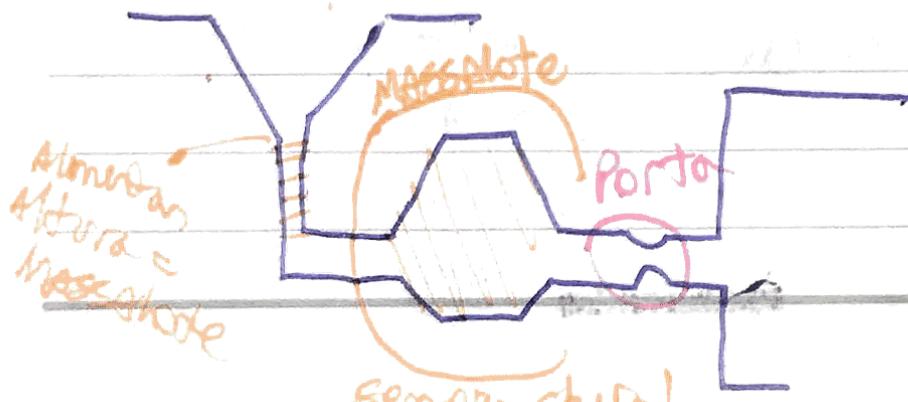
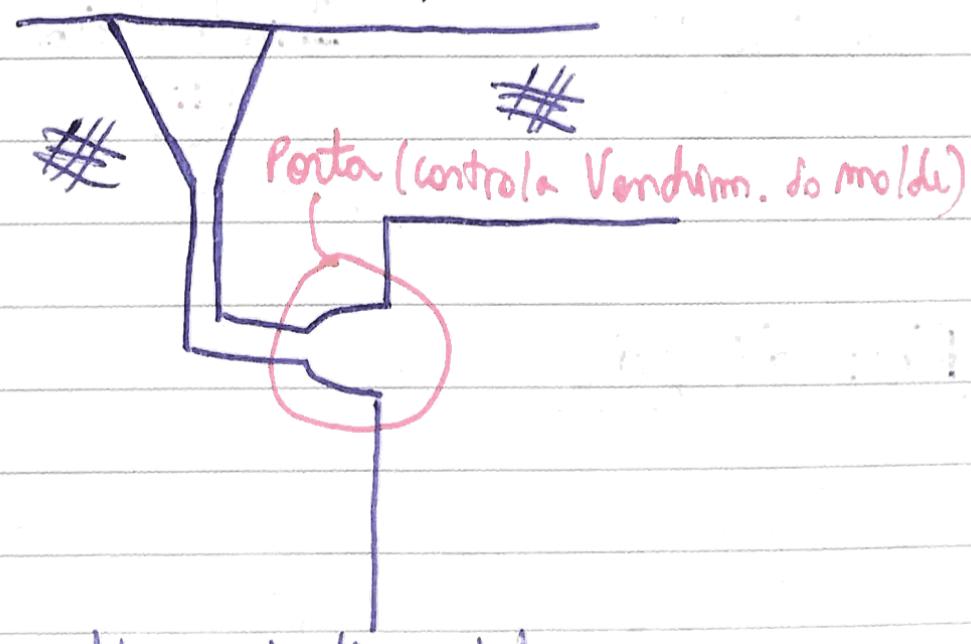
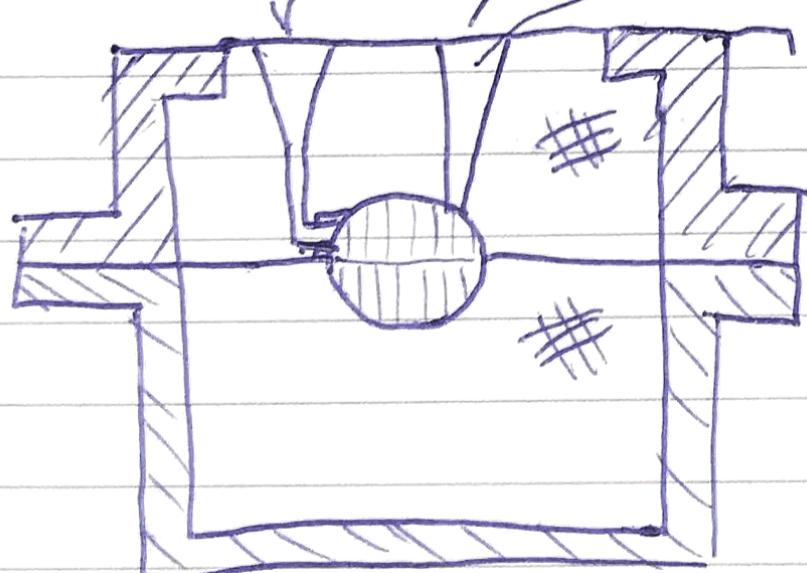
Como retirar o
modelo?
Nâ dap/forçar



desentos na direção de extração,
fica linha marcada



Alimentação Saida (p/ assegurar se encheu) →
molde de isopor (pendido) : P/ sair o AR



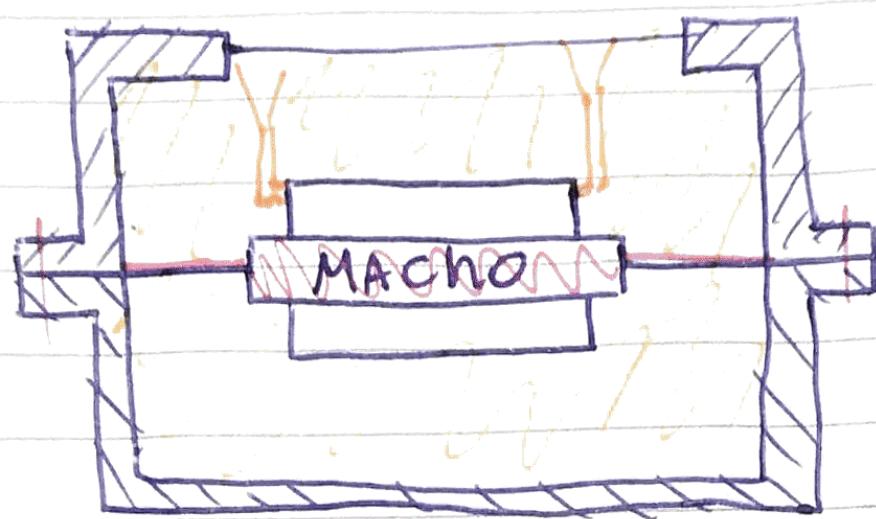
A Altura do Mármore
Regula pressão de entrada do
mármol no molde.
✓ refratário constante → Gratos
uniformes



Areia vira tij. limo → destruir molde...

Material só consegue farror da perto quanto marrabte estiver cheio

CANOS:



Modelo:



encaixe do
Macho

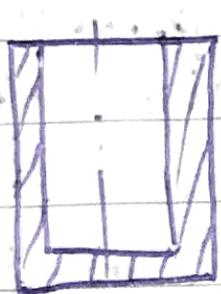
Macho → destruir em perido.



→ Areia de fundição cozida

Copo

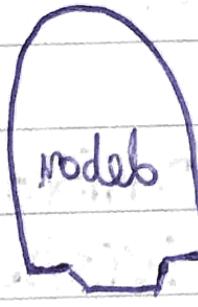
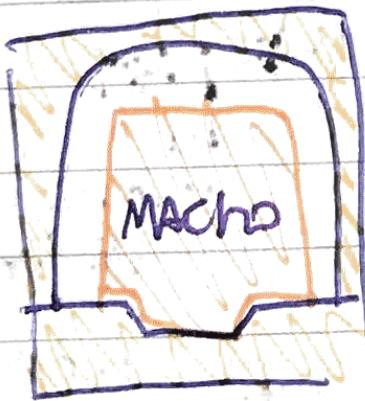
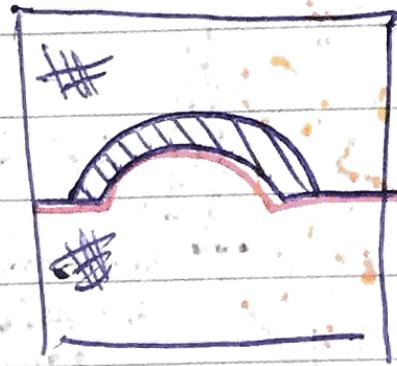
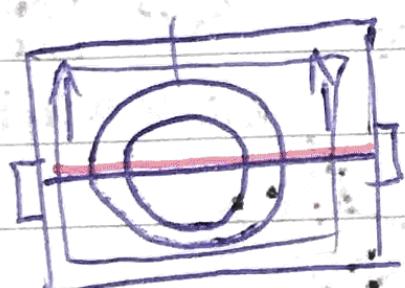
Ps: Ângulo de saída → p/ tirar s/ destruir molde



Rosto



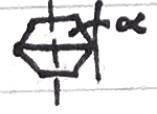
as p/ ferver s/mold.



tb pq p/ engolhe
ps. usar demoldante tb p/
inundar na areia

07/03/19

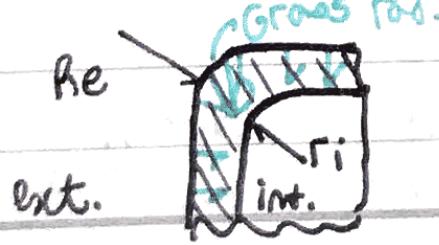
• Macho: fazer corredores internos



• Draft (ângulo de saída):

ps. usar demoldante tb p/
moldi s/ mol. cisalhante (lam). parafusos

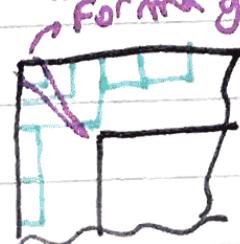
• Arredondamento



parede externa afria 1°



rs/rachadura



"Forma" grão

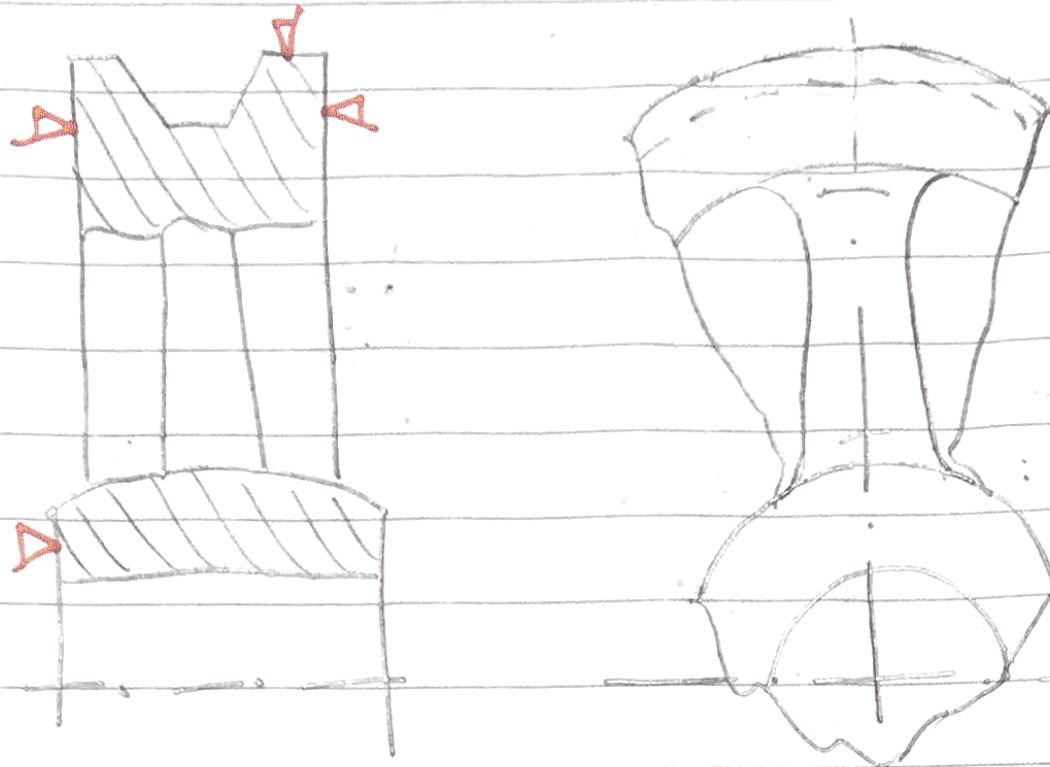
(informa)
abre fenda no
contorno

→ cruz. de grão ⊥ contorno

D S T A Q S S

Desenhar molde: freia perdida
IT 12 ~ 11 (tolerâncias grandes)

Plano de divisão?
Desenho do molde?



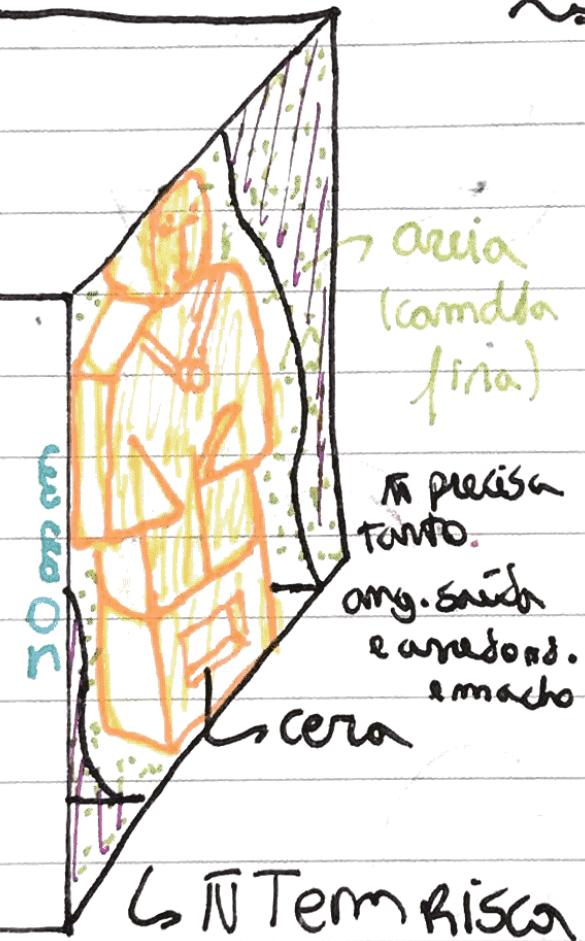
Pecas Pequenas

(< 50mm de lado)

Usar fundições em
casca

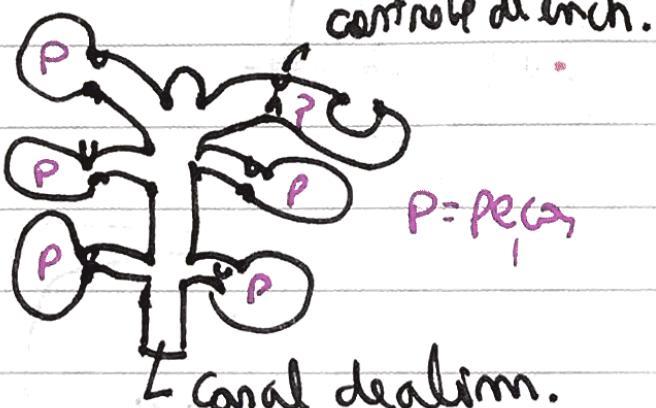
↳ Modelo perdido
ex: Modelo em cera
+ resina e Areia
shell moulding

50mm



~ E p/ fazer o modelo?
permanente p/ moldes
em cera feitos em
gesso ou metal!

↳ P.S. Posso fazer em 2 pedaços
depois juntar o modelo



↳ Canal de alimentação.
(não dispersão material)

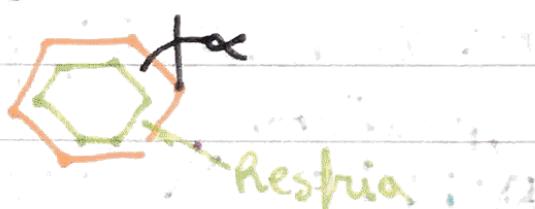
↳ Rentabilizado

Geralmente ligas m
ferrosas

du Divisão

(TRs no modelo de cera)

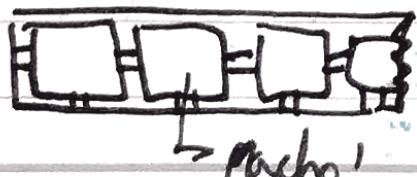
- Ângulo de saída



- Mesa

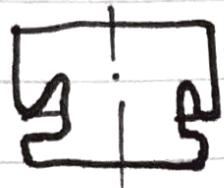
• Vazios: Resfriam. Uniforme

↳ 80%: ⊖ ^{Volume} Max., só 10%: ⊖ Rígido



↳ Tensões criadas,
passar por alternado
Tensões

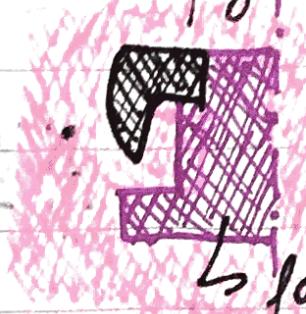
Ex: Fundição por cera



→ Cera, fíbras

como fazer modelos?

(de cera)



↳ Fazer 2 modelos e "somar"

Moldes Permanentes

ou fundições sob pressão

→ \$\$\$ (Moldes de Aço) → CNC

- Resiste à temperatura elevada
- Resiste ao desgaste

produção em massa

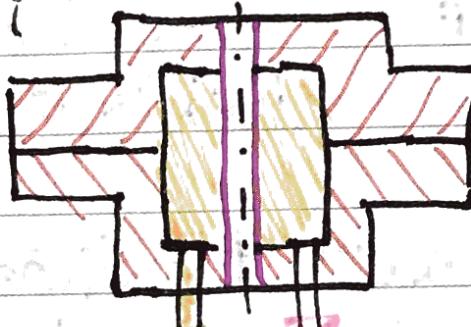
• S/ Manutenção

→ P/ ligas não ferrosas

- Principalmente Al ($T_f < T_{f\text{Aço}}$)

→ Preenchimento uniforme da cavidade

- Praticamente não há defeitos
(Bolha, região não preenchida)

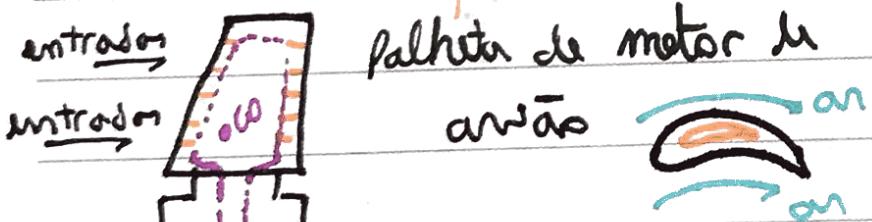


P metal líquido sub pressão
(êmbolo)

→ Possível fazer peças de parede fina (delgada)

- Devido à pressão, vencendo esforço imposto por viscosidade do metal

Moldes com resfriamento controlado:



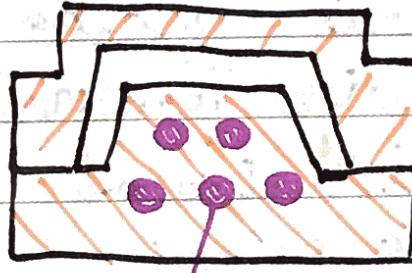
Palhetas de motor de ar



Passa fluido

Refrigerante

Moldes com Furos de Refrigeração



↳ Controle do crescimento de grão

- Monocrystal

Conformação Plástica de metais

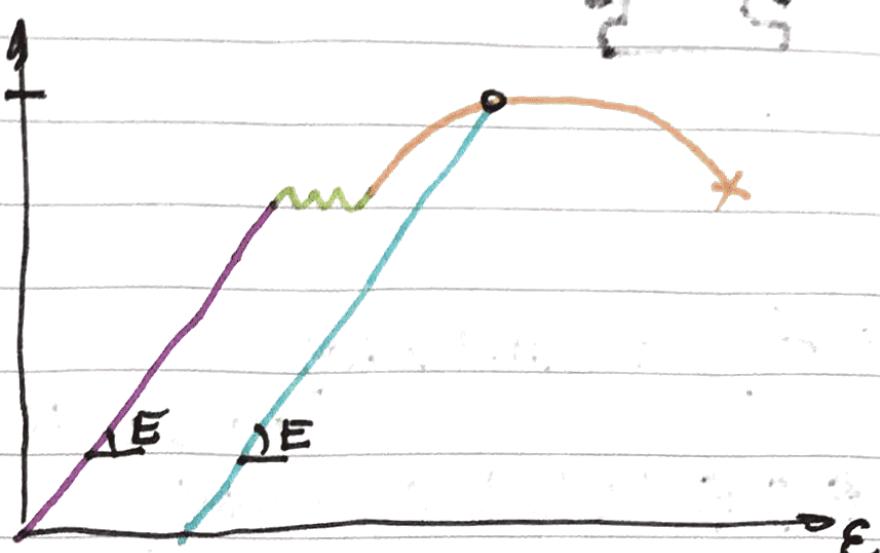


$$\sigma = F/A_0$$

$$E = \frac{l_{III} - l_0}{l_0}$$

Deformações permanentes / plástica → $\rightarrow t + \epsilon_p$

(devido à σ)



□ Elástico linear

□ Escoamento

□ Zona Plástica

○ Vantagem sobre fundição:

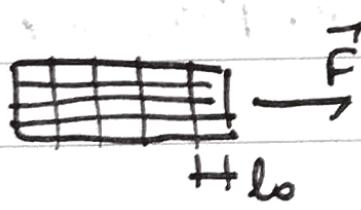
Processo feito em grande escala c/ ferramentas permanentes

→ Grandes deform. maiores dimensões

Acima Temperatura de recristalização

Abaixo Temperatura de recristalização

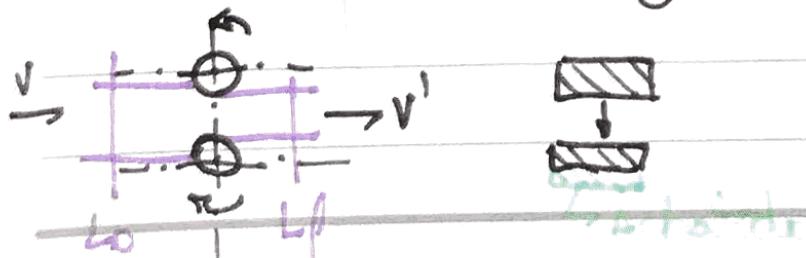
Region de < seções resistentes



→ $l_f > l_0$

↪ Acima Trecrist.

○ Laminação (rolling)



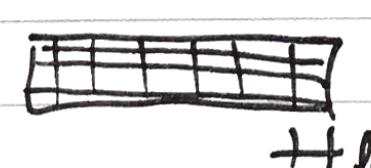
$$v' > v$$

(reticulado abarca) → por unidade de t, massa q centro = massa q. exterior

→ Temperatura de Recristalização

$$v' > v$$

(reticulado abarca) → por unidade de t, massa q centro = massa q. exterior



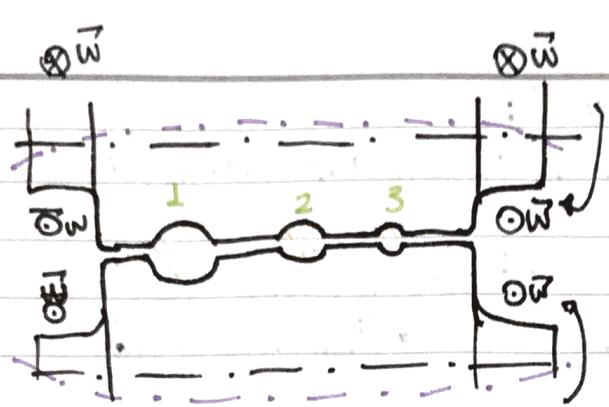
Recristalização

↓

Dobrad.

○ Ciclo 2 (encrucado)

Tensão > σ_y



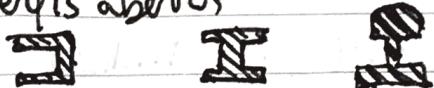
--- Deform. rob. (pega no saíto) /
p/ evitar: Robôs diapausa



→ Laminações Escolanadas (cada passo 1 m)

Perfis dominados: Produtos Siderúrgico

- Barros
- conteneiram
- Perfis abertos



- 1 perfil fechado (único)

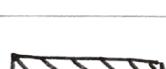


A frio: espessura <, acabamento

A quente: + deformação, - precisão

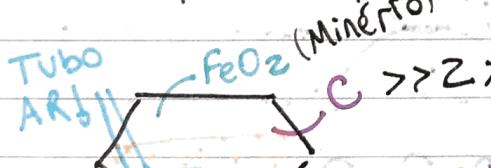
• Caso T Gaiola conforme pure material: forma

dominâncias (contínua) (bobina)



P.S. siderurgia

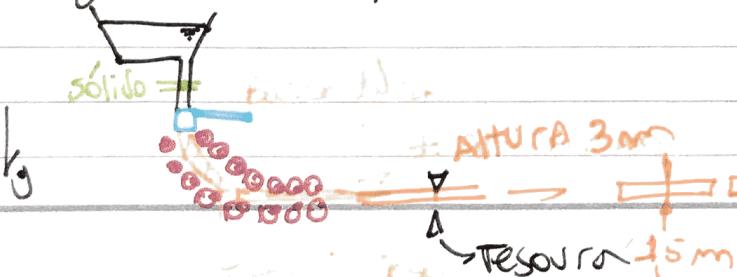
- Produção de Aço: $\text{Fe} + \text{C}$ até $22^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{CCC}$ ($\sim \text{CFC}$ (+ Carbono))



Aço ABNT 1008 (0,08% C)
✓ Retino Carbono!

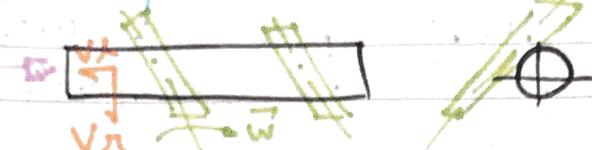
(Lingotes: → fundir e depois pressionar reaquecer)

dirigimento Centralizado



laminações

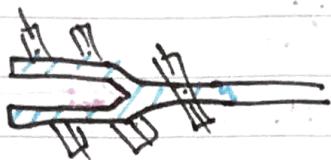
Tubo



duento!

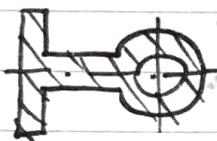
Não é processo contínuo

→ Manual

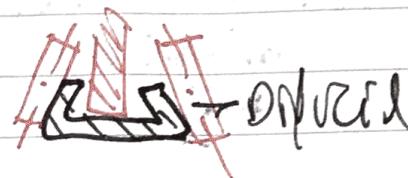


Melhor q fundido porque
resistência > fundido

↪ NÃO contínuo o processo



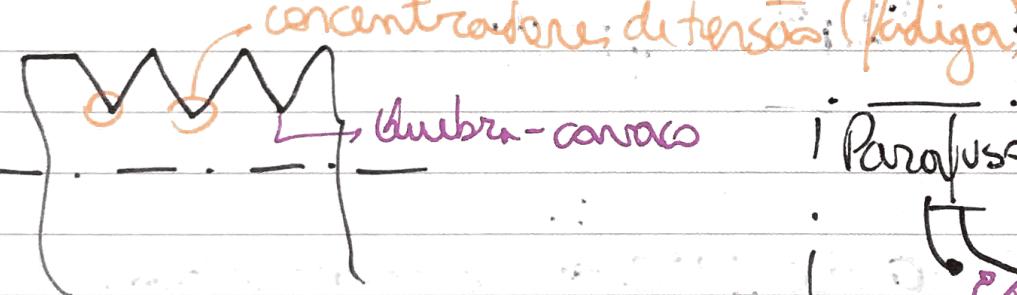
↪ N da pt/laminas



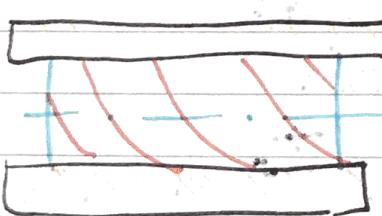
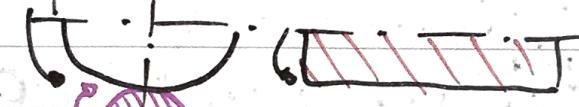
- **Processo hidráulico**; Produto final (trilho, perfil estrutural, tubo)
- Materiais: Aço C (chapa / perfis)
Aço Wox (chapa / barras)

Lameiragem de rosca

Manual:

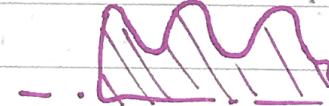


| Parafuso (industrial):



Parafuso

OU



("Rolarim")

N temperatura
de quebrado cavaco

(rosca Δ)

romburos

Forjamento

• Golpes sobre a peça base:

- Matriz aberta (1)
- Matriz fechada (2)

→ Volume constante

→ Rebanha ("escopa")

(1)

bV

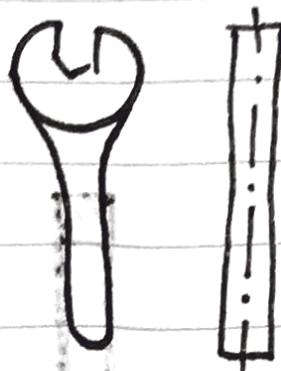
(Ni simétrico)



Martel → Plano (Martel pode ser de superfície)

Maior rebanha

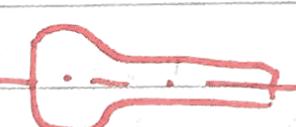
Maior perda de material



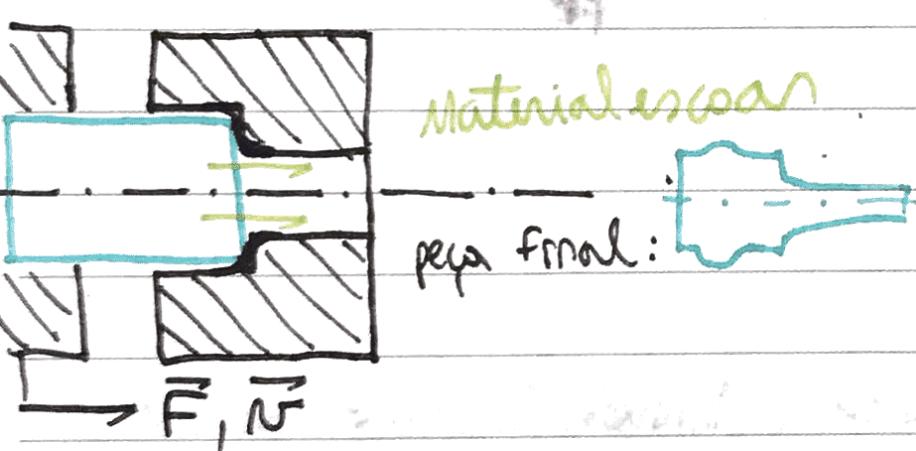
→ Acima da temperatura de recristalização

Inserir em uma Matriz

(2)



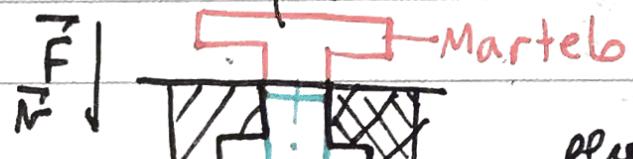
• Forjamento por extrusão



Material escorar

peça final:

• Recalque



peça final:



P/extração

Para forjar: Cabeça de parafuso

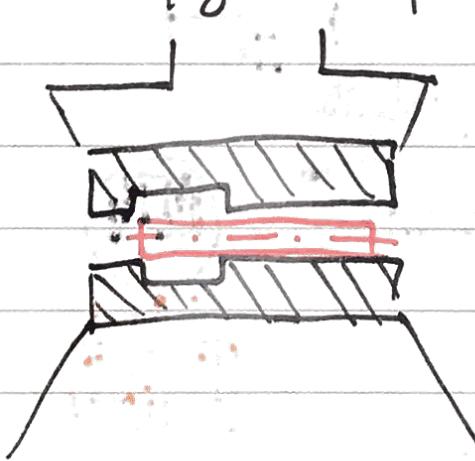
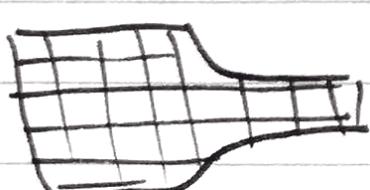
→ Aumento de resistência



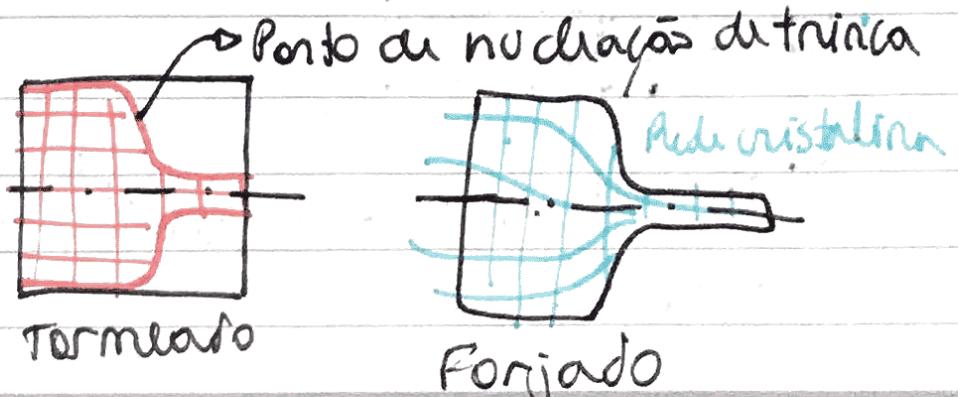
+ "Bater"

→ Defeito cristalino

↳ Cede primário
(eliminado)

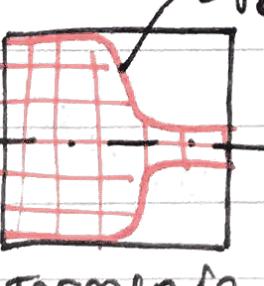


→ Alinhamento da rede cristalina } com o contorno da peça

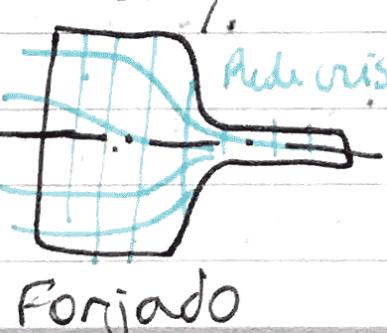


→ Ponto de nucleação de trinca

Autoristalina

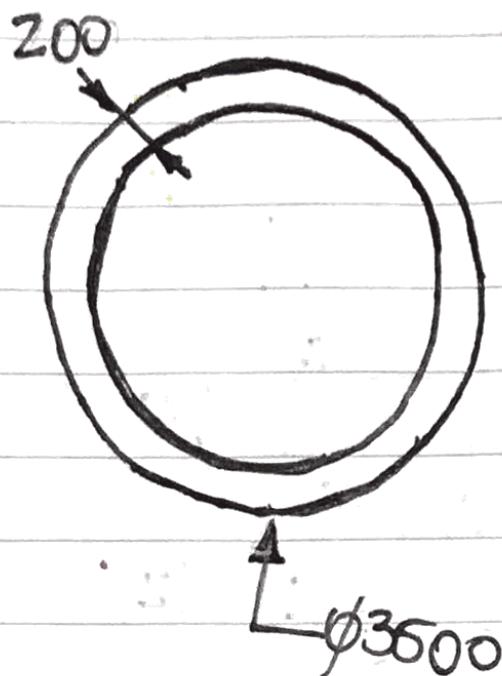


Torneado

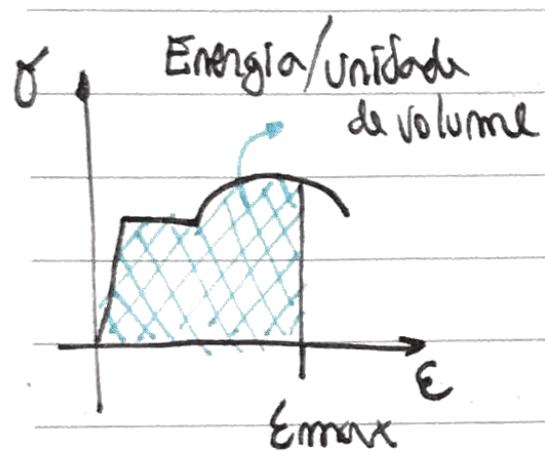
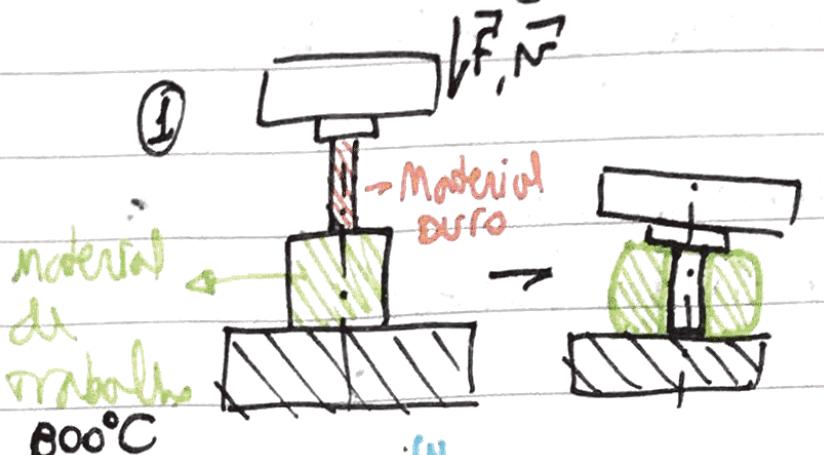


Forjado

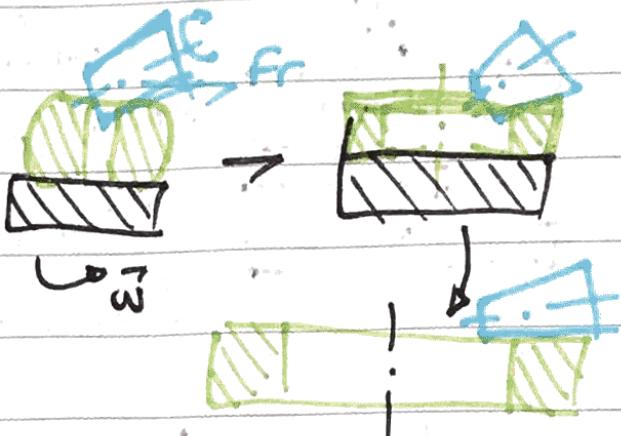
→ Redução na perda de material
(em comparação com usinagem)



Processo de Fabricação ("Aquecimento Mega-Grande")



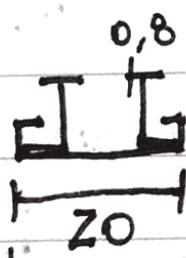
Processo termo de resfriamento rápido (Bloco de 100kg a 800°C para dimensionar a máquina)



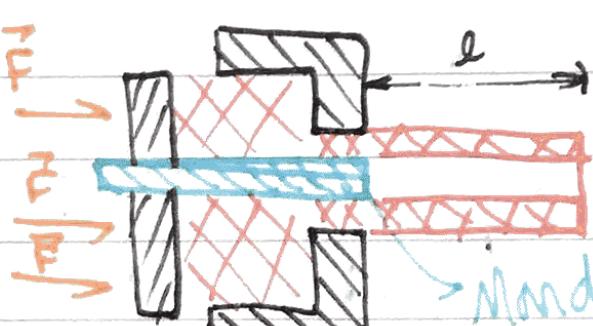
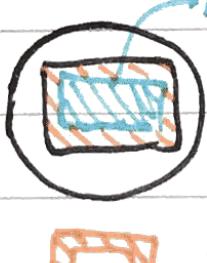
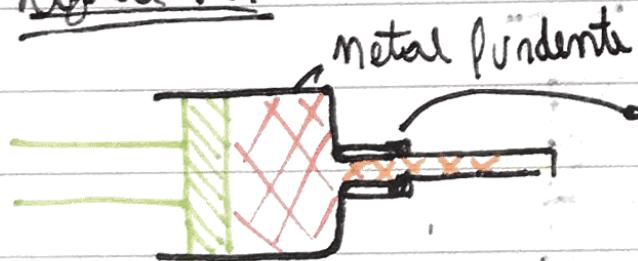
Extrusão

Trilho de curvina

Ligante + PE



[72 → forma e dimensões (não consegui laminar)]

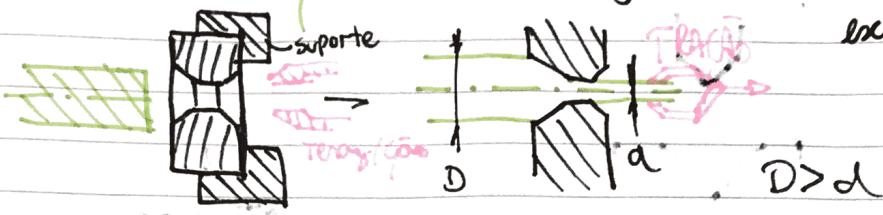


Mandril: Fixo / Móvel

↳ perfil de
tamanho limitado
pele mandril

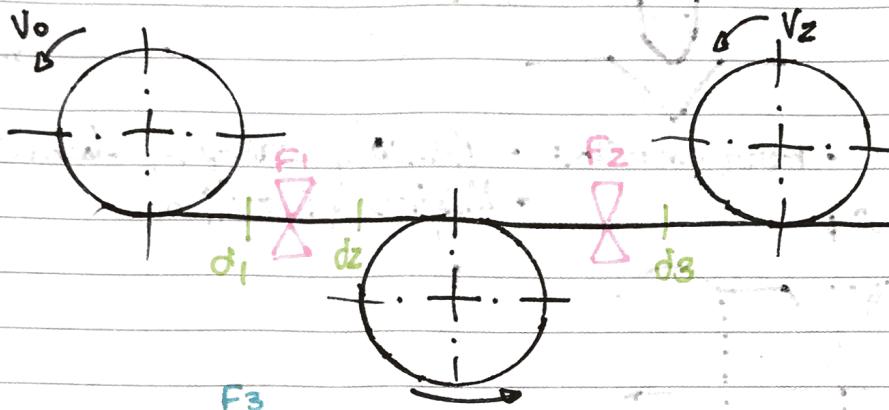
Trefilações

(drawing)

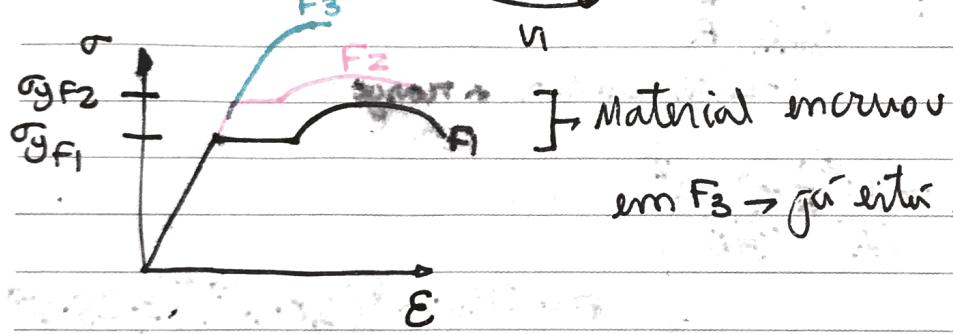


exemplo: corda do relógio
Arame

Trefilação: Afres (conum)
A grande (vara)

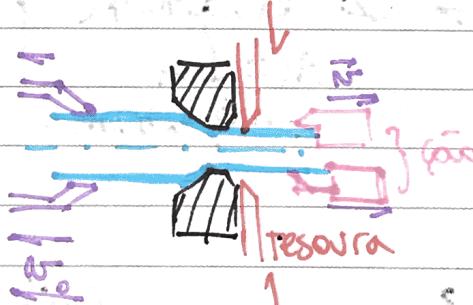
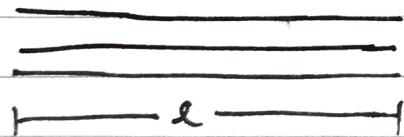


$$v_2 > v_1 > v_0$$



Material escorvo
em $F_3 \rightarrow$ já está encurvado

• Fro-Máquina



Empressa plástica de fenda ϕ sem continuidade

• Etapas imediatas da recristalização após encruamento máximo

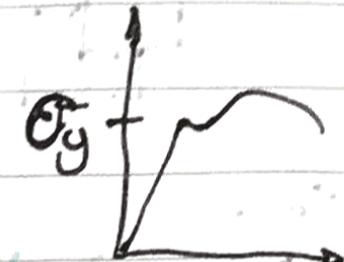
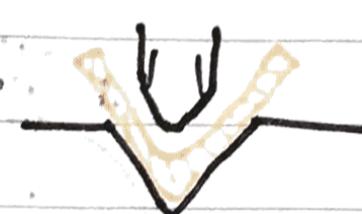
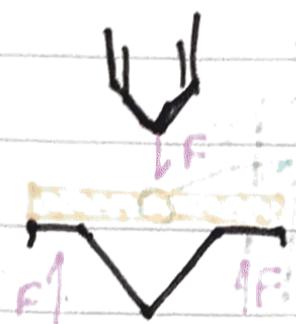
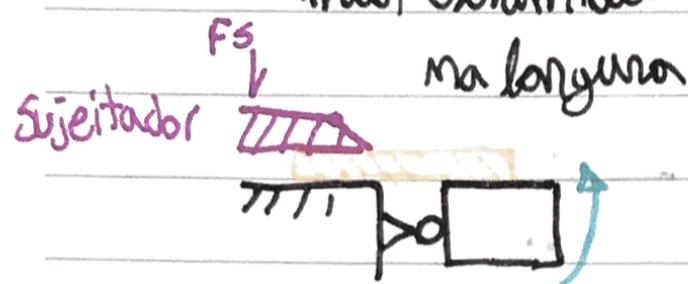
CONFORMAÇÃO Plástica

• Dobramento

- Chapa

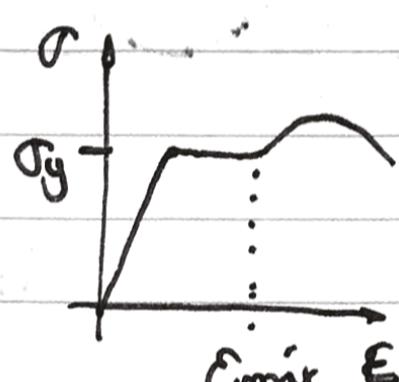
- Perfil / Tubos

- Dobrar: Em ângulo
mio / Extremidade



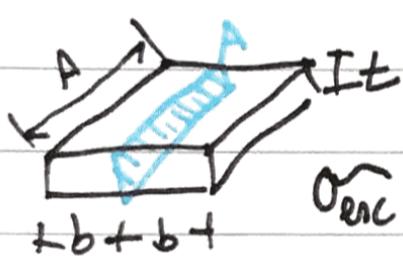
- Ferramenta:

- Manual, contra-peso, abanar
- Máquina hidráulica



Embar E

→ se m combiga a roçar



$$\sigma_{exc} = \frac{6F/2b}{At^2}$$

= fexão $\sigma_{exc} = 3Fb/At^3$

$$\rightarrow \left(\frac{F}{A} \right) \frac{\sigma_{exc} t^2}{3b}$$

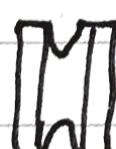
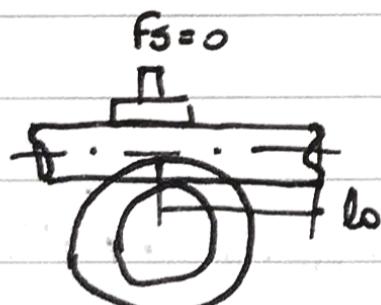
$$F = 240 \cdot 10^6 (3 \cdot 10^{-3})^2 / 325 \cdot 10^{-3}$$

$$F = 32 \cdot 10^9 \approx 32 \text{ MN}$$

$$f = \frac{F}{At} = \frac{\sigma_{exc} t^2}{3b} \rightarrow \text{ex: } \sigma_{exc} = 240 \text{ MPa}$$

$A = 1 \text{ m}$
 $t = 3,2 \text{ mm}$

Tubos:



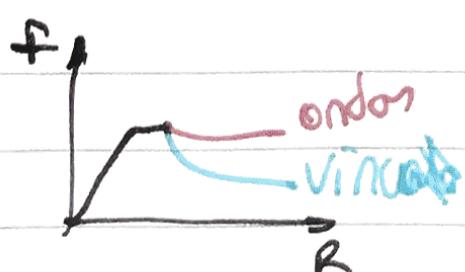
Porém: Parede interna do tubo amassa

se $p \approx 0$

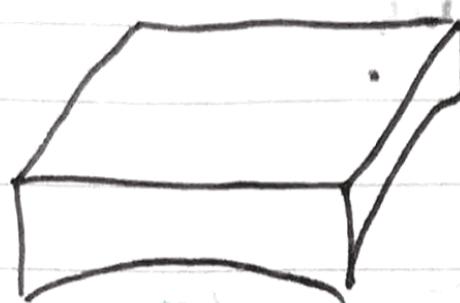


$\alpha = R = l_0 \rightarrow$ tubo não sujeitado ($F_s = 0$)

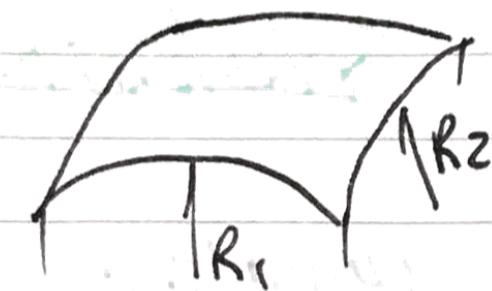
estabilidade
estrutural



Conformação plástica em Matrix (Estampagem)



Moeda: Cunhagem



R_1' R_2'

1 Chapa no rejeitado

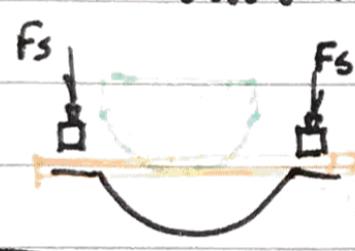
- Espessura → consigo fazer deform. grande

- Área > → Excesso de material

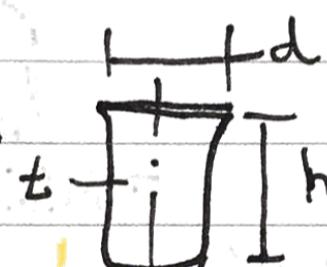
Chapa curva para o interior da matriz.

2 Chapa sujeitada

- ↓ deformação (profund. estampagem)
- ferida material

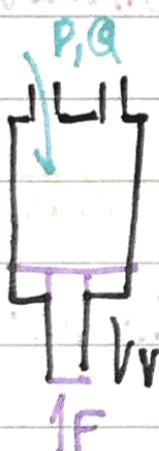


Embutimento

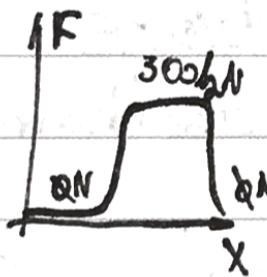


$h_{min} \approx d$

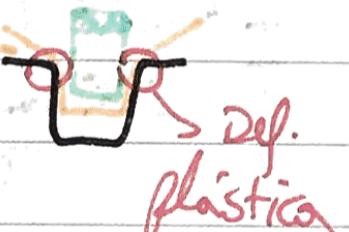
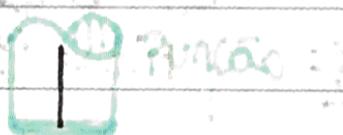
• Hidráulica



$$P A_{cil} = F$$



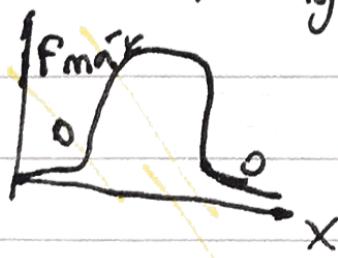
objeto:



Deformação local
(só mola dura)

Mecanismo
Bela-Maria Bela

(Armazenamento)



$U_d \rightarrow$ Energia da deform. final

Molas:

$$U_d = \frac{1}{2} C \omega_0^2 - \omega_1^2$$

Usar

motor <

Energia acumulada

&

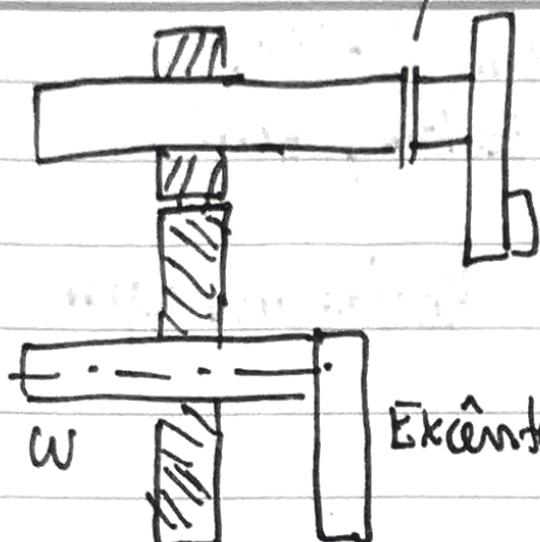
$\omega_0 \rightarrow$ rotacao initial

do volante $\omega_1 \rightarrow$ rotacao final do volante apres. de parada

Quando há
bastante tempo

consegue recuperar
energia ($\omega_1 \approx \omega_0$)
se golpes ráos
repetidos, $\Delta U_f \approx 0\%$.

D S T Q Q S S



Empreagem (só c/ freio)

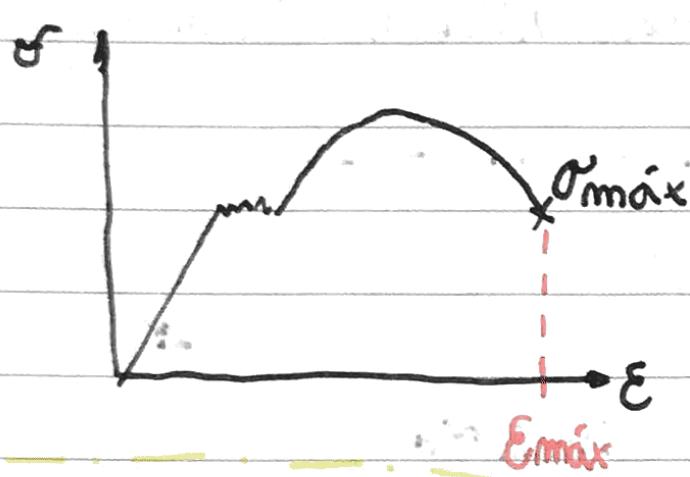
N' pode empreagem ch foles
tem de funcionar em Fns.

Voluta → evita rápidos

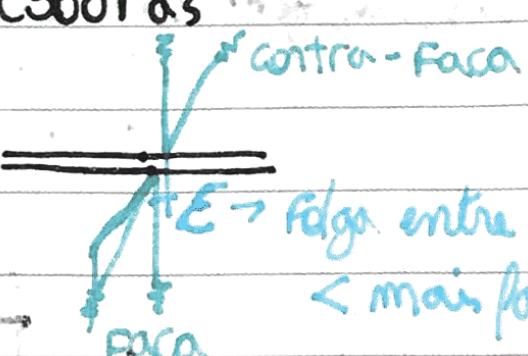
Excentrico

Corte

04/04/2013



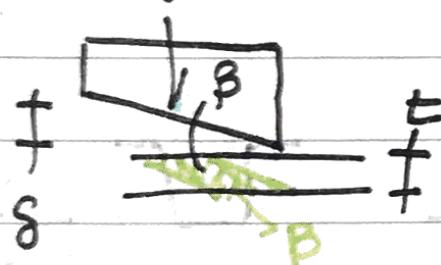
• Tesouras



E → fôlgua entre faces
< mais fácil de cortar

η = ângulo da face

→ Mínima para redução de momento



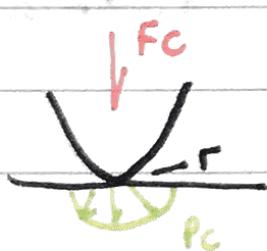
$$S_c = t \frac{B}{\tan \beta}$$

$$F_c = \bar{c} S_c \rightarrow \text{área de corte}$$

↳ Resistência ao cisalhamento

β : inclinação da face

P.S.: se a face forreta, a área será muito maior



p_c = pressão de contato

$$p_c = f(E_p, E_p, \eta_r)$$

P.S. Balística

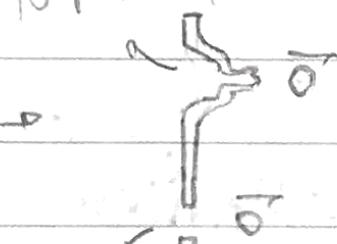
$N = 100 \text{ m/s}$

m^0

$N = 300 \text{ m/s}$

m^0

tempo pl deformar

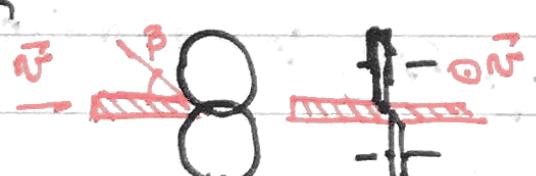


tempo (deform. só plástica)

Ex: cingotamento contínuo

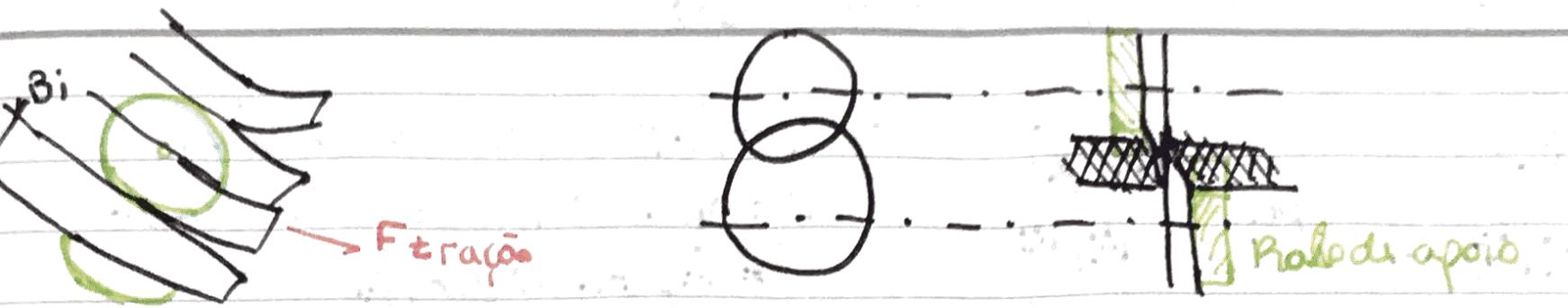


• Tesoura circular

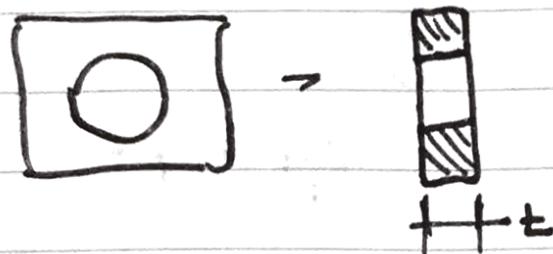


Puxar chapa, tesoura girando
fesa no eixo. Empregado p/
cortar chapa envolvida.

D S T A Q S S

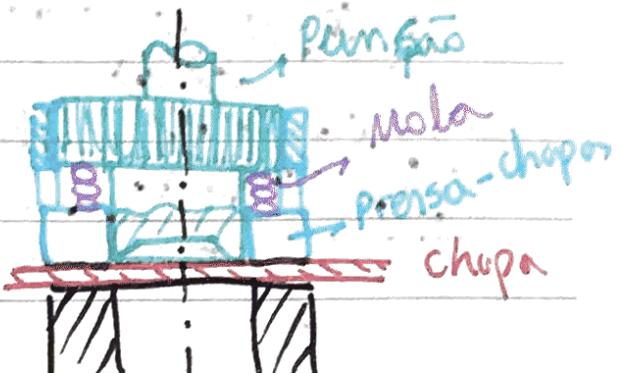


Corte no Estampo



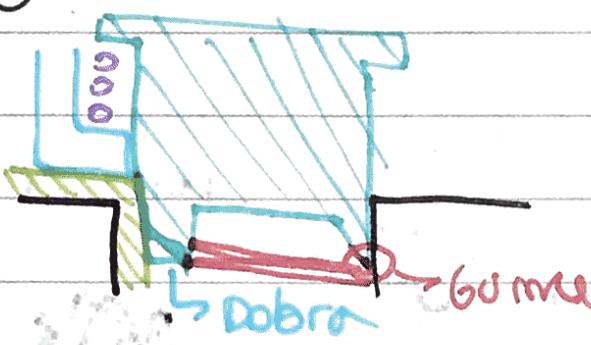
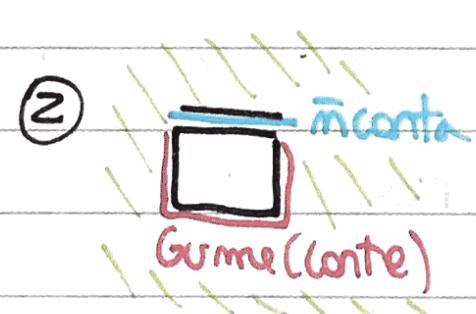
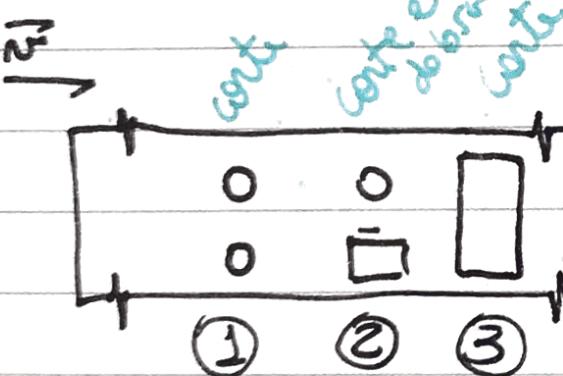
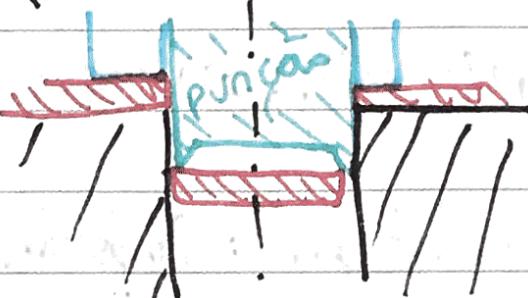
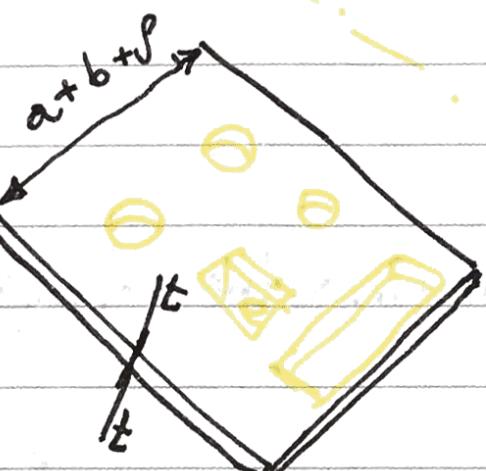
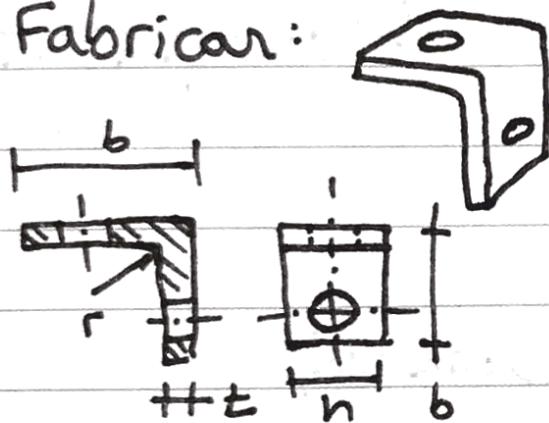
$$S = t \cdot P_{ec}$$

P_{ec} = perímetro cortado



Estampo progressivo
de corte

Fabricar:



Faca de arame



$$l \approx 3h + \text{sobra}$$

→ R\$ 100.000 reais de ferramenta

→ 0,20 → Rebita per peça

→ R\$ 20,00 energia / dia

→ R\$ 90,00 funcionário / dia

→ R\$ 0,08 material / peça

se 3 peças por minuto

400 minutos de trabalho → 1200 peças → 144 → 34 reais / dia

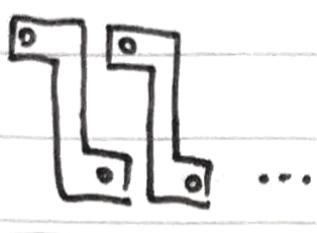
3000 dias p/ pagar → Somos
p/ pagar a máquina

Custo da ferramenta → Determina
se valeam ou não o estampo!

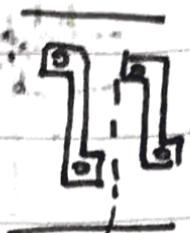
1

aproveitamento do Material \rightarrow da chapa!

D	S	T	Q	Q	S	S
---	---	---	---	---	---	---



pois

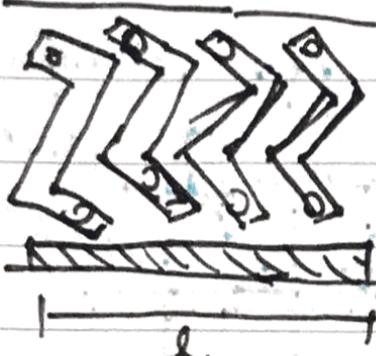


$$A_0 = l \cdot B \quad (\text{área sob o estampado})$$

 $\eta = \text{aproveitamento da chapa}$

$$= A_{\text{peça}} \cdot n^{\circ \text{ peça}} / A_0$$

Desperdício de material



→ Ideal

B

l



?

$$\eta = A_p / B \epsilon$$

$$\eta_2 = Z A_p / B \epsilon \sqrt{2}$$

$$\eta_2 = \sqrt{2} A_p / B \epsilon$$

↳ Maior eficiência!

Demais Operações

- Cunhagem: Conformação de um rebite na peça (ex: moeda)

MATRIZ NEGATIVO

MATRIZ

União

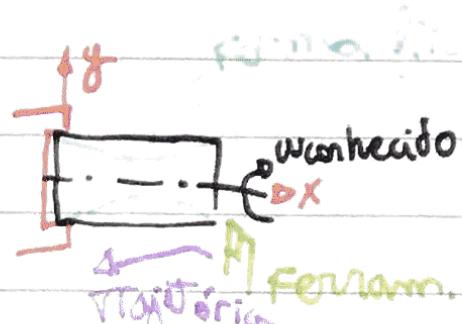
por Dobra



Conform. aquec.

= Acima da Temp.
de Recristalização
(Wenckewa)

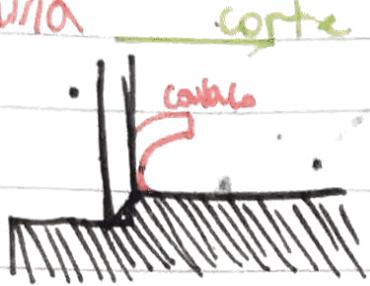
USINAGEM



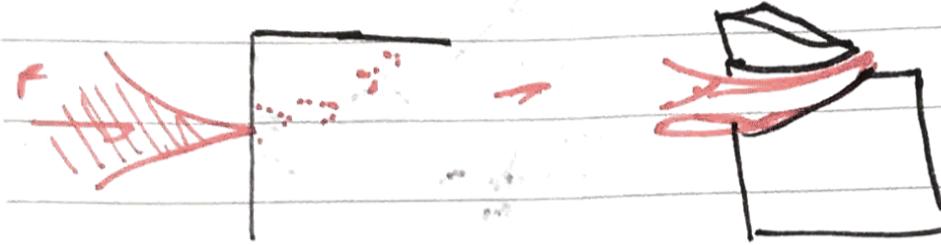
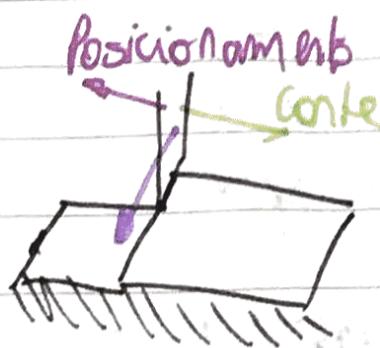
- Fabricação c/ remoção de material

- Composição mov. peça e ferramenta
- Movimento de corte \rightarrow Movimento relativo entre peça e ferramenta, ocorre remoção de material (\downarrow canoas), ex: Rebagiro contra ferram. / Voluta
- Movimento de avanço \rightarrow Movimento relativo entre peça e ferramenta garante continuidade das rimadas de canoas

Plaina corte → Preparação p/ corte (m. modif.)



• Avanco



1 Elástica
2 plástica
3 rompe → Corteamento (rompe e
funde): Corte comum

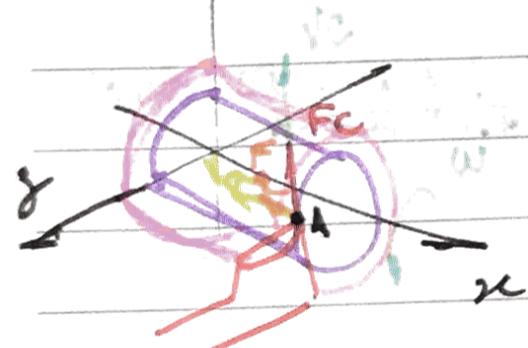
Fenômeno: liso mácis

~~liso~~ { Frágilidade do material
quebrade { Deformação plástica exagerada

Desde 1990

MEF → Novo domínio da ferr. de corte
↳ Usinagem de alto desempenho

• Velocidade de corte: Velocidade de 1 ponto da arreta de corte segundo o movimento principal de corte. Relativo à peça



• Velocidade de avanco: Velocidade de 1 ponto da arreta de corte, relativa à peça. Segundo movimento de avanco

• Força de corte: Componente do esforço total de usinagem, na direção da velocidade de corte.

• Força de avanco: Componente do esforço de usinagem na direção da velocidade de avanco

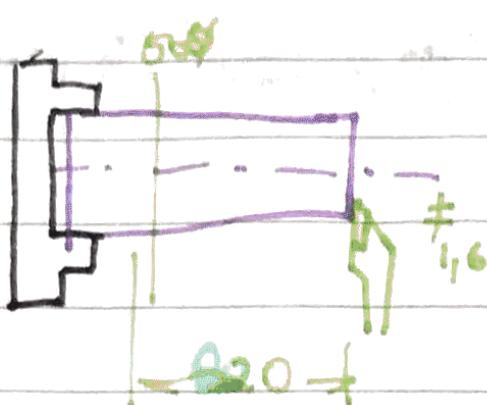
$$N_c = \bar{F}_c \cdot \bar{V}_c$$

$$N_a = \bar{F}_a \cdot \bar{s}$$

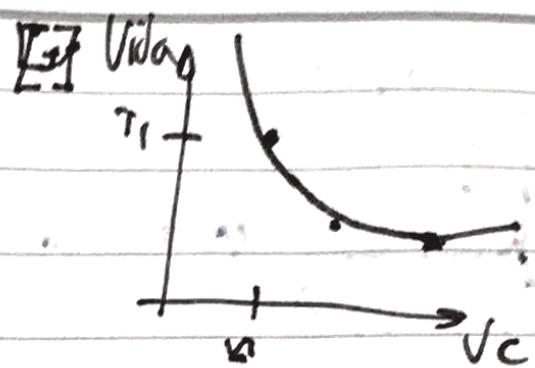
$$N_c \gg N_a$$

Velocidade de corte:

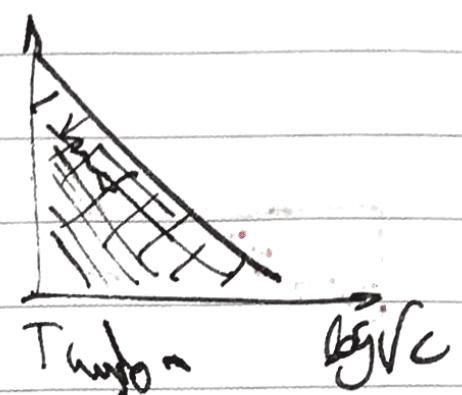
- Material da peça
 - Material da ferramenta
 - Vida
- } domínio condizente
(d. ext, profis., avanco)



$$\begin{aligned}\eta &= 1000 \text{ rpm} \\ &= 500 \text{ rpm} \\ &= 100 \text{ rpm}\end{aligned}$$



$$r_c = \frac{\pi d}{80} \frac{d}{2} \text{ (m/min)}$$



$V_c = \frac{r}{T} = Q$ → determinar r

$$V_{c1} \frac{r_1^2}{T_1} = V_{c2} \frac{r_2^2}{T_2}$$

$$V_{c1} = 20 \text{ m/min}$$

$$T_1 = 60 \text{ min}$$

$$V_{c2} = ? \text{ m/min}$$

$$T_2 = 40 \text{ min} \rightarrow r_2 = 2$$

F.

$$20 \cdot 60 = 40 \cdot 15^2$$

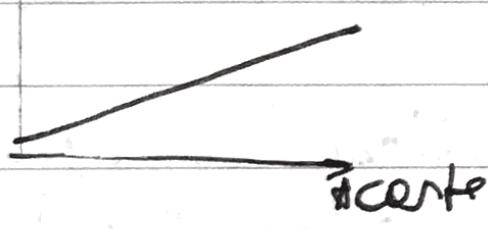
$$\log 40 \cdot 15 = \log 20 \cdot 60$$

$\frac{20 \cdot 60}{40 \cdot 15}$

nothing

$F_c \approx \text{constante}$

$A_c = \text{área da corte}$



\rightarrow Ider & Tischel

$V_{c1}, \beta, a \dots \rightarrow F_c$ (Machine learning)

com correção

der: Ferraresi Dino - Usinagem de Materiais

Ferramentas de corte

Materiais

Aço rápido

- Mantém propriedades mecânicas mesmo em temperatura elevada durante o corte

Aço: $F+Cr(0,7 \text{ a } 0,95\%)$

Elem. liga: W, V, Cr

Resistência ao desgaste
tratamentos

Metal duro

(final anos 30)

Partilhas ou insertos

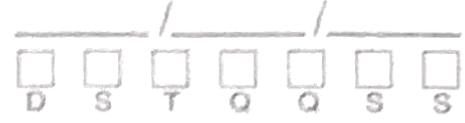
Conjunto de tungsténio (vanadio e titânio)

Norma ISO 513

Grupo P (AZU1) - Aço

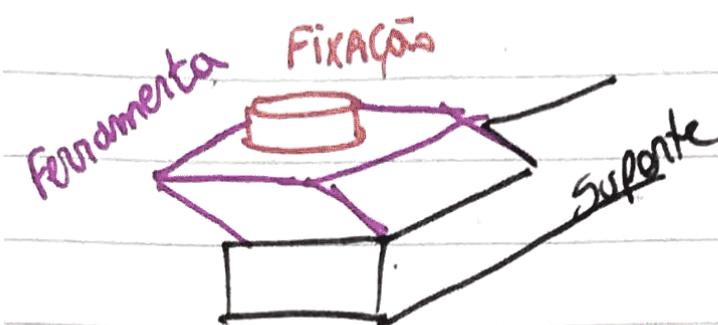
M (Amarelo) - Universal

K (Vermelho) - POFO, Nfornito, manganês



Metal Duro no Desgaste

Sondrik/SKF



Vantagens: 2x Velocidade de corte do Aço Rápido

→ Maior resistência ao desgaste

→ Maior resistência ao desgaste

→ Possível usinagem de materiais duros e resistentes

Cerâmicos

- Base: Alumínio Al_2O_3 Velocidade 4 a 5x > que metal duro (mesma rota)
- Nem quebra, pode dispensar,

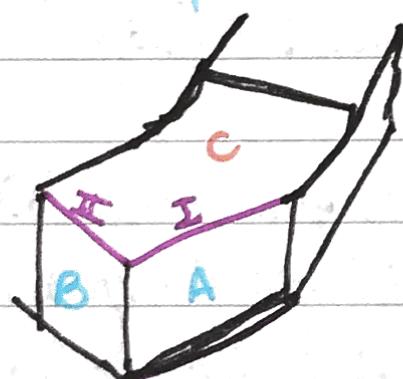
Fluido de corte

- Manter temperatura durante o corte
- Auxiliar na remoção dos carvões já soltos → retifica o fluido só serve para isso (é por abrasão)
- Descarte: Segundo normalização ambiental $\sim \$$
- Reduzir atrito (potência da máquina \rightarrow não aquecer a peça, remover material)

Revestimentos

- Reduzir desgaste aplicado eletroquimicamente

Bit de Aço Rápido



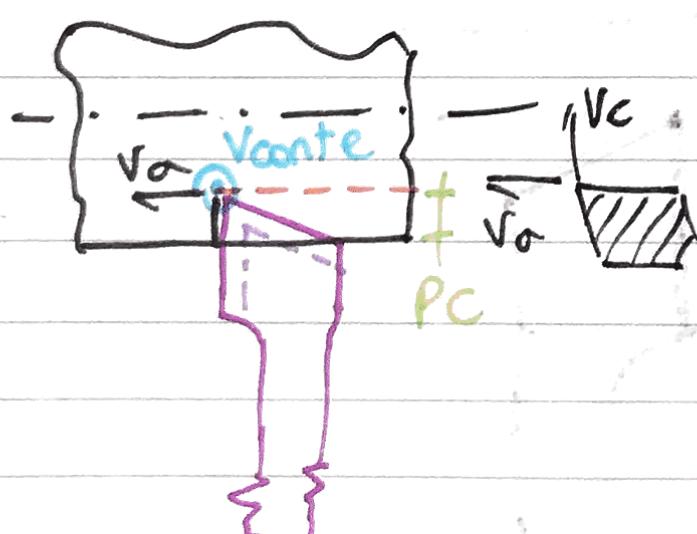
I - Cunha principal de corte

II - Cunha secundária de corte

B - Superfície folga

A - Superfície folga

C - Superfície de saída



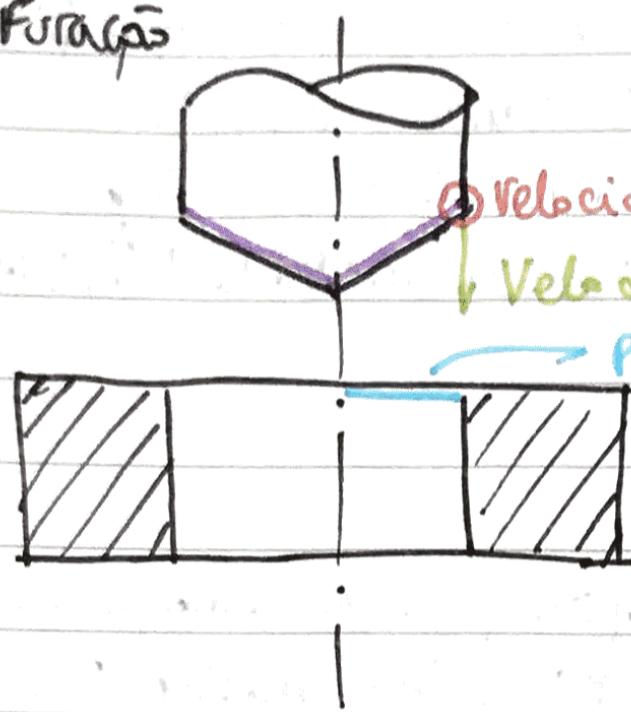
• Plano de trabalho V_c e t_a

• Profundidade de corte:

→ \perp planos de corte ($\perp V_c$ e t_a)

→ quanto ferramenta entra na peça

Furacão



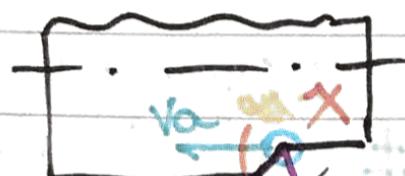
Velocidade de corte (saindo da lousa)

Velocidade de avanço

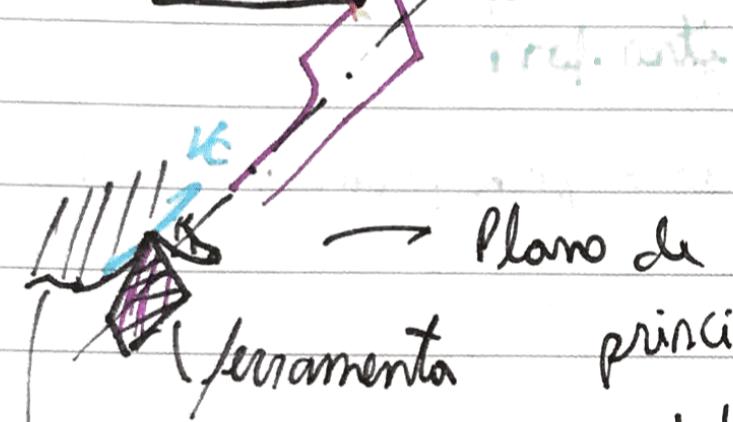
Profundidade de corte (\perp à face de traço)

Norma DIN 6580

• Desenho - Definições

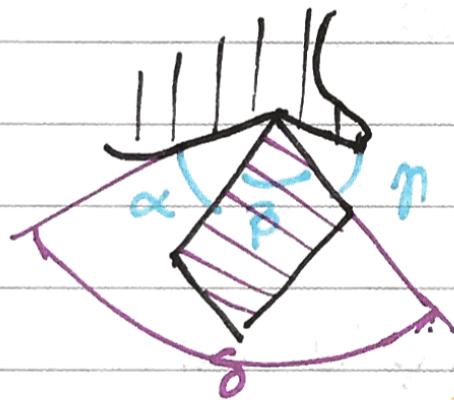


α → ângulo de posição no plano \perp ao de trabalho
ângulo entre avanço e aresta de corte



→ Plano de medida contém V_c e a \perp à direção da aresta principal de corte.

Aleg



plano do ferramenta

β → Ângulo (de corte ou) apilação

é ângulo que permova asfalto

α → Ângulo de incidência (ajuste de máquina)

δ → Ângulo de usinagem (ou corte)

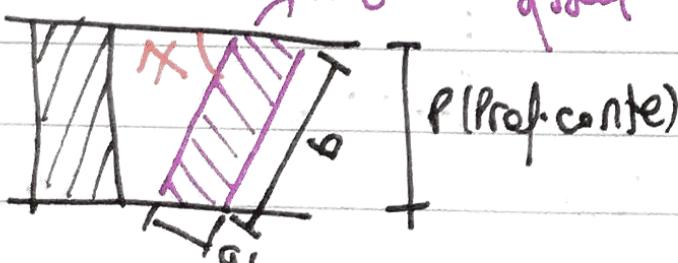
γ → Ângulo de saída ou desprendimento
(ajuste e/ou características da ferramenta)

Kienzle → Constante do material?*

$$Fr = K_{hs} \cdot Ac$$

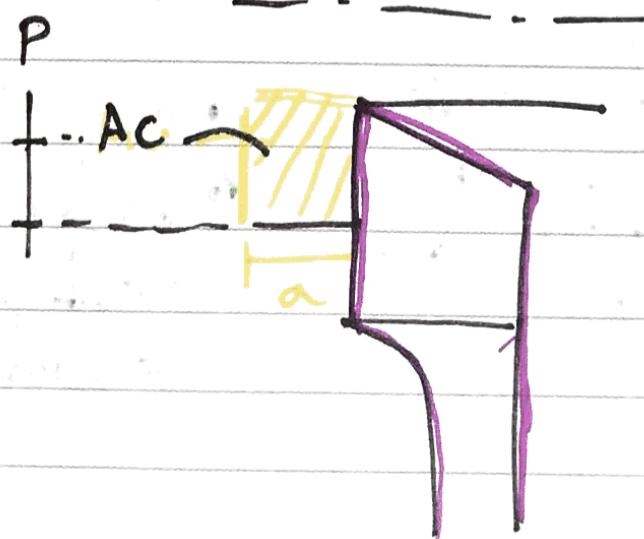
$$Ac = p \cdot a = a' \cdot b$$

ângulo de posição
que salve



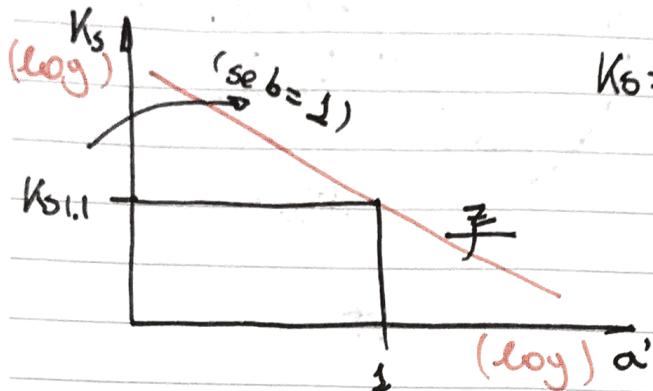
$$b = \text{longura de corte} = P / \sin \alpha$$

$$a' = a \sin \alpha$$



$$F_c = K_s \cdot P \cdot a$$

* Ao ensaiar, Kienzle descobriu que
 $K_s \rightarrow$ Variava com a velocidade de avanço



$$K_s = K_{s1.1} \cdot a'^{-z}$$

Constante

$$* F_c = K_{s1.1} \cdot b \cdot a'^{(1-z)}$$

Avanço · sen χ (Experiência da constante)

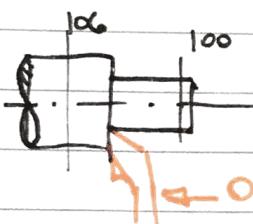
Profundidade de corte / sen χ [mm]

Premiação específica de corte [N/mm²]

Força de corte

* Unidade? Né lei física!
 É APROXIMAÇÃO Experimental!

Exemplo



$$V_c = 84 \text{ m/min}$$

• Profundidade?

$$\frac{106 - 100}{2} = 3 \text{ mm}$$

$$b = 3 \text{ mm}$$

Aço médio C
 em usinagem c/
 metal duro

$$h = a = 0,3 \text{ mm}$$

$$R_{s1.1} = 211 \text{ Kgf/mm}^2$$

$$(1-z) = 0,83$$

• F_c ?

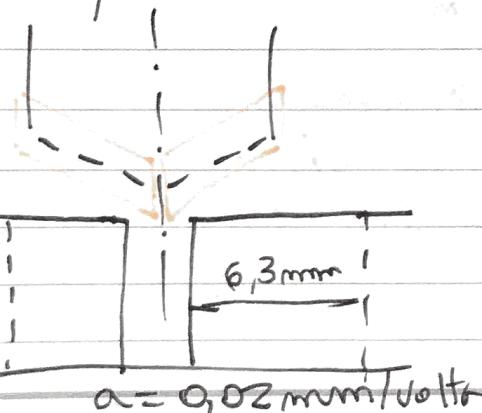
$$F_c = 211 \cdot 3 \cdot 0,3^{0,83} = 2330 \text{ Kgf}$$

• Pot? $N = V_c F_c \rightarrow N = 32 \text{ kW}$

$$V_c = 84 \text{ m/min} = 84/60 \text{ m/s}$$

$$F_c = 2330 \cdot 9,8 = 22857 \text{ N}$$

Furação - Broca de Metal duro



$$p = 6,3 \text{ mm} = b$$

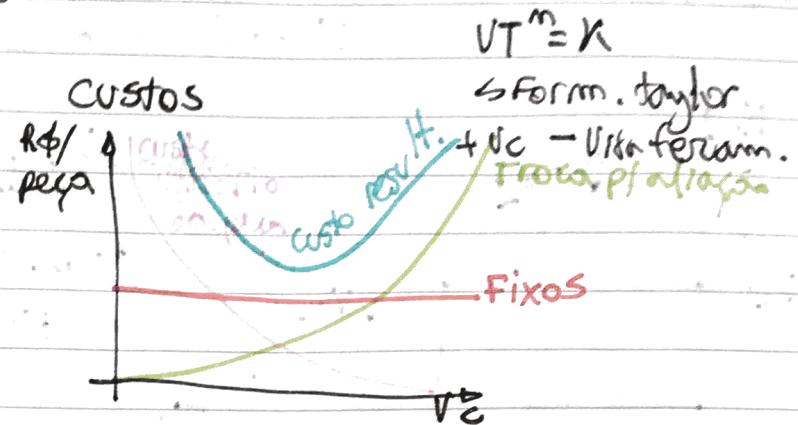
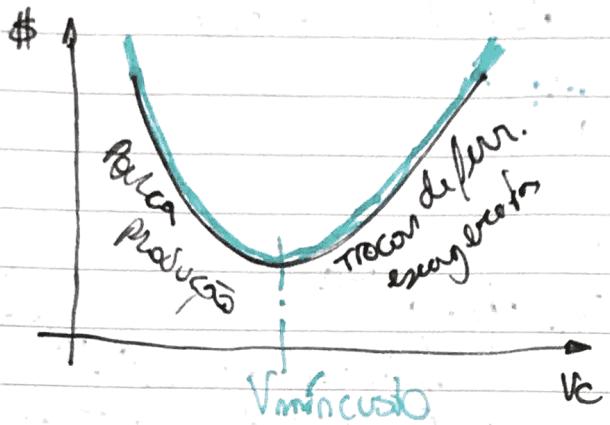
$$a = 0,02 \text{ mm/mm/volta} = h$$

$$1-z = 0,83$$

$$211 \text{ Kgf/mm}^2 = R_{s1.1}$$

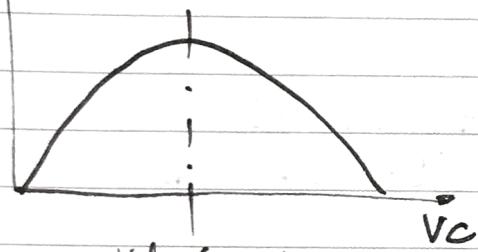
$$F_c = 211 \cdot 6,3 \cdot 0,02^{0,83}$$

Velocidades de min custo e máx produção



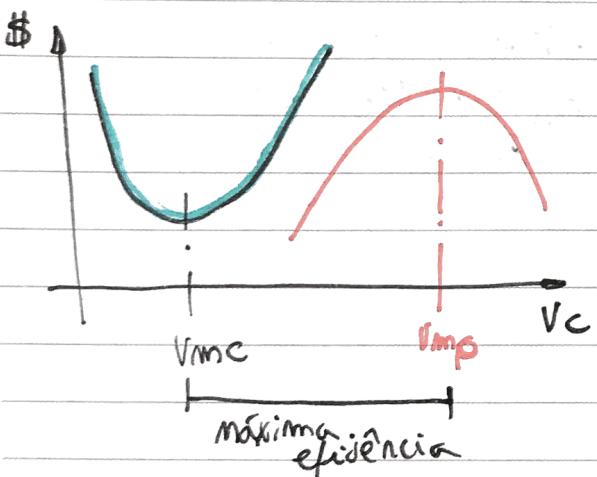
Produções

peças/tempo



<u>Fixo</u>	Máquina Aluguel lugar Funcionário Impostos
<u>variável</u>	Ferramenta energia Material

Não posso trabalhar acima de $V_{máx}$ produção.



Velocidades de intervalo de máxima eficiência

$$\star T_{mp} = \left(\frac{1}{m} - 1 \right) [T_{fe} + T_{fa}]$$

↳ Máx Produção

$$\star T_{mc} = \frac{60 \left(\frac{1}{m} - 1 \right)}{5m + 6m} k_{pt} + \left(\frac{1}{m} - 1 \right) [T_{fe} + T_{fa}]$$

↳ mínimo custo

$m \Rightarrow$ Exponente da expressão de Taylor

$$\sqrt[1]{T_1}^m = \sqrt[1]{T_2}^m$$

$S_m \Rightarrow$ Salário/hora (homem)

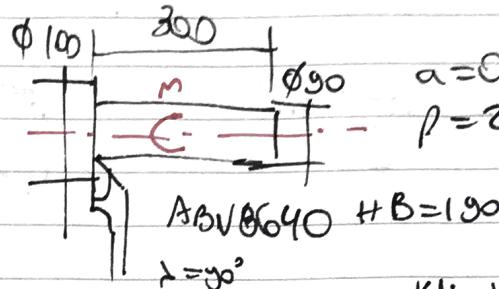
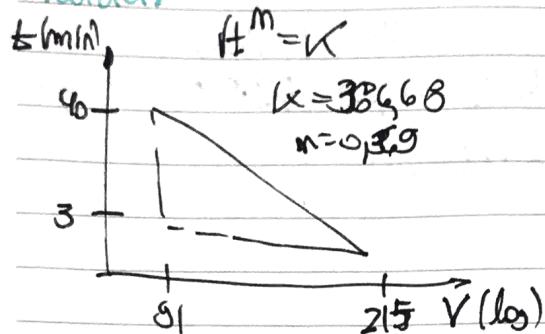
$S_m \Rightarrow$ Custo/h (máquina)

$k_{pt} \Rightarrow$ Custo total por unidade ferramenta.

$+pt \Rightarrow$ Tempo de troca

$t_{fa} \Rightarrow$ Tempo de aferição

Ejercici



$$f_m + 5m = 8,60 \$/\text{h}$$

Tempo de preparo de

tempo troca ferr: 3,61 min

Maquinaria = 25 min im

Tempo de aproximação e afastamento: 0,21 min

Tempo de bote: 800 peças

$$\cdot T_{MP} = \left(\frac{1}{9360} - 1 \right) \left(3260 + 0,3 \right) = 6,15 \text{ min} ; V_{MP} = 11,45 \text{ mm/min}$$

$$\cdot T_{MC} = 0,0 \left(\frac{1930 + 1}{185} \right) ,100 + 0,15 = 23 \text{ min } ; V_{MC} = 11,5 \text{ mm}$$

Máxima pressão ~ n = 590 rpm

↳ rotacao = 590, tempo de operac = 1,2 min

Número de peças fritas: ~~Tmp = 6,15~~ $\rightarrow T_{MP} = \frac{6,15}{10,5}$

• Temp por troca del placa = 0,72 min

• tempo total de confecção:

• tempo m produtivo = 0,85 mm/peça

2,17 mm/peça

• $T_{tot} \text{ confecção} = 2,17 \text{ min/peça}$ Ajustar estoque e máquina

$$P_m = 60 / T_{TC} = 27,6$$

$$P_{MC} = \eta P_m = 0,85 \cdot 27,6 \rightarrow 23,5 \text{ peças}$$

↳ rendimento

Mínimo Custo

$$m = 365$$

$$t_C = 2,05 \text{ mm/lpc}$$

$$N = 11 \text{ lpc}$$

$$t = 9,38 \text{ min/lpc}$$

$$Ph = \frac{60}{1} = 23 \xrightarrow{\text{XMP}} Ph = 19,5 \text{ peças/contigo.}$$

↳ produção horária

$$T_F = 0,3840,325 \cdot 1,2 = 2,62 \text{ min/lpc}$$

↳ tempo de fricção

Curtos

$$\text{Corte} \Rightarrow K_{OC} = \frac{k_c(Sh + Sm)}{60}$$

$$2,05 \cdot 8,5 / 60 = 0,29 \quad | \quad \text{Max P}$$

$$121 \cdot 8,5 / 60 = 17 \quad | \quad \text{Max P}$$

$$0,33 \cdot 286 / 60$$

$$P_{\text{err}} \Rightarrow K_{uf} = \frac{K_{fL}}{N}$$

$$\text{Tempo de troca} \rightarrow K_{rt} = \frac{T_{fL} + T_{fa}}{N} \left(\frac{Sm + Sm}{60} \right)$$

$$\text{Tempo} \bar{\text{e}} \text{ produtivo} \rightarrow \frac{T_{mp} \cdot (Sh + Sm)}{60}$$

	Mínimo corte	Máx Produção
N (k/ferr)	11	5
P _{th}	23,0	22,9
P _{th'}	19,5	23,5
K _{OC}	0,29 \$/peça	0,27 \$/pc
K _{rt}	1,40 / 11 \$ / $\sqrt[3]{13}$	1,40 / 5 \$ / $\sqrt[3]{13}$
K _{fL}	0,0346 \$ / pc	0,102 \$ / pc
K _{mp}	0,038 \$ / pc	0,068 \$ / pc
K _{pf}	0,52 \$ / pc	0,60 \$ / pc

mín custo + custo por peça
p q e rápido

Tudo igual p/ ... | fane

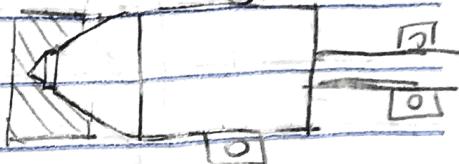
Usinagem

→ Vida $VT^m = K$

→ Força de Corte: $F_c = \rho_{sh}$

→ Estudo Ergonômico (mín custo e máx produtividade)

Torneamento: Peço de revolução Centralizada

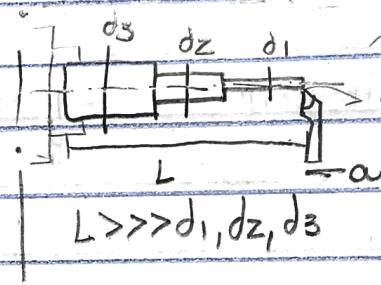
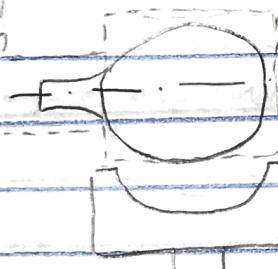


→ Torno a est. Hyperfíbrica

- Piascas

- Com ferramenta de forma

esferas

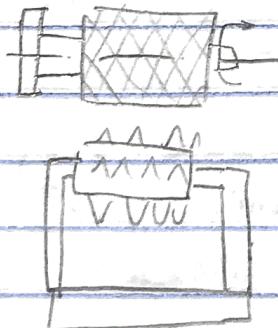


Viga ergonômica
deform

$f \approx 0,1$
mm

Prender porta! \rightarrow me ITB $\approx 0,054$
mm

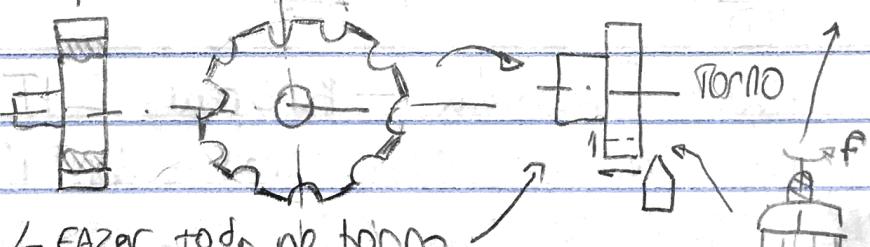
- Recortilhado



- Tornoamento com

ferram. Acionada

ferram. Acionada



↳ FAZER TUDO NO TORNO
(Redução de tempo em produtivos)



Torho Vertical:

Luneta



Rea gira bem
centrado

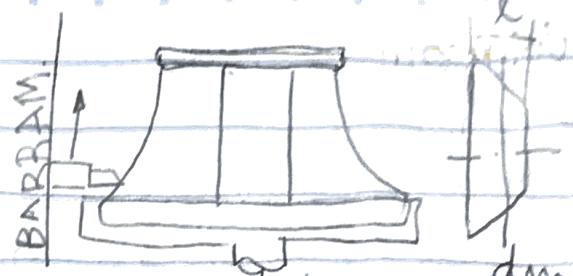
(100-200 rpm)

→ 10,200x maior
que Ø

Aro

Fixo no

baseamento.



m = Tomelado
p/ usina hidrelétrica

Desbaste

- ~ Remoções de grande ate de altura
- ~ Aproximação da forma

Exemplo (PARENTESSES):



forma (desbaste)

Acabamento

- ~ Obterizar da forma
- ~ Dim. finais
- ~ Poco material removido
- ~ TB brácia

1:5

peça de desbaste

Faz por:

Fundição

Conf. plástica

Usinagem

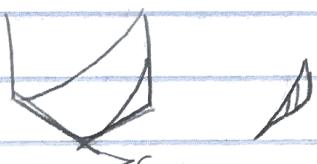
Fazer 100 peças/dia - R\$ 3 reais - IT 10

Barras laminadas (Mat. prima) - ABNT 1025TR (lam. a quente)

Furos

desbaste

no brocar



Furos maiores de
Ø menor.

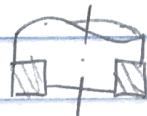
Expl. howe.
diferença

cav. renovado
(atrito)

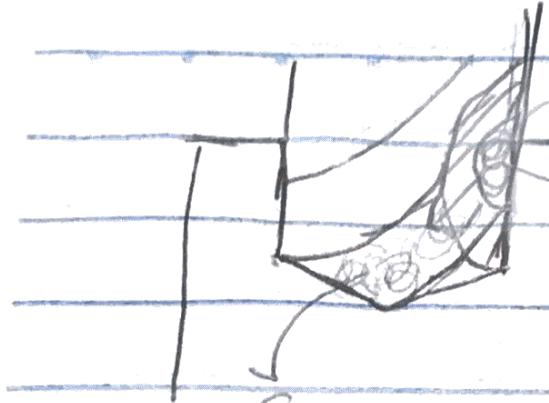
Vc

• Larestar de corte

→ Agorárido



Metal duro



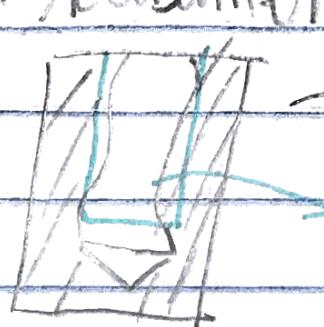
→ Cavaco (tentado expulsa) → Gera fat alta (se cavaco insair)
Cavaco traz broca fer quebra.
Necessário quebra de conos.

- entre conos
- paredes ob
- flecos

→ Alargador (reamer) → acabamento

ptg

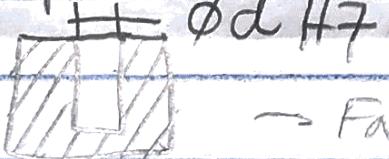
Aresta



→ Broca flamba

(uso alargador p/ deixar cilíndrico (IT7 ou IT8)

C para



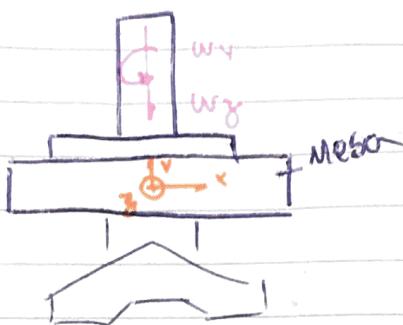
→ Fazer



c/ fôntica e des
presas

Fresamento

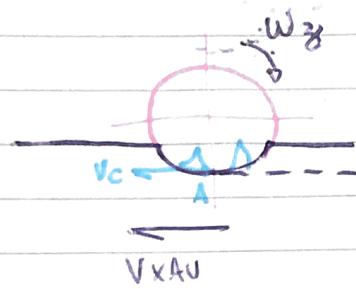
Avarnos: x, y, z



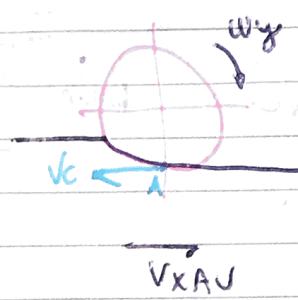
Ferramenta (corte)

- Topo
Rotatório em torno do eixo y
- Paralelo ou circular
Rotatório em torno do eixo $x \parallel a z$

- Concorrente

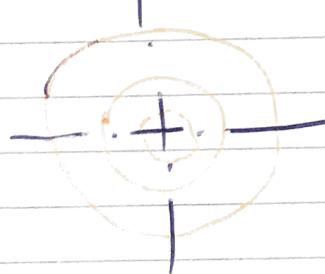
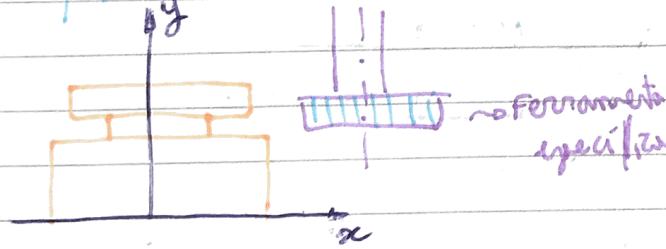


- Discordante



Desbaste
Acabamento

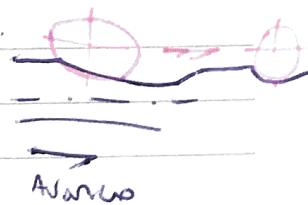
Como fabrico?



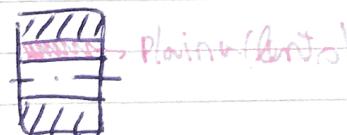
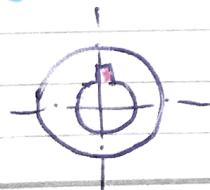
Ferramentas de forma



Fresa módulo
+ visograde
+ Engranagens
(ferramentaria)



Rayo de chareta?



Movimento único \rightarrow como?

- Picamos c/ Superfície

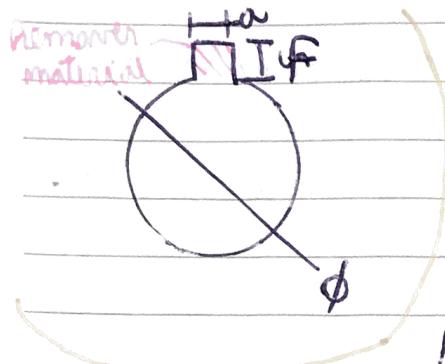
• Eutónia: Ancho lento
largo

/	/	/	
D	S	T	Q

Furgo de chaveta: ferramento com múltiplos arestas de corte

$$P_c = K_{S_{11}} \cdot b \cdot h^{11-8}$$

Movim. sinuoso \rightarrow Múltiplos arestas



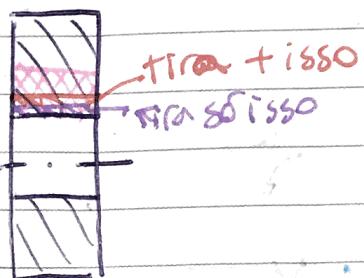
Aresta única: $b \rightarrow a$ \rightarrow Volume de corte é menor

Plaina de Múltiplos arestas

Auxílio I
Auxílio II
Diferença de h entre dentes

VC

Brustal



Brochamento

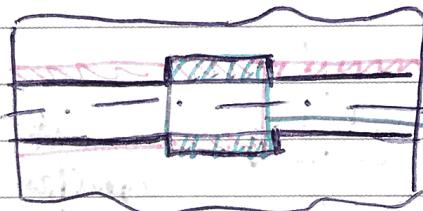
Auxílio <

Acabamento x Desbaste

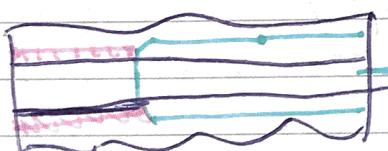


Sáida de canoço?

Aumenta no interior do vão dos dentes
 \rightarrow Sáida de ferramenta



E se m preciso rastejar 2 lados?



Broca (sáida de ferramenta)

Torm. interno