

Introdução à Manufatura

D S T Q Q S S

Mecânica

Seg → 13:10

Qua → 0:20

← Página no Facebook
Material adicional

Oficina → não é produção em série (ferramentaria)

2 Materiais ^{Poliméricos} ~~Metálicos~~

→ termo plásticos

→ Termo fixos

3 Pós-Metálicos

→ Metalurgia do pó

4 Cerâmicos

1 Materiais Metálicos

→ fundições

→ Conformação (a quente / frio)

→ Usinagem

5 Avanço fabril

simulação de produção

→ Gremens (tecnomatise)

→ Dassault defmia

→ Simulação de linha de produção

→ Fábrica virtual

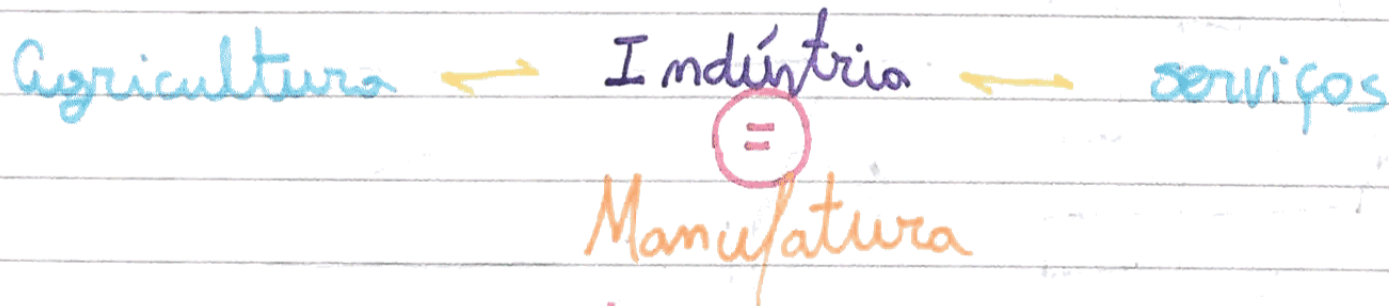
+ Feira de Máquinas

+ Apresentação de Metrologia óptica

6 Manufatura aditiva

(Impressão 3D)

→ Indústria 4.0 (Internet das coisas)



Fundição

• Metálicos

→ não muito comuns

• Ferrosos (Aços e FOFOS)

• Não ferrosos (Al, latão)

→ Cu

Ferramenta

• Molde { Permanente (1 PF) → não ferr.

{ Perdido (1 PF)

↳ Molde fabricado p/ cada peça

material fundido

feito de Ap

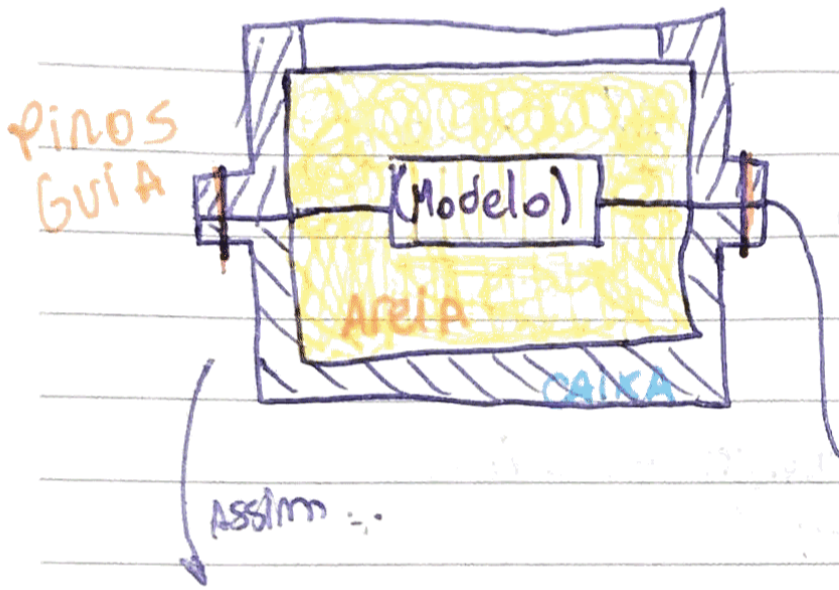
Fundição em Molde de Areia

geralmente o modelo é $> \rho_f$

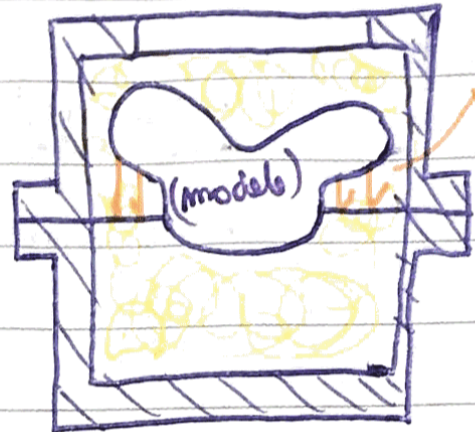
Modelo (peça geometricamente semelhante à peça final)

- ↳ Modelagem: gesso, urimoldo, impressão 3D, isopor
- ↳ Permanente (vários moldes/modelos)

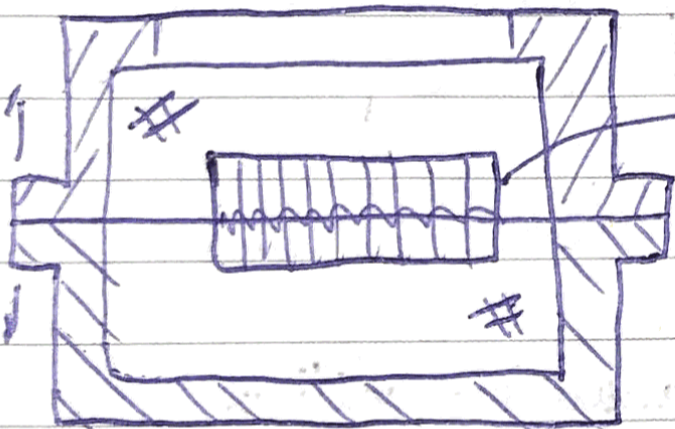
Caso 1



Caso 2



Como retirar o modelo?
N dá p/ fazer

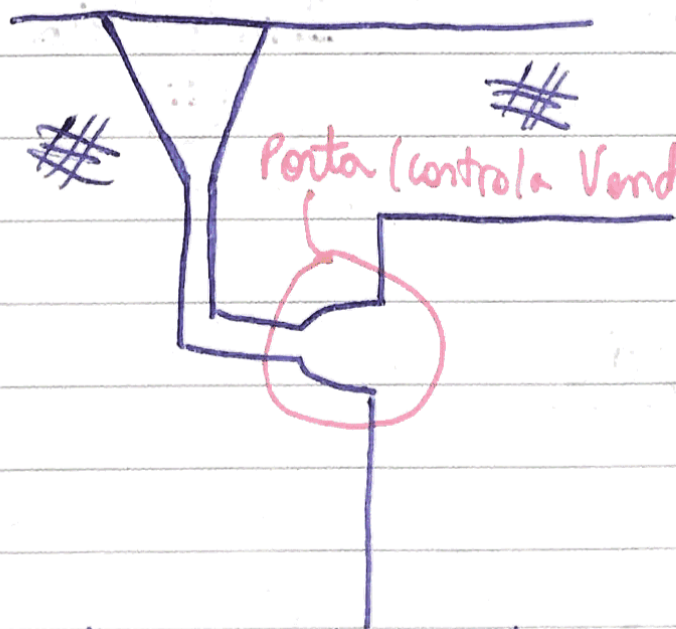
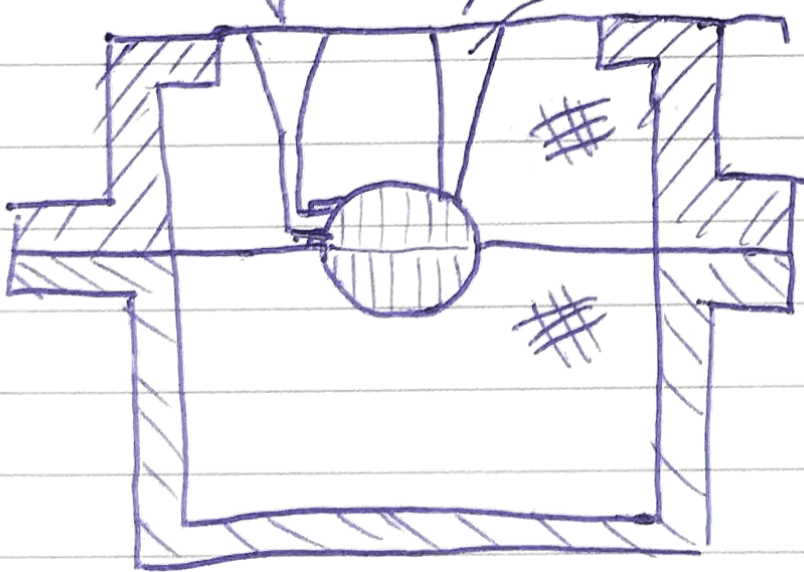


desenhos na direção de extração,
deixa linha marcada



Plano de div. do molde

Alimentação Saída (p/ assegurar se encheu) molde de isopor (perdido) P/ SAIR O AR

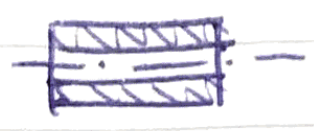


A Altura do Massalote regula pressão de entrada do metal no molde

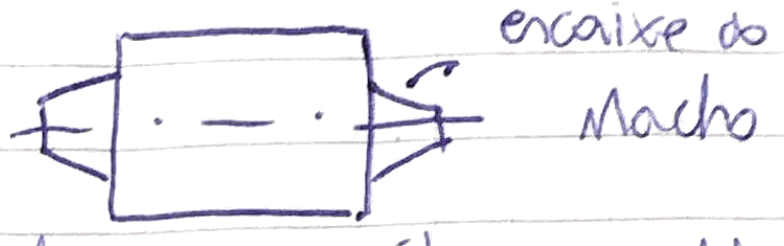
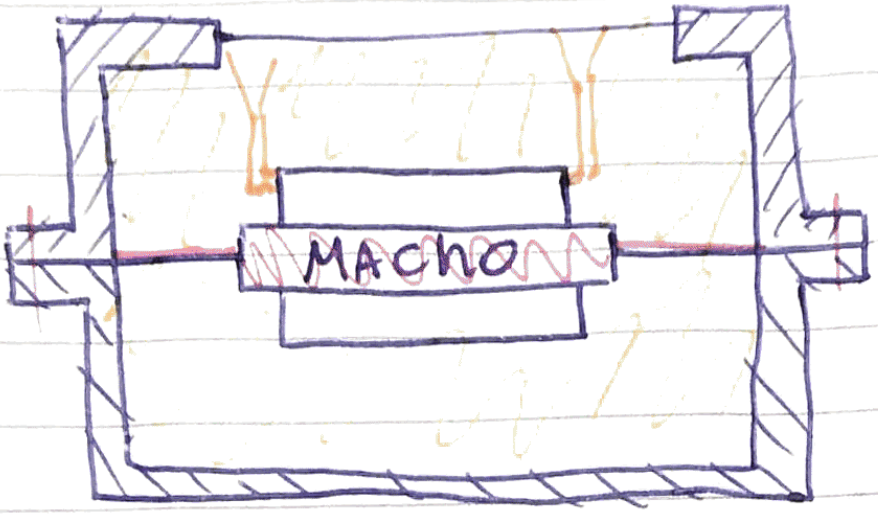
↑ resfriamento constante → Grãos uniformes

Areia vira tijolo limbo → destruiu molde...
 Material só consegue passar da porta quanto manobrar estiver cheio

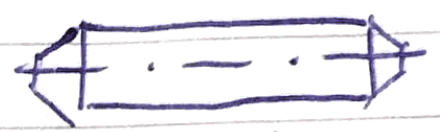
CANOS:



Modelo:



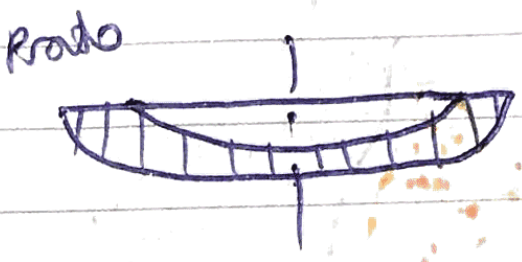
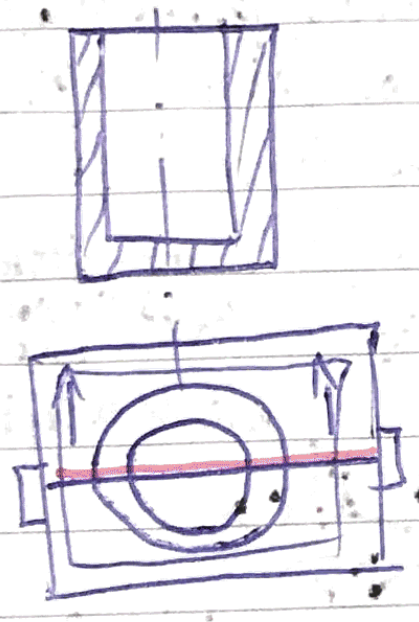
Macho → destruído ou perdido



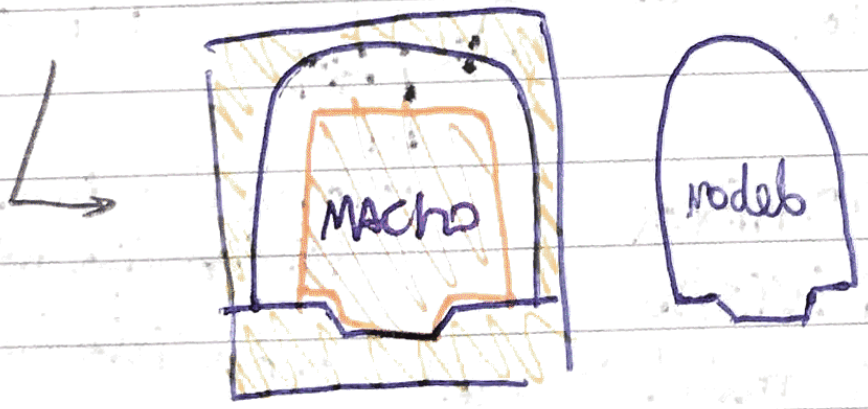
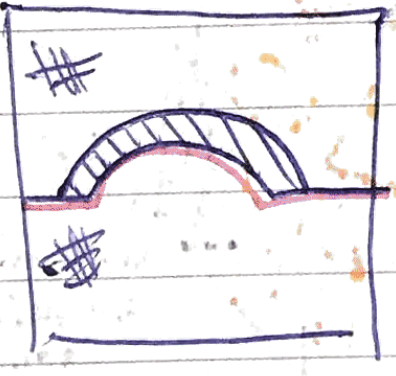
Areia de fundição cozida

Copo

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

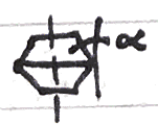


as p/ fugir s/ macho

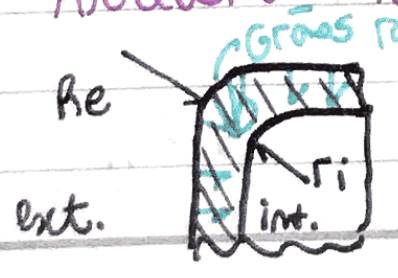


07/03/19

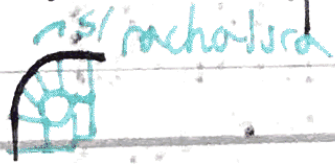
- Macho: fazer cavidades internas
- Draft (ângulo de saída):
- Arredondamento



Tb p/ peça encolhe
 PS: Usar desmoldante tb p/ não grudar na areia
 molde s/ mov. cisalhante (danif. paredes) Modelo



parede externa esfria 1°

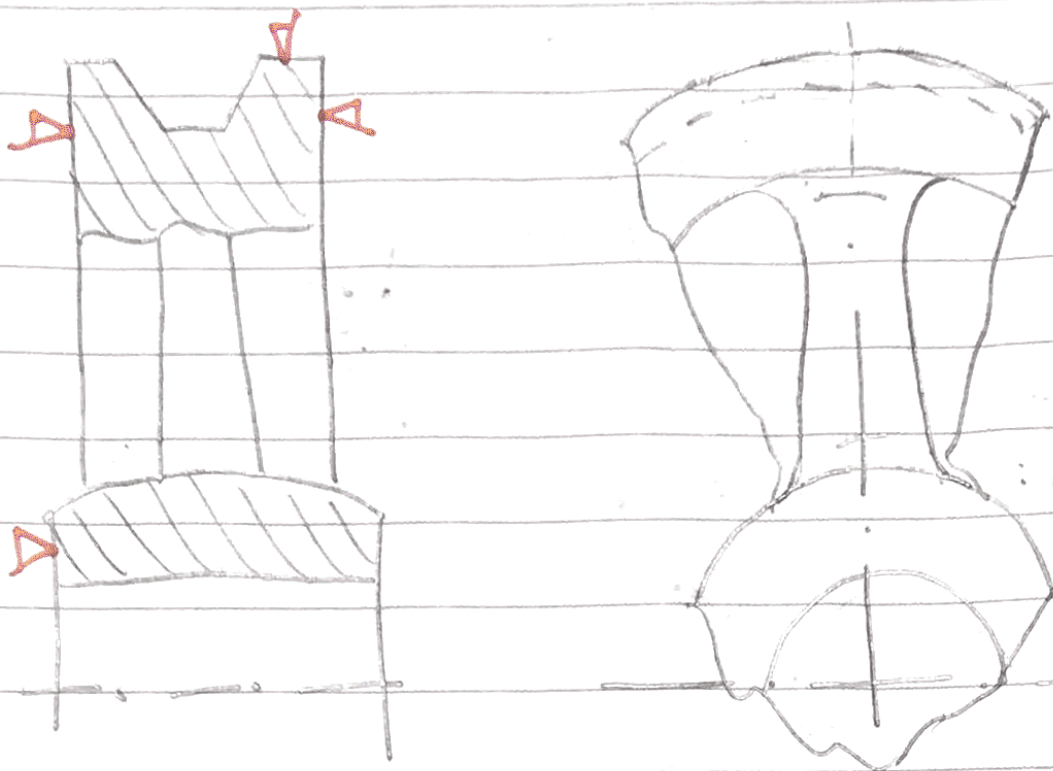


(informa) abre fenda no canto

→ cruz. de grão ⊥ contorno

Desenham molde: Areia Perdida
 IT 12 no 11 (Tolerâncias Grandes)

Plano de divisão?
 Desenho do molde?



Peças Pequenas

(< 50 mm de lado)

Usar fundição em CASCA

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

50mm

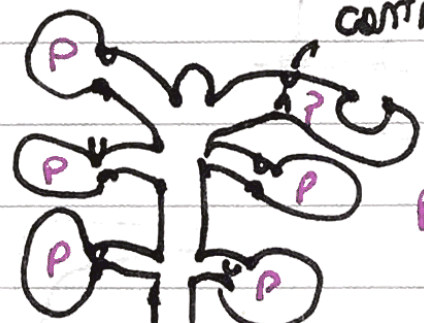


~ E p/ fazer o molde? permanente p/ modelos em cera feitos em gesso ou metal!

↳ Ps. posso fazer em 2 pedras e depois juntar o modelo

Árvore

controle de ench.



↳ Canal de alim. (in dispersão material)

↳ Reutilizado

↳ Não tem Risco de Divisão (TIRO no modelo de cera)

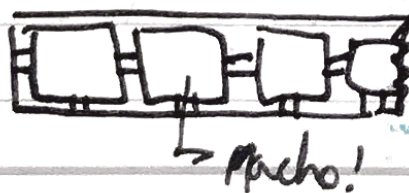
Geralmente ligas in ferrosas

• Ângulo de saída



• Mesa

• Vazios: Resfriam. Uniforme 40% ⊖ Volume, só 60% ⊖ Rigidez



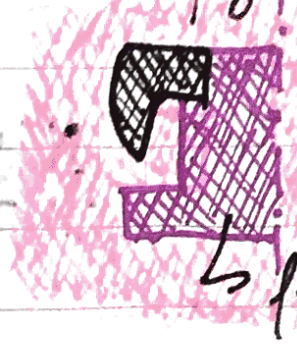
Ps. Tensões criadas por atrito de Tensões

ex: fundição por coque



→ Cera, Flocor

como fazer modelo?
(de cera)



↳ fazer 2 moldes e "somas"

Molde Permanente

ou fundição sob pressão

→ \$\$\$ (Molde de Aço) → CNC

- Resiste à temperatura elevada
- Resiste ao desgaste

→ Pl ligas não ferrosas

- Principalmente Al ($T_F < T_{FAço}$)

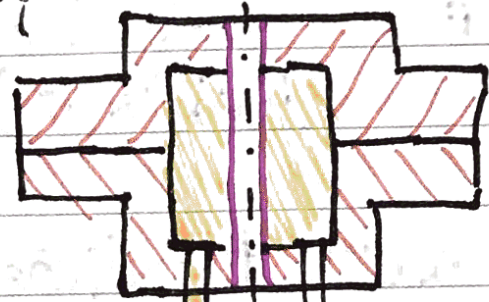
→ Preenchimento uniforme da cavidade

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

→ possível fazer peças de parede fina (delgada)

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

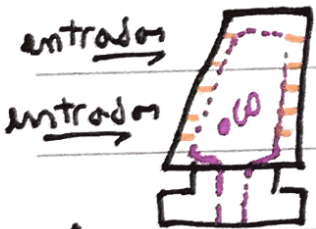
Produção em massa



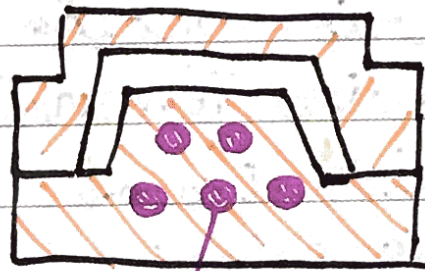
• S/Manalote

metal líquido sob pressão (êmbolo)

Molde com resfriamento controlado:



palheta de motor de



Passa fluido refrigerante

(Molde com Furos de Refrigeração)

↳ Controle do crescimento de grão

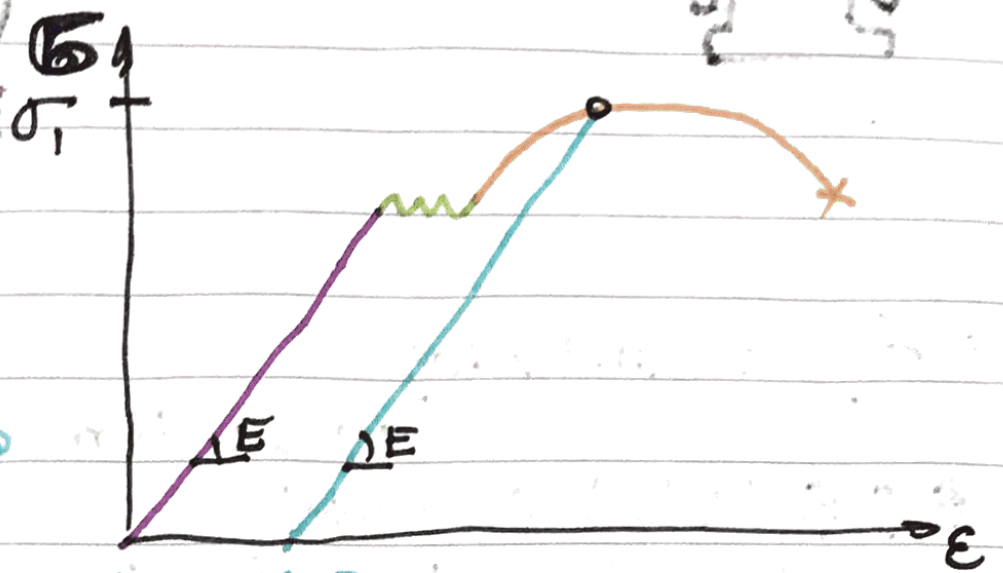
- Monocristal

Conformações Plásticas de metais



$$\sigma = F/A_0$$

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



Deformações permanentes/plásticas

(dentro de σ_1)

□ Elástico linear

□ Escoramento

□ Zona Plástica

○ Vantagem sobre Fundições:
Processo feito em grande escala c/ ferramentas permanentes

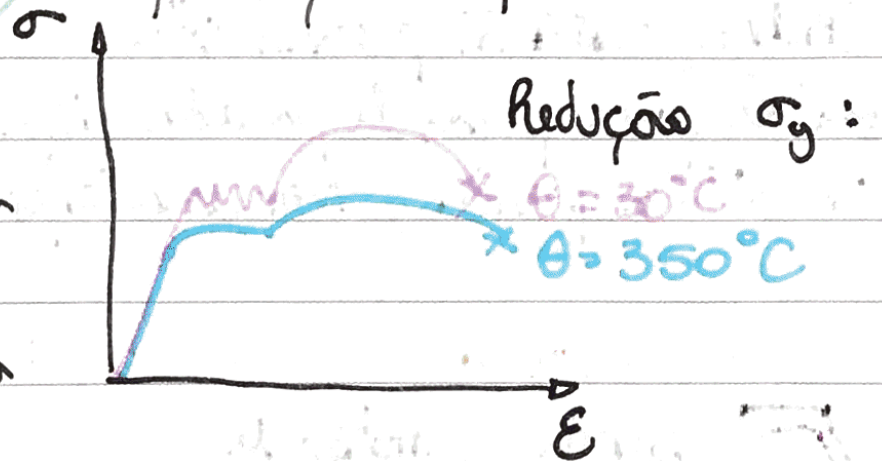
Grandes deform. metal dimensões

Acima Temperatura de recristalização

Abaixo Temperatura de recristalização

Pequena seção resistente

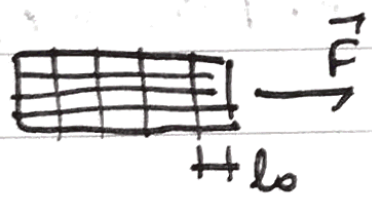
○ Conformações a quente x a frio



Redução σ_y :

$\theta = 30^\circ C$

$\theta = 350^\circ C$



l_0



$l_f > l_0$

Esquentar Acima T recrist.

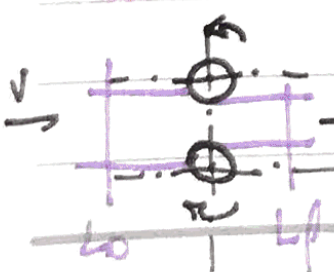


l_0

Recristalização

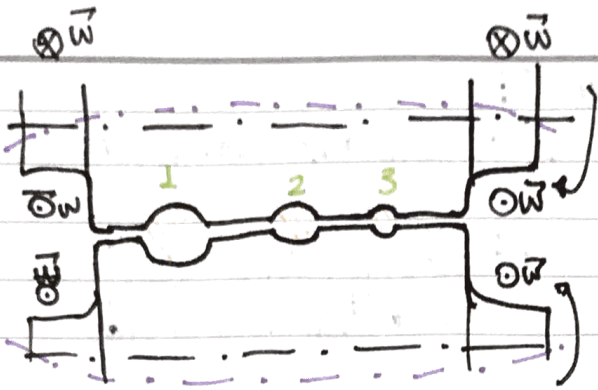
○ Laminação (rolling)

→ Temperatura de Recristalização



$v' > v$

(esticando a barra) → por unidade de t, maior a velocidade de laminação



Deform. rol. (peça m sai plana)
 p/ evitar: bobos de ar



Laminagem Escalada (cada passo 1m)

Perfis laminados: Produtos Siderúrgico

• Barras



• contêineres



• Perfis abertos



• 1 perfil fechado (único)

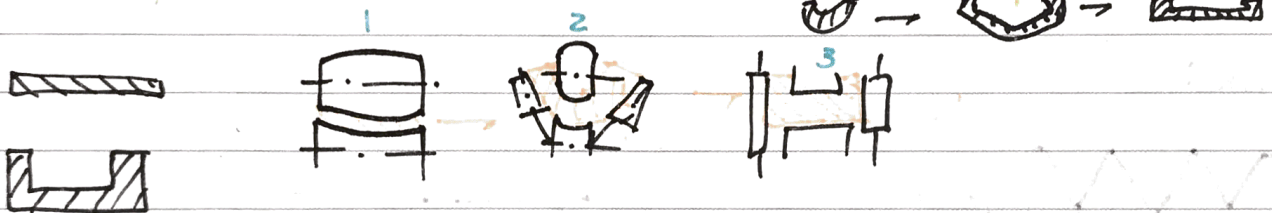


A frio: espessuras <, acabamento

A quente: + deformação, - precisão

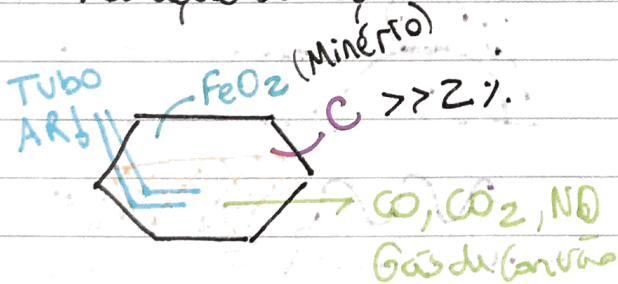
• Caso T com carbono para maçar: forno

Laminagem Contínua (bobina)



P.S. siderurgia

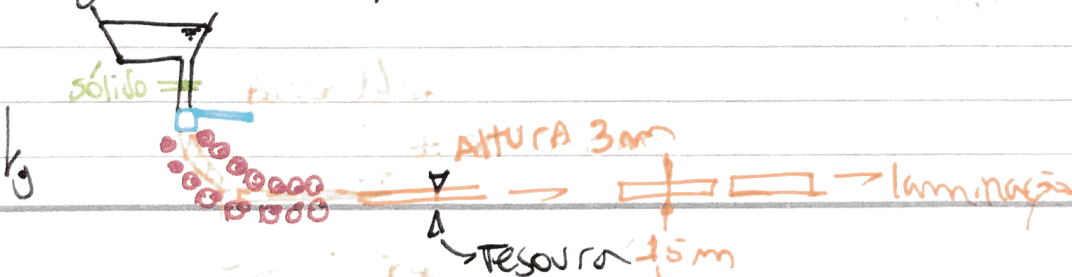
Produção de aço: Fe + C até 2% C → CCC (~ CFC (+ Carbono))



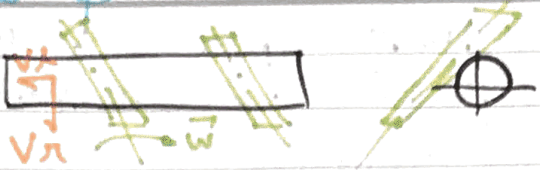
Aço ABNT 1008 (0,08% C)
 Retino Carbono!

(lingotes: Antigos → Refinaria depois podem reaproveitar)

Lingotamento Contínuo

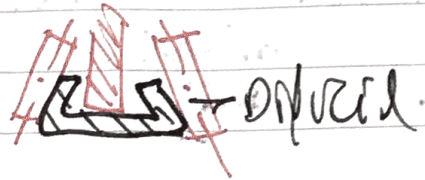
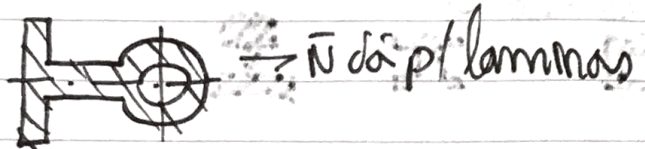
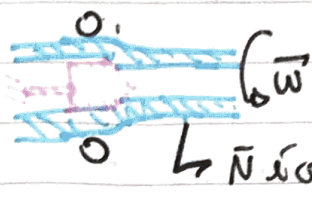
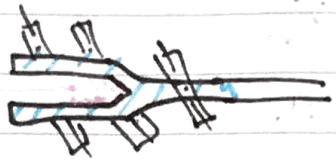


Tubo



duente!
Não é processo contínuo

Melhor q fundido porque
resistência > fundido

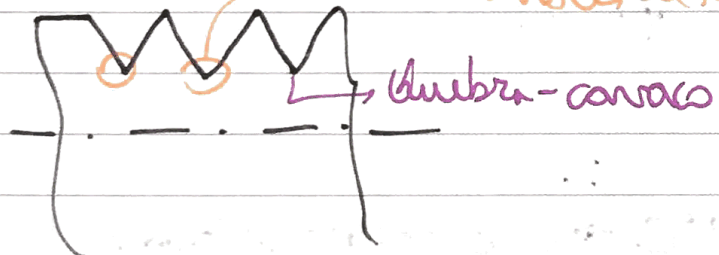


- **Processo inicial**; Produto final (trilho, perfil estrutural, tubo)
- **Materiais**: Aço C (chapa/perfis)
Aço WOX (chapa/barras)

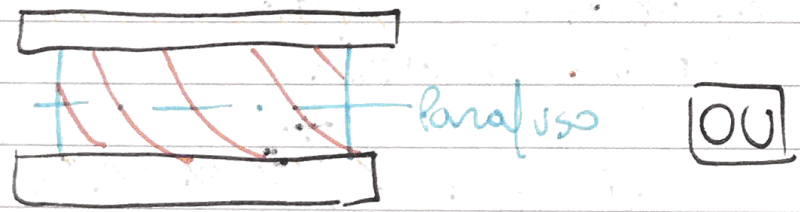
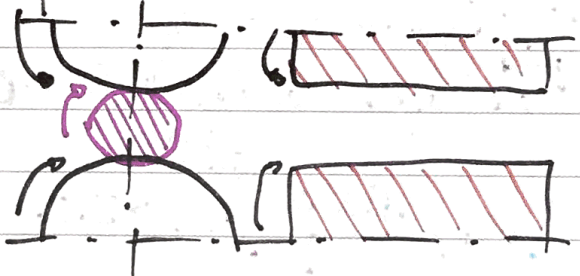
Laminagem de rosca

Manual:

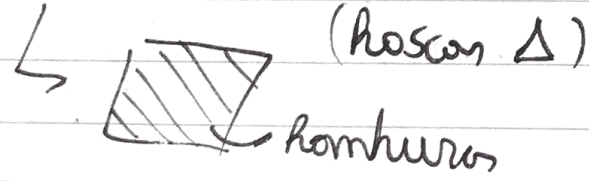
concentrações de tensão (fadiga)



Parafuso (industrial):



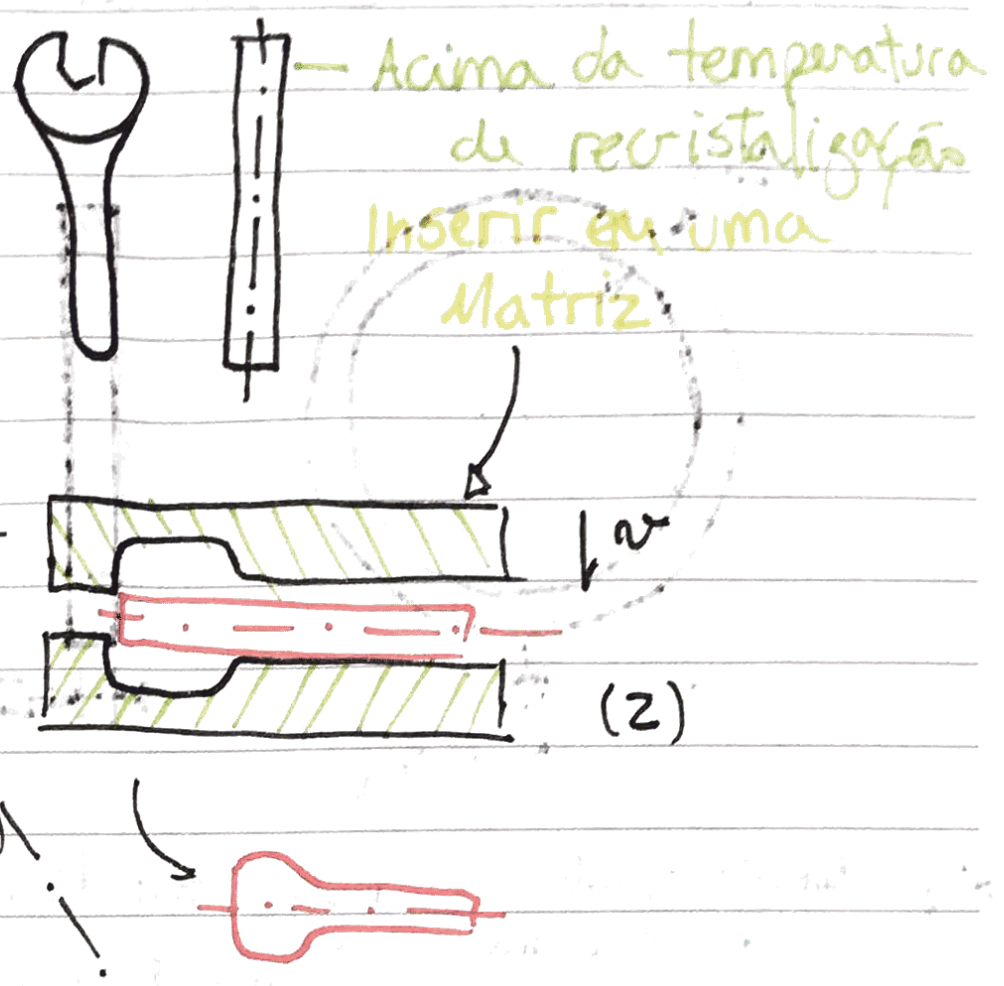
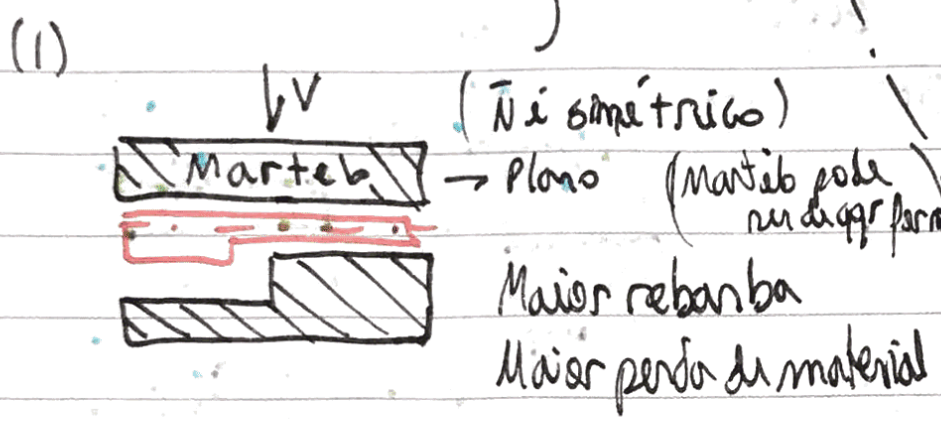
("rolagem")
Nã tem pontos de quebra de carga



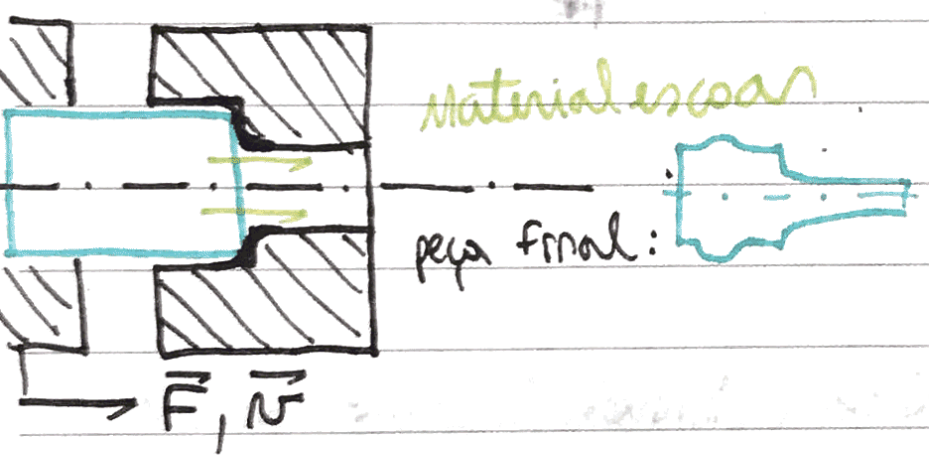
Forjamento

- Golpear sobre a peça base:
 - Matriz aberta (1)
 - Matriz fechada (2)

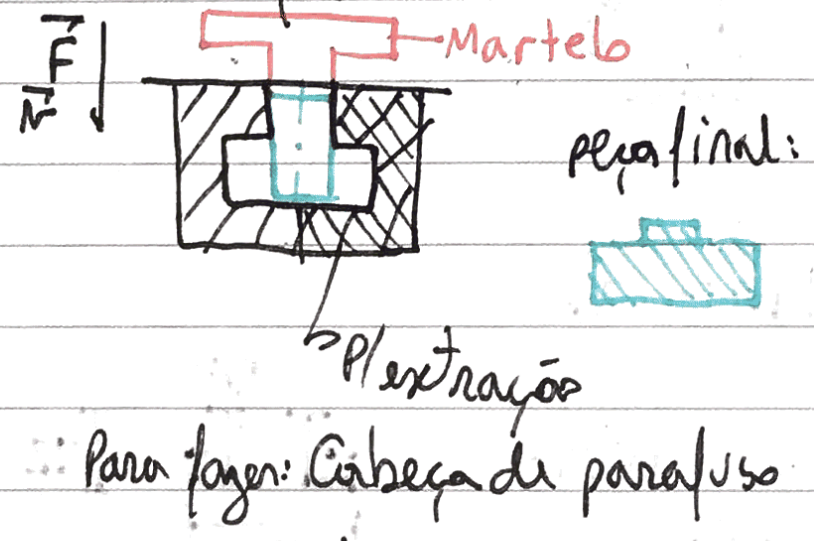
→ Volume constante
 → Rebarba ("escopa")



Forjamento por extrusão

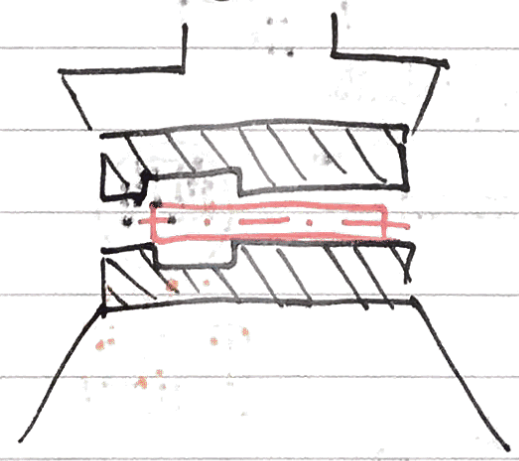
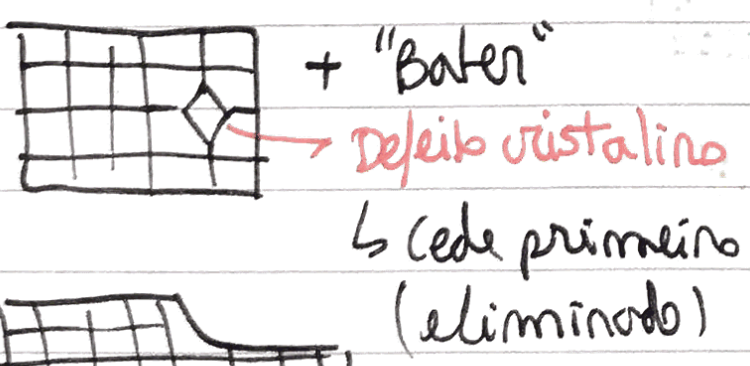


Recalque

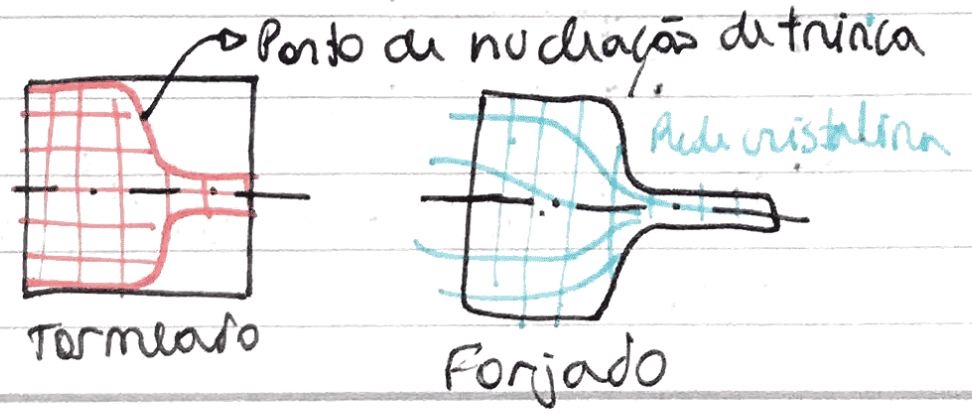


Para fazer: Cabeça de parafuso

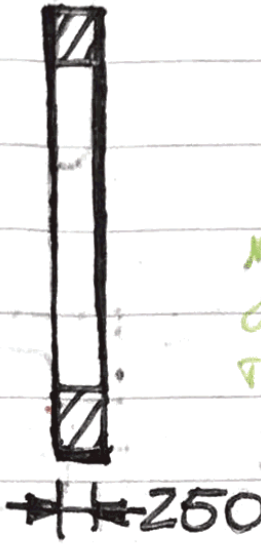
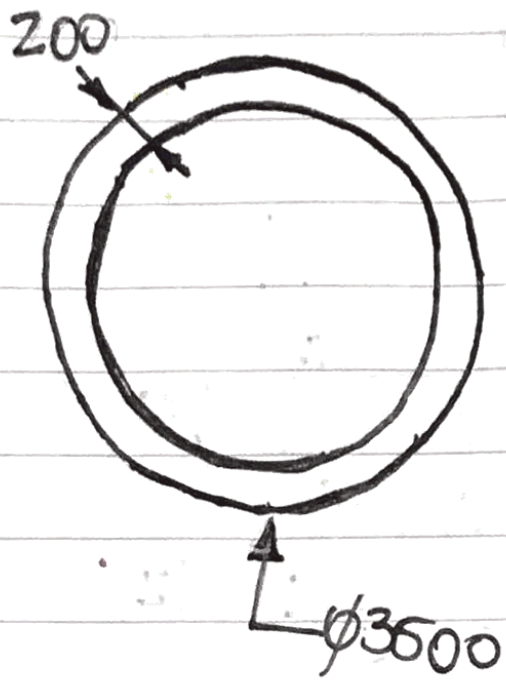
→ Aumento de resistência



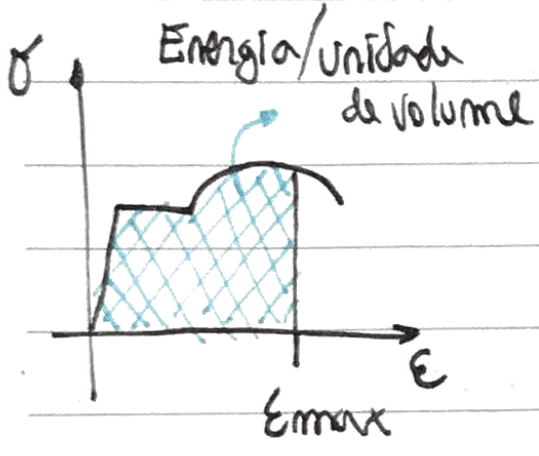
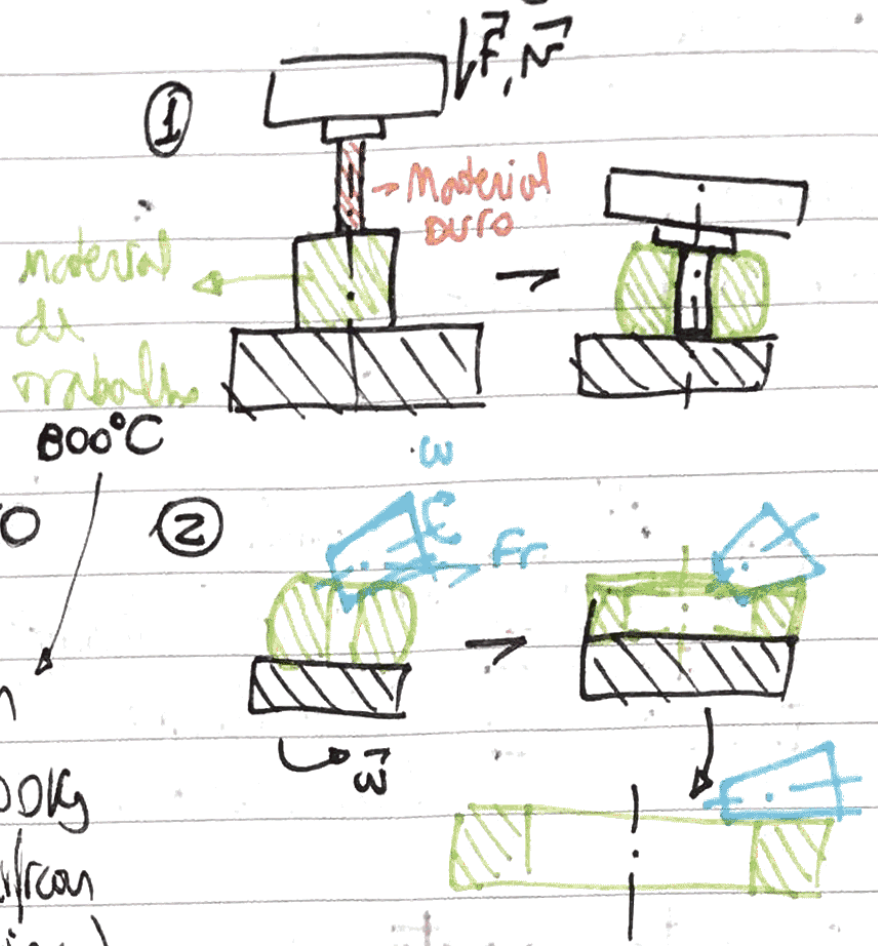
→ Alinhamento da rede cristalina com o eixo da peça



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



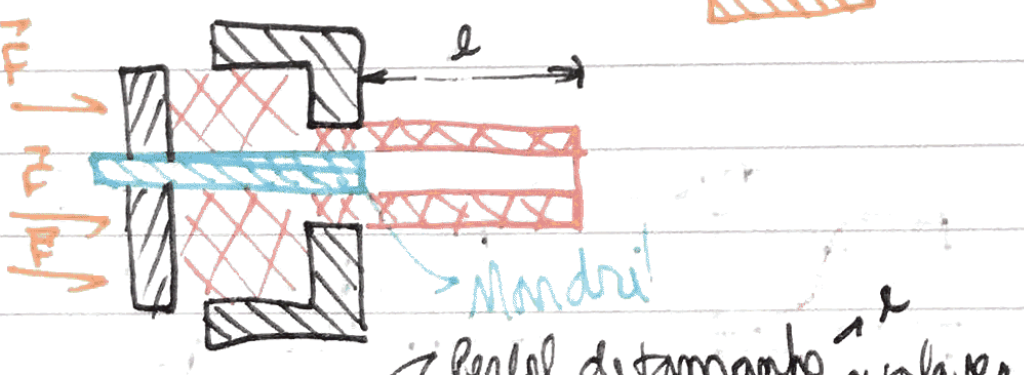
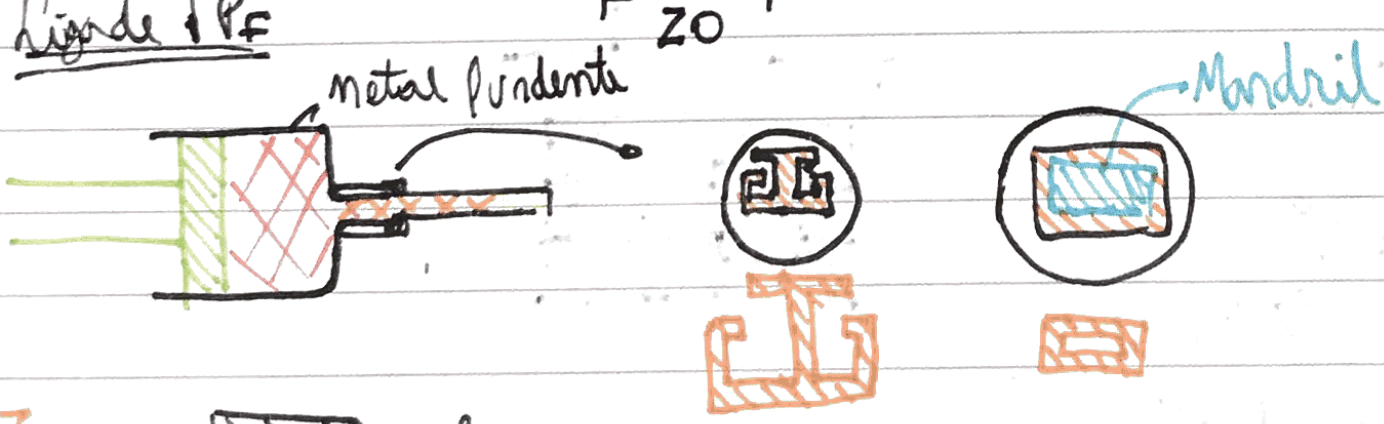
Processo de Fabricação
("holamento Mega-Grande")



Processo tem de ser rápido (bloco de 100kg a 800° para diminuir a máquina)

Extrusão

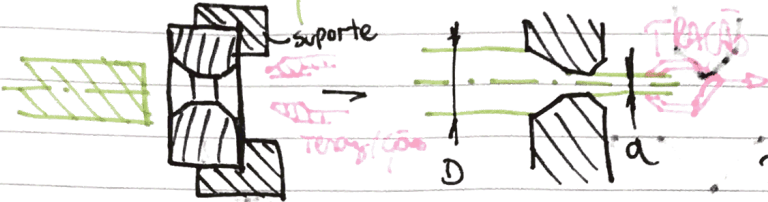
Trilho de cortina $\begin{matrix} 0,8 \\ \text{I} \end{matrix}$ [72 → forma e dimensões (inconsigo laminar)]
Lig. de P.F



Mandril: Fixo/Móvel
Perfil de tamanho qualquer

↳ perfil de tamanho limitado pelo mandril

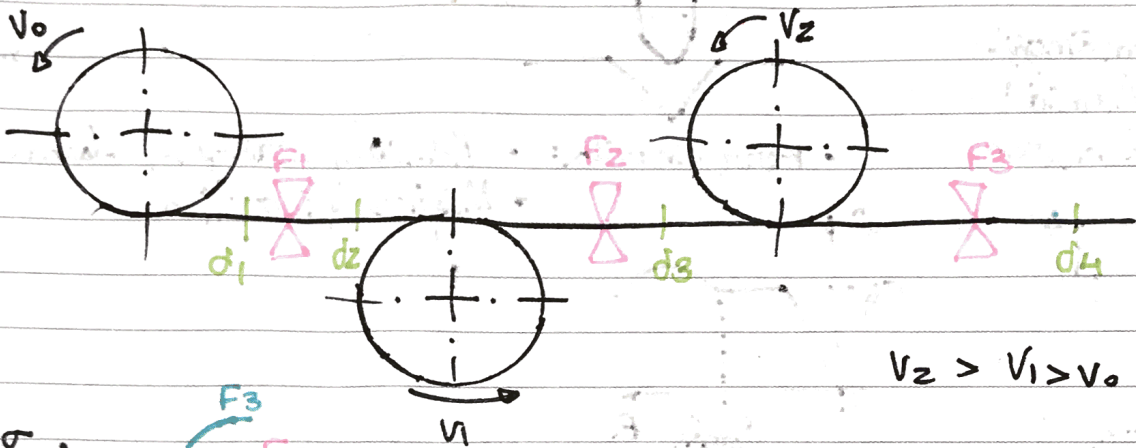
Trefilação (drawing)



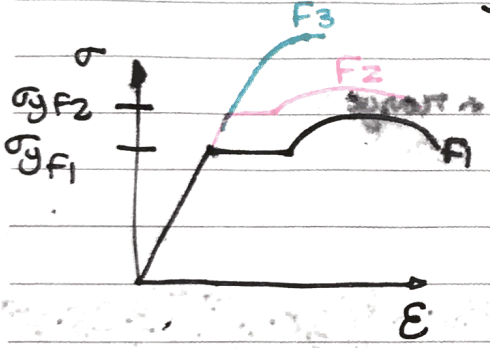
exemplo: corda do relógio
Arame

Trefilação: A frio (comum)
A quente (raro)

$$D > d$$

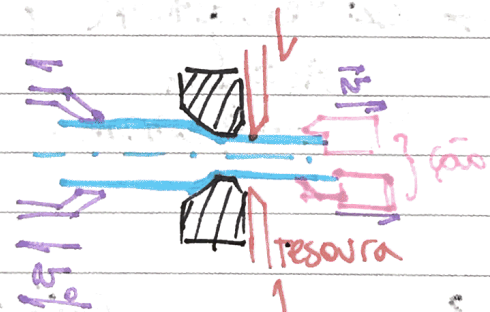
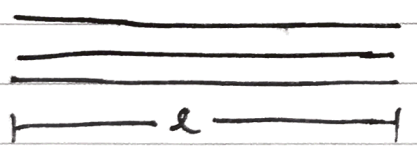


$$v_2 > v_1 > v_0$$



Material encruado
em $F_3 \rightarrow$ já está encruado

Fio-Máquina



↳ sempre plantas de fioira ϕ /ser centímetro

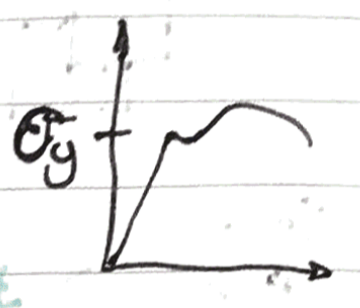
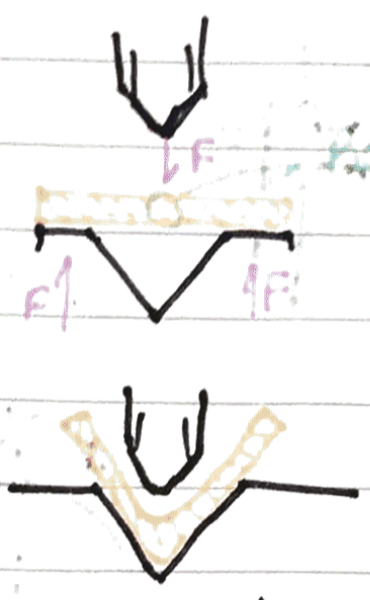
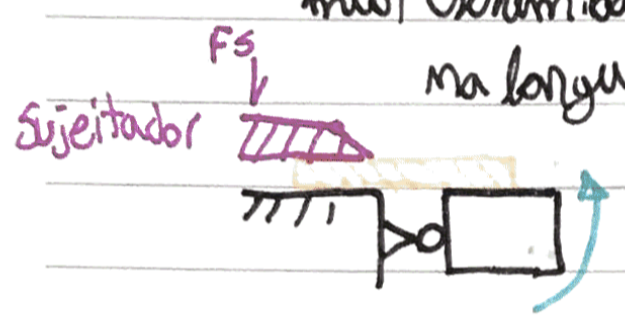
• Etapas imediatas da recristalização após encruamento máximo

CONFORMAÇÃO PLÁSTICA

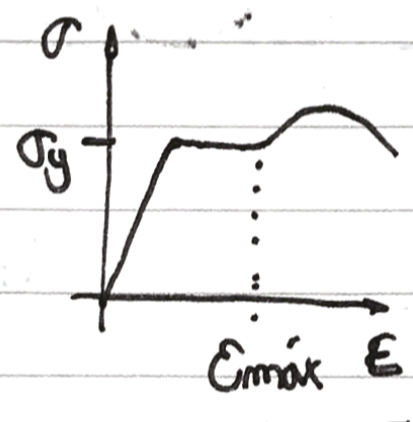
Dobramento

- Chapa
- Perfil/Tubos

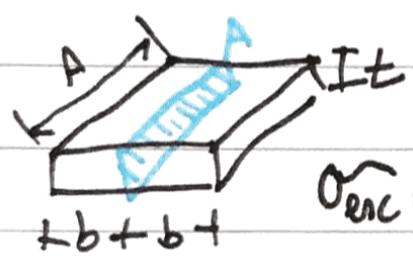
• Dobras: Em ângulo
 mio/Extremidade
 na largura



- Ferramenta:
- Manual, contra-pest, alavanca
 - Máquina hidráulica



→ se não começa a marcar



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

→ flexão

$$\sigma_{enc} = \frac{3Fb}{At^2}$$

$$\frac{F}{A} = \frac{\sigma_{enc} t^2}{3b}$$

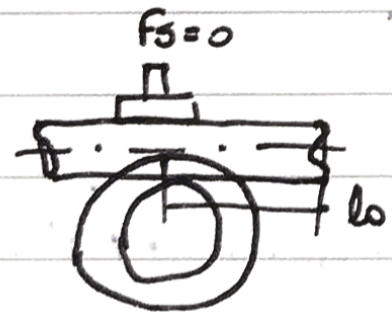
$$F = 240 \cdot 10^6 \cdot (3 \cdot 10^{-3})^2 / 325 \cdot 10^{-3}$$

$$F = 32 \cdot 10^4 = 32 \text{ kN}$$

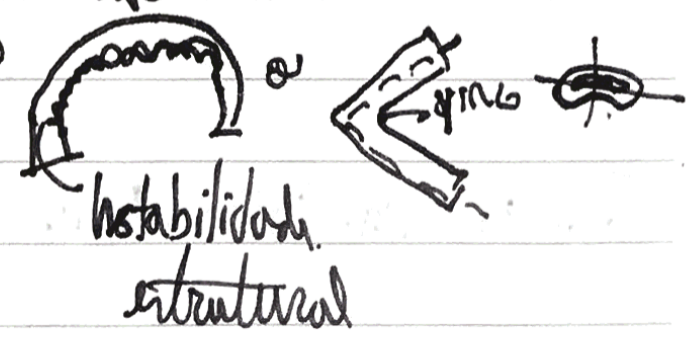
$$q = \frac{F}{A} = \frac{\sigma_{enc} t^2}{3b} \rightarrow \text{ex: } \sigma_{enc} = 240 \text{ MPa}$$

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

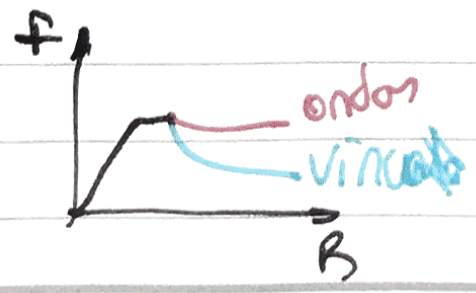
Tubos:



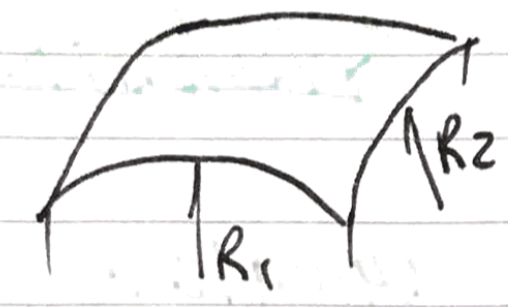
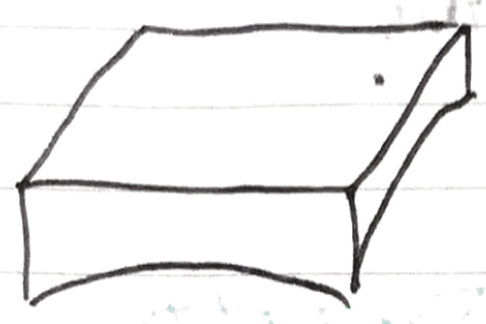
Porém: Parede interna do tubo amassa se $R \approx 0$



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



Conformação plástica em Matriz (Estampagem)



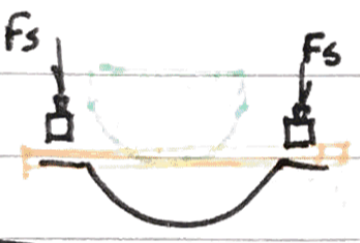
Moeda: Cunhagem

1) Chapa rejeitada

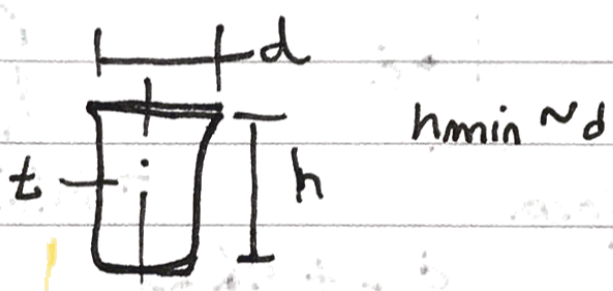
- Excesso de material
- Excesso de deformação grande
- Área > → Excesso de material
- Chapa corre para o interior da matriz

2) Chapa superada

- deformação (profund. estampagem)
- perda de material



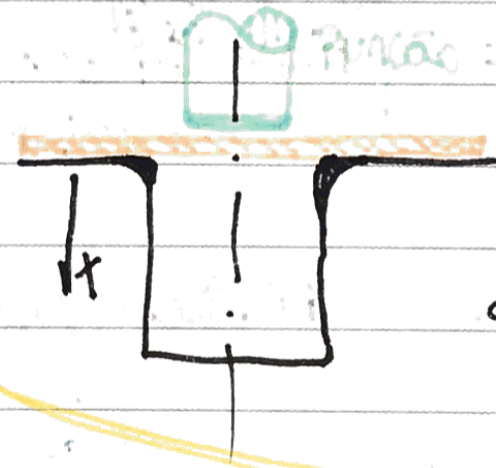
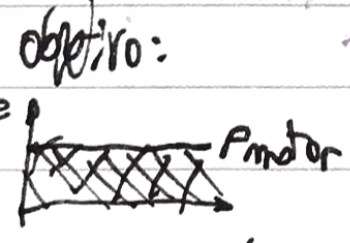
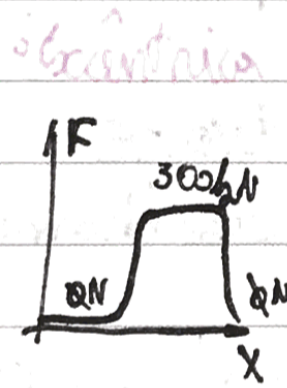
Embutimento



• Hidráulica



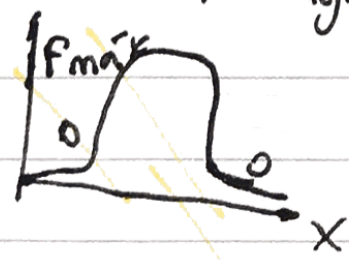
$P_{Acil} = F$



Def. local (só na dobra)

Mecanismo de Mola-Marmiteira

(Acumulação de energia)

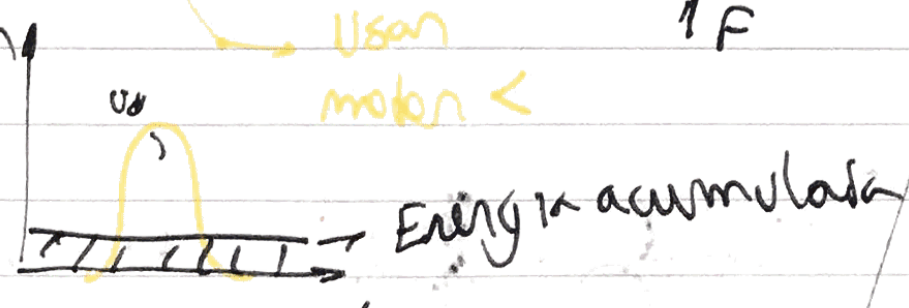


$U_d \rightarrow$ Energia de deformação

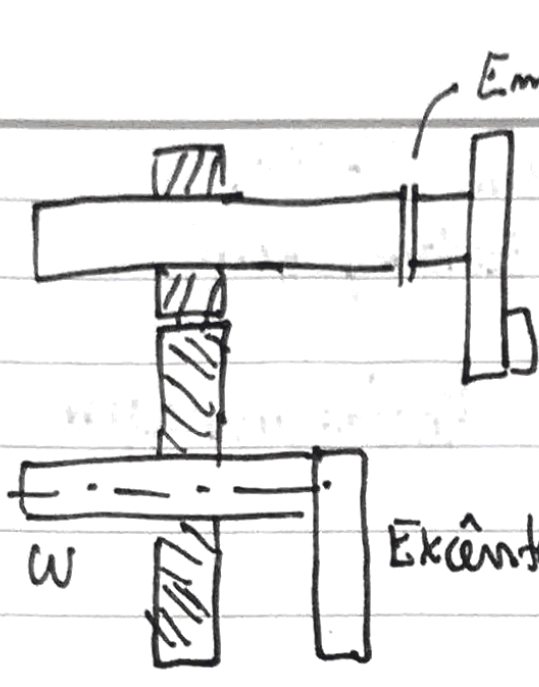
$$U_d = \frac{1}{2} \rho A \omega_0^2 z^2 - \omega_1^2 z^2$$

$\omega_0 \rightarrow$ velocidade inicial

$\omega_1 \rightarrow$ velocidade final do volante após 50 períodos



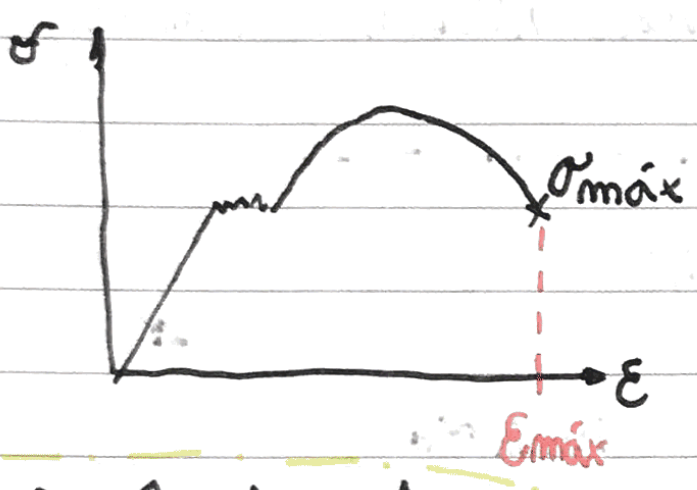
Quando há bastante tempo consegue recuperar energia (vs = 30) se golpes não estiverem requeridos, $U_d \approx \omega_0 x$



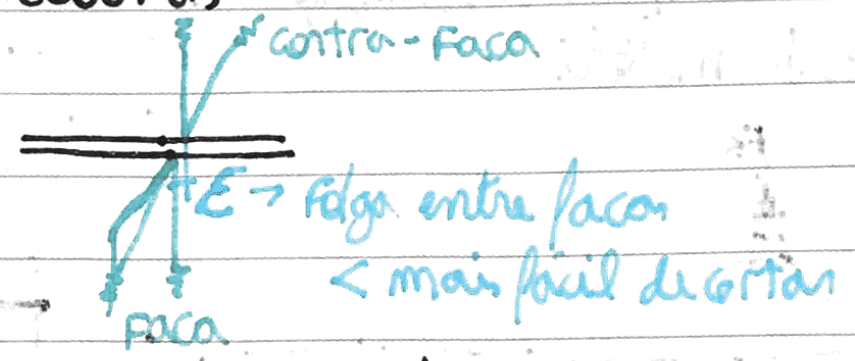
Emprego em 1/2 de prelo
 Não pode empregar de dentes
 Tem de funcionar em Fm
 Volante > ex & rápido

Corte

04/04/2018

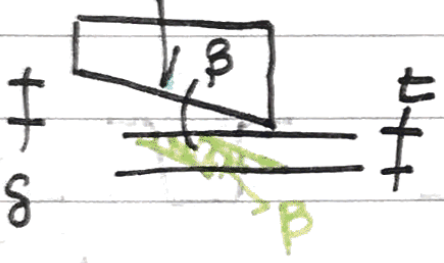


• Tesouras



η = ângulo da faca

→ Mínima para redução de momento



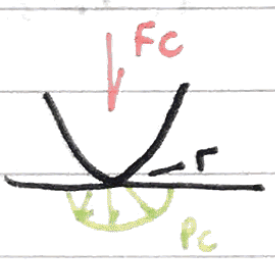
$$S_c = t \cdot B \cdot \sin \beta$$

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

↳ resistência ao cisalhamento

β : inclinação da faca

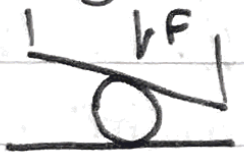
Ps. se a faca fosse reta, a área seria muito maior



P_c = Pressão de contato

$$P_c = f(E_p, E_f, \nu, r)$$

Ex: Lingotamento contínuo



PS. Balística

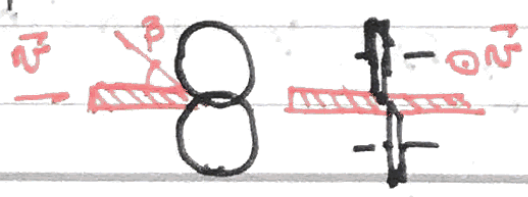
$N = 100 \text{ m/s}$
 $m \rightarrow$

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

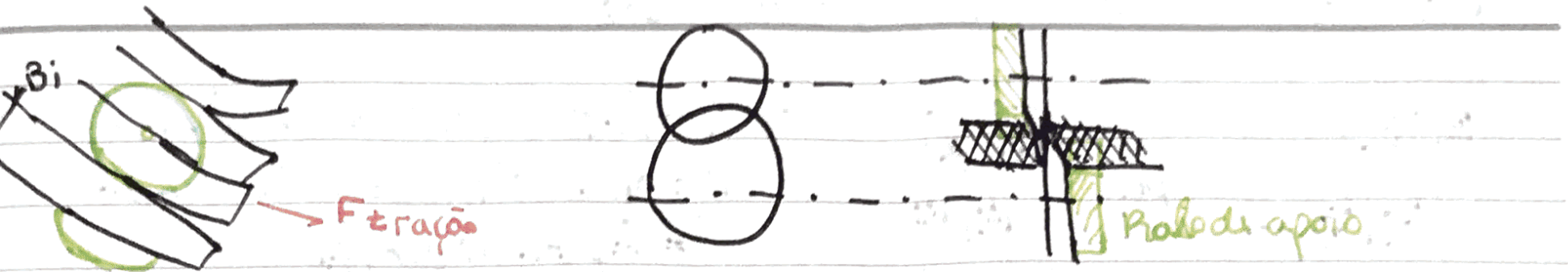
tempo pl deformação

tempo (deformação só plástica)

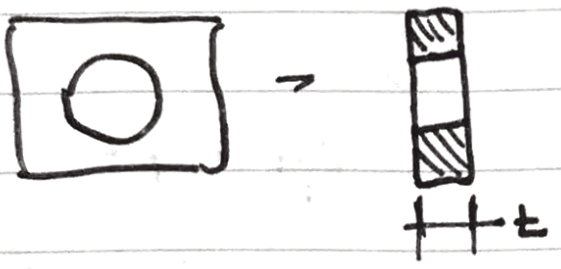
• Tesoura circular



Puxar chapa, tesoura girando
 fôrça no eixo. Emprego p/ cortar chapas e tintas.

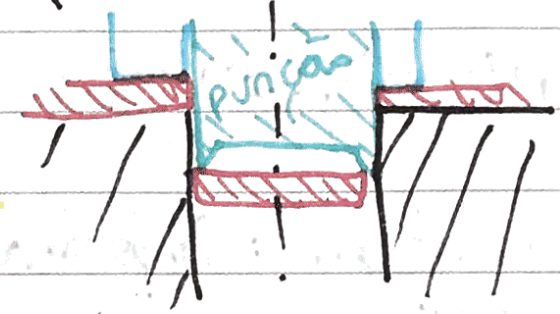
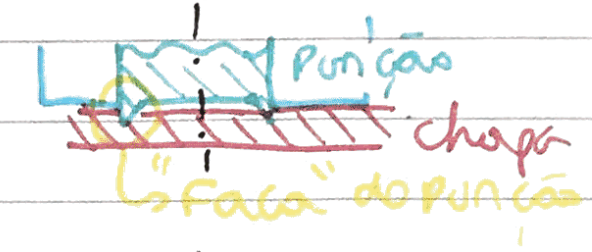
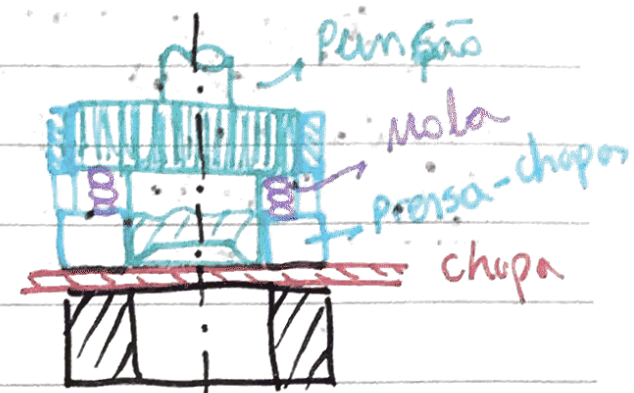


Corte no Estampo

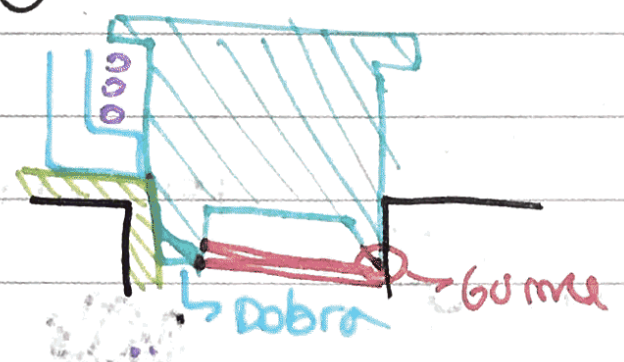
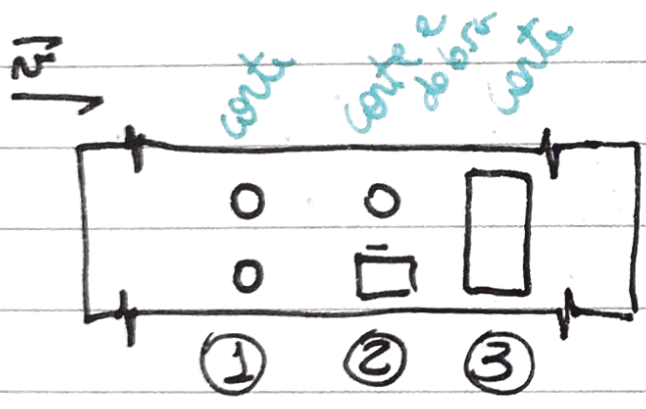
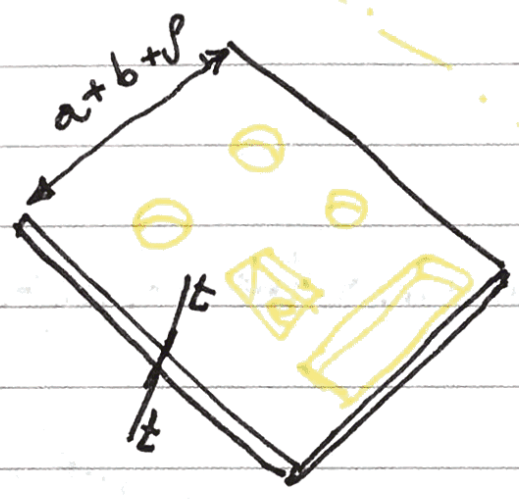
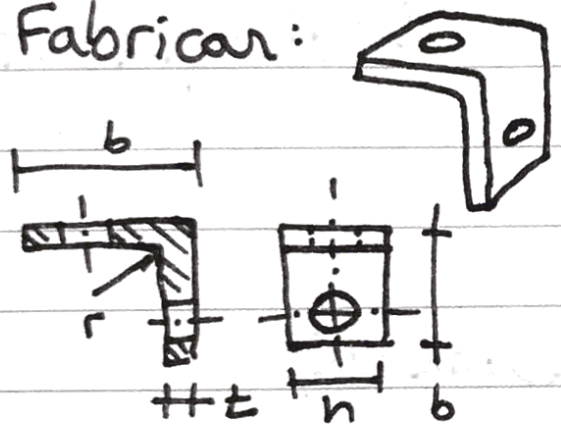


$S = t \cdot Pec$
 $Pec = \text{perimetro cortado}$

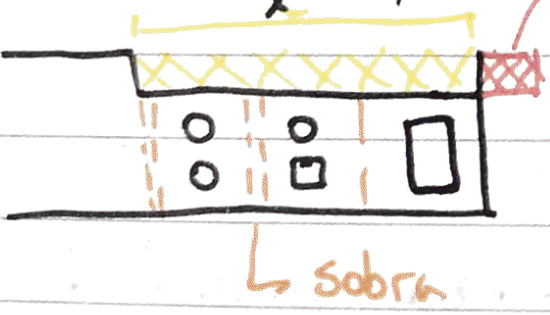
Estampas progressivo de corte



Fabricar:



Faca de avanço



Anteparo
 $L \approx 3h + \text{sobra}$

- > R\$ 100.000 reais de ferramentaria
- > 0,20 -> receita por 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

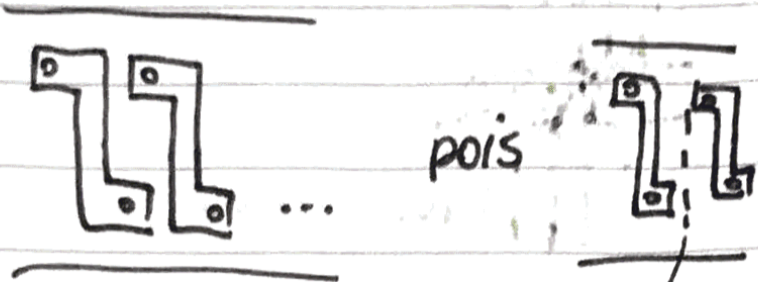
-> 1200 peças -> 144 -> 34 reais/dia

3000 dias p/ pagar -> 8 anos p/ pagar a máquina

Custo da ferramentaria -> Determina se vale a pena ou não o estampo!

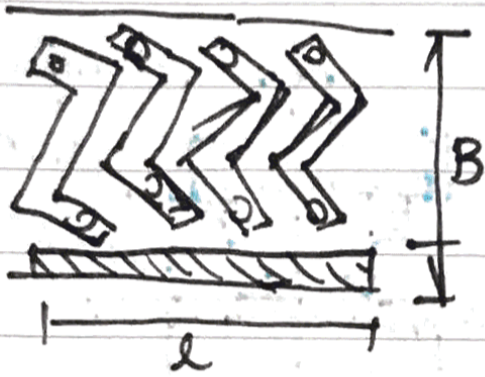


Aproveitamento do Material → da chapa!

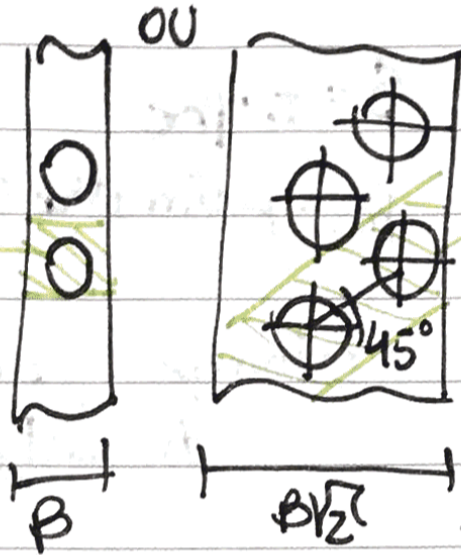


$A_0 = l \cdot B$ (área sob o estampo)
 $\eta = \text{aproveitamento de chapa}$
 $= \frac{A_{peça} \cdot n^{\circ} \text{ peças}}{A_0}$

↳ Desperdício de material



→ Ideal

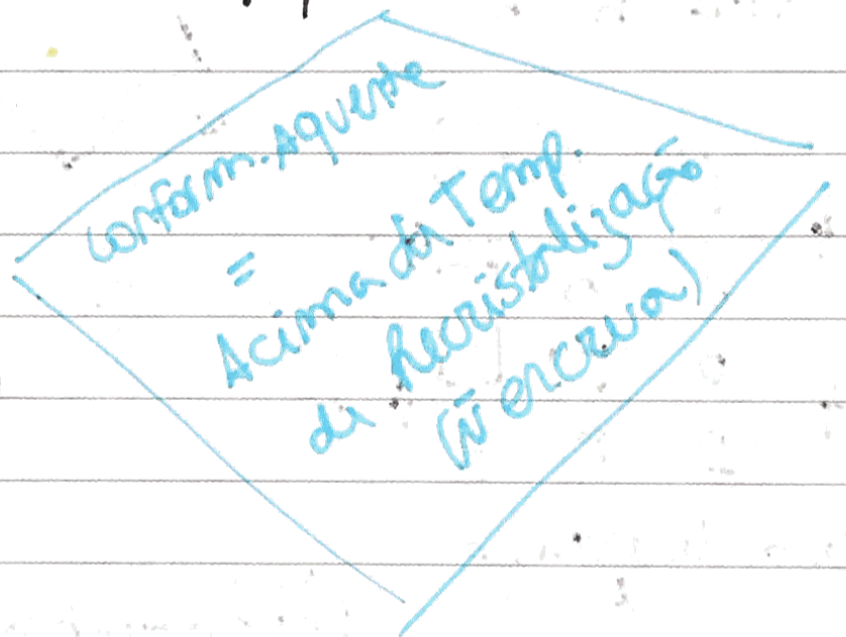
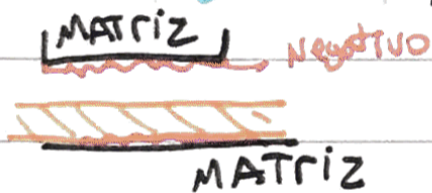


(?)

$\eta = \frac{A_p}{B \cdot E}$
 $\eta_2 = \frac{Z \cdot A_p}{B \cdot E \cdot \sqrt{2}}$
 $\eta_2 = \frac{\sqrt{2} \cdot A_p}{B \cdot E}$
 ↳ Maior eficiência!

Demais Operações

• **Cunhagem**: Conformação de um relevo na peça (ex: moeda).



União

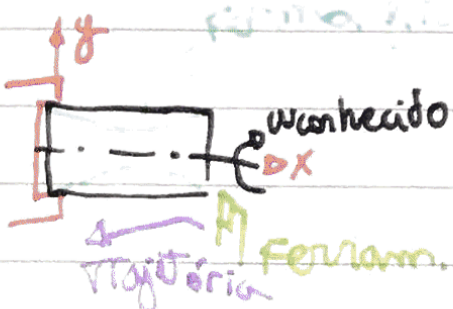
por Dobra

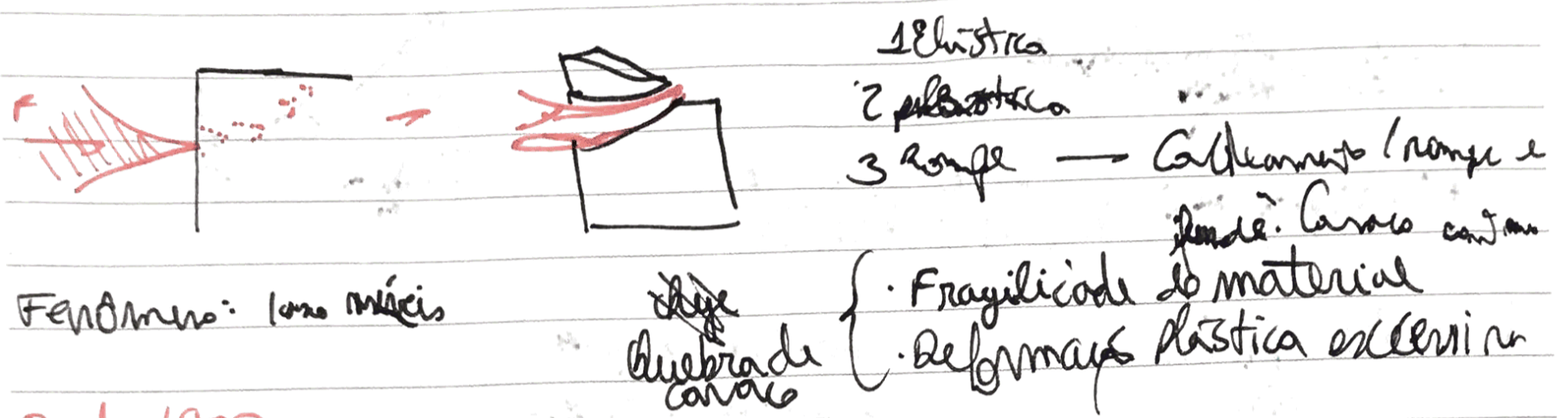
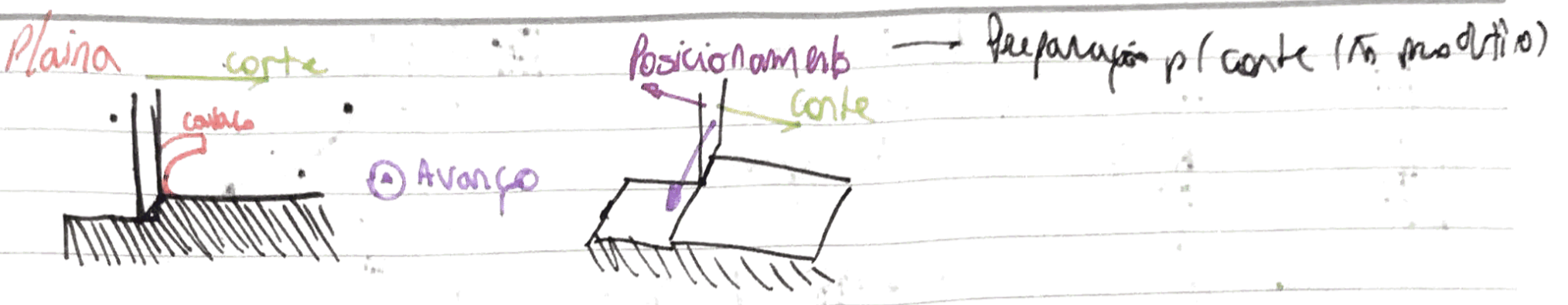


USINAGEM

• Fabricação c/ remoção de material

- Composição mov. peça e ferramenta
- Movimento de corte → Movimento relativo entre peça e ferramenta, ocorre remoção de material (≠ cavado), ex: peça gira contra ferram. // Volta
- Movimento de avanço → Movimento relativo entre peça e ferramenta garante continuidade da remoção de cavado



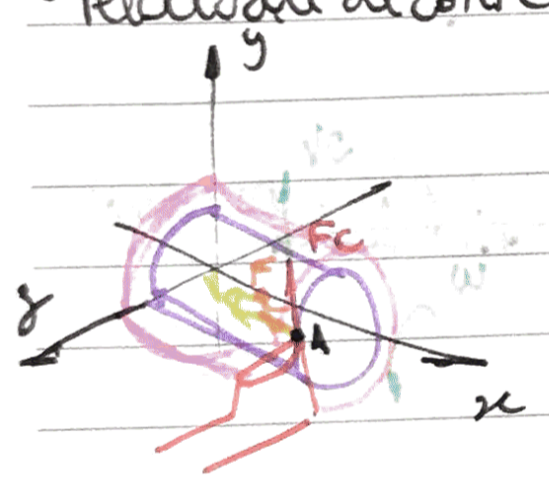


- 1 Elástica
 - 2 plástica
 - 3 Rompe → Cedimento (rompe e desce. Carro continua)
- Fragilidade do material
 • Deformação plástica excessiva

Desde 1990

MEF → Novo desenho de ferr. de corte
 ↳ Usinagem de alto desempenho

• **Velocidade de corte:** Velocidade de 1 ponto da aresta de corte seguindo o movimento principal de corte. Relativo à peça



• **Velocidade de avanço:** Velocidade de 1 ponto da aresta de corte, relativa à peça. Segundo movimento de avanço

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

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

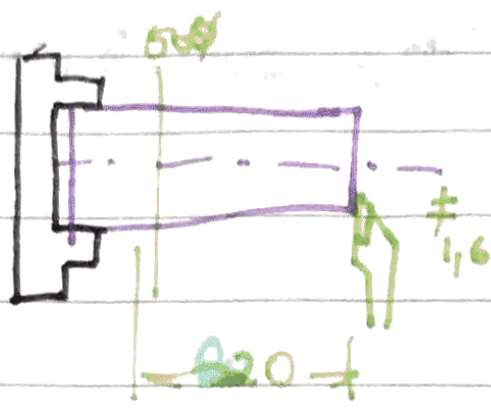
$$N_c = F_c \cdot V_c$$

$$N_a = F_a \cdot v$$

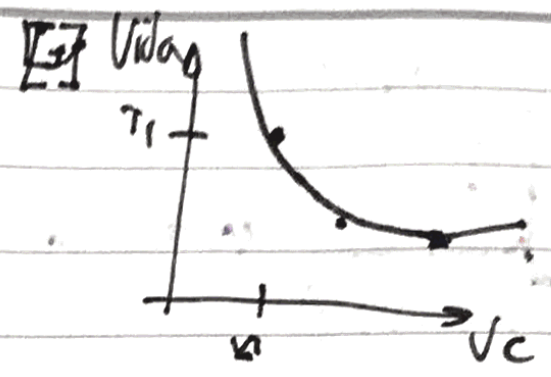
$$N_c \gg N_a$$

Velocidade de corte:

- Material da peça
 - Material da ferramenta
 - Vida
- } demais condicoes (P. cort, prof. d., avanco)

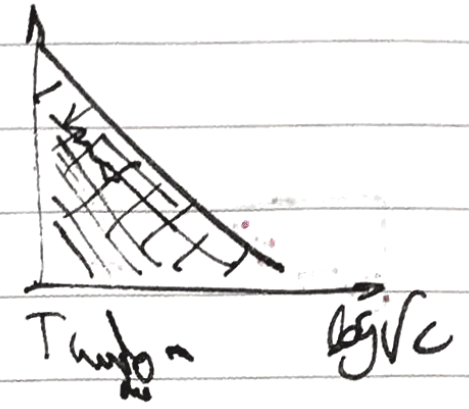


$n = 1000 \text{ rpm}$
 $= 500 \text{ rpm}$
 $= 100 \text{ rpm}$



$$V_c = \frac{\pi n d}{60} \quad \frac{d}{2} \text{ (m/s)}$$

$V_c T = Q \rightarrow$ determine optimal
 Part 96



~~Equation~~ $V_{c1} T_1 = V_{c2} T_2$

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

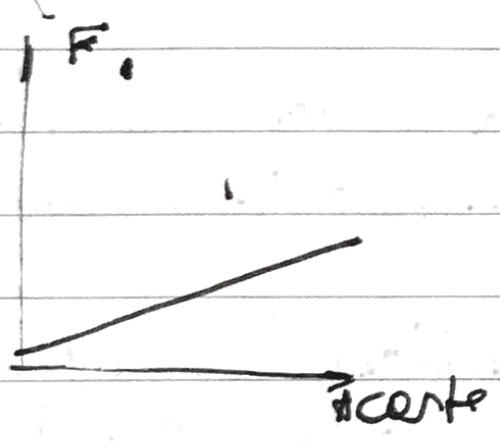
$T_1 = 60 \text{ min}$

$V_{c2} = 4 \text{ m/min}$

$T_2 = 480 \text{ min} \rightarrow V_c = 2$

$20 \cdot 60 = 40 \cdot 15$
 $R \log 60/15 = R \log 20/4$
 $\log 4$

~ krigste ~
 $F_c \sim k \cdot A$
 $A = \text{area} \cdot l \sim \text{volume}$



\rightarrow Ideal Inicial
 $V_c, \beta, a \dots \rightarrow F_c$ (Machine (Lançamento))
 \leftarrow correlaciona

der: Ferraresi Dimo - Usagem dos Metais

Ferramentas de corte

Materiais

Aço rápido

- Manter propriedades mecânicas mesmo em temperatura elevada durante o corte
- Aço: F+C (0,7 a 0,95%)
- Elem. liga: W, V, Cr (8-10%, 2-6%, 2,5-4,5%)
- Resistência ao desgaste \rightarrow tratamentos

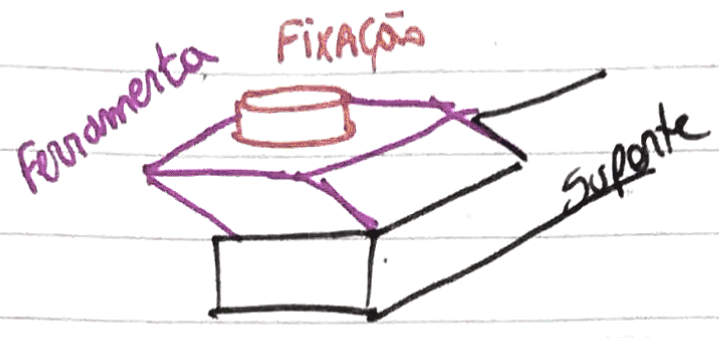
Metal duro

(final anos 30)

- Partilhas ou insertos
- Carbeto de tungstênio (vanádio e titânio)
- Norma ISO 513
- Grupo P (AZU!) - Aço
- M (Amarelo) - universal
- K (Vermelho) - POFD, Ti, ferro, min. metálicos

Metal Duro no Selegão

Sondriak/SKF



- Vantagens:
- 2x Velocidade de corte do Aço Rápido
 - Maior resistência ao desgaste
 - Maior resistência ao desgaste → possível usinagem de materiais de ↑ resistência

Cerâmicos

- Base: Alumina Al_2O_3 Velocidade 4 a 5x > que metal duro (mesma vida)
 - Nem esquenta, pode dispensar
- não há máquinas que utilizem no máximo potencial da peça

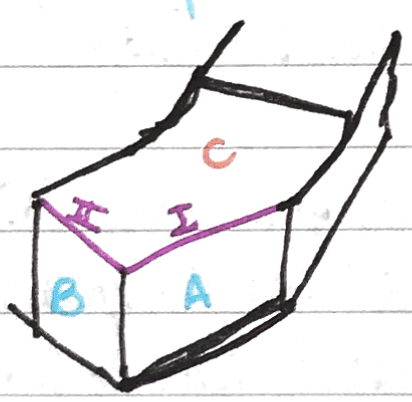
Fluido de corte

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

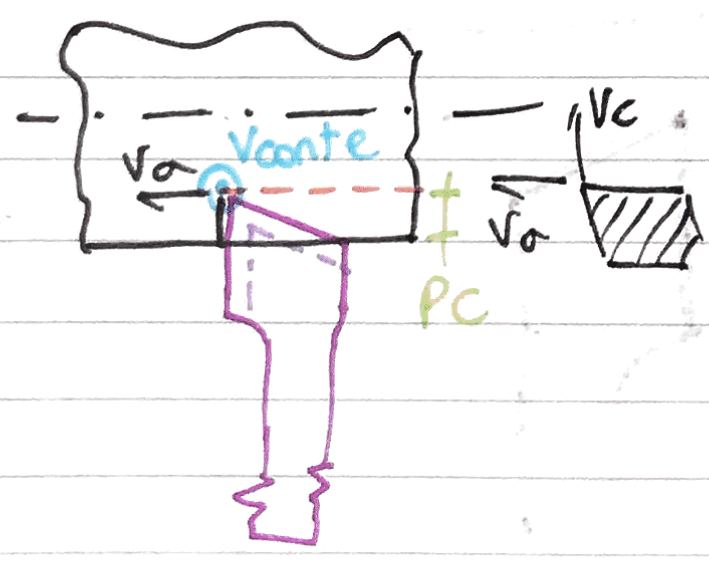
Revestimentos

- Redução de desgaste aplicado eletroquimicamente

Bit de Aço Rápido

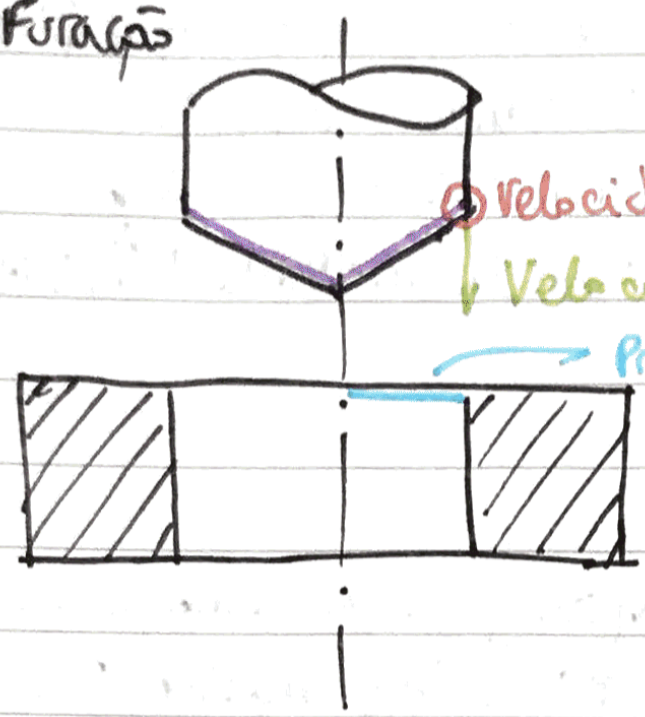


- I - Aresta principal de corte
- II - Aresta secundária de corte
- B - Superfície topo
- A - Superfície lateral
- C - Superfície de saída



- Plano de trabalho v_c e v_a
- Profundidade de corte:
 - \perp plano de corte ($\perp v_c$ e v_a)
 - quanto ferramenta entra na peça

Furacões



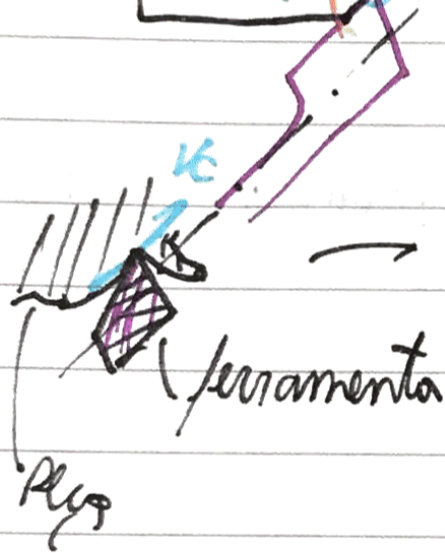
v Velocidade de corte (saindo da balsa)
v Velocidade de avanço
→ Profundidade de corte (\perp v e v_a)

Norma DIN 6580

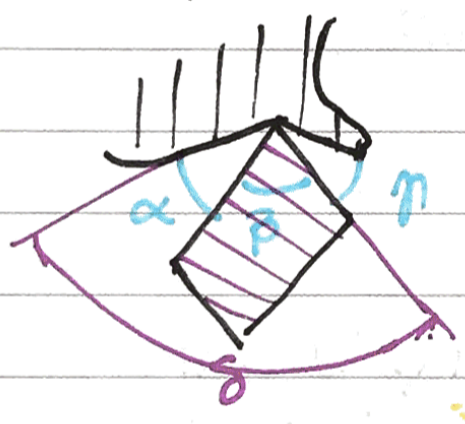
• Usinagem - Definições



X → ângulo de posição no plano \perp ao de trabalho
 ângulo entre aram e aresta de corte



Plano de medidas contém v e \perp à direção da aresta principal de corte.



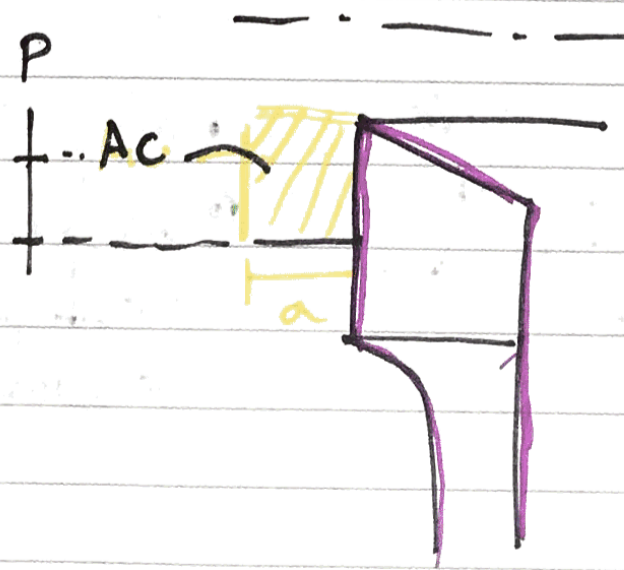
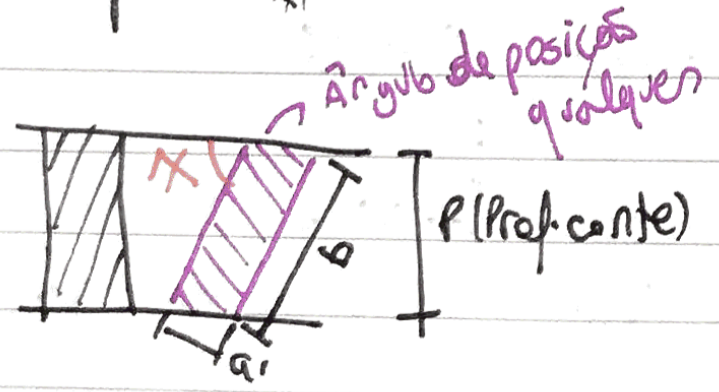
P Posição da ferramenta.
A Ajustável

- β → Ângulo (de corte ou) afiação
 & Ângulo que fazemos ao afiar
- α → Ângulo de incidência (ajustável na máquina)
- ϕ → Ângulo de usinagem (ou corte)
- γ → Ângulo de saída ou desprendimento (ajuste e ou características da ferramenta)

Kienzle → constante do material?*

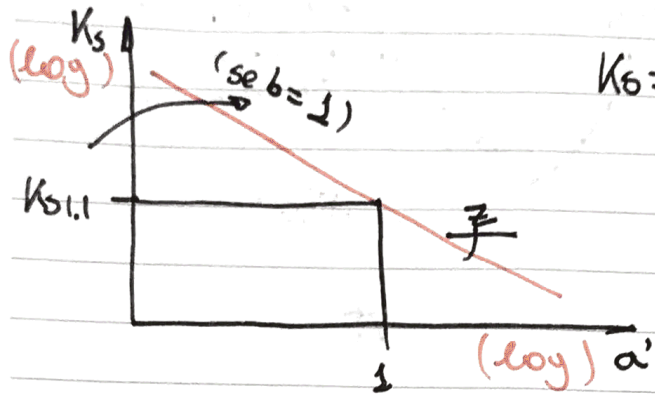
$F_r = k_s \cdot A_c$

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



$b = \text{largura de corte} = P / \sin \alpha$
 $a' = a \sin \alpha$

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



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

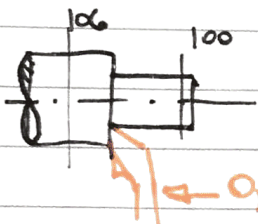
Constante

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

Avanço $\cdot \sin \chi$ (Exponencial de corte)
 Profundidade de corte / $\sin \chi$ [mm]
 Pressão específica de corte [N/mm²]
 Força de corte

* Unidade? Não lei física!
 É Aproximação Experimental!

Exemplo



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

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

$0,3 \text{ mm/volta} = a$

Cup médio C em usinagem de metal duro

• $F_c?$

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

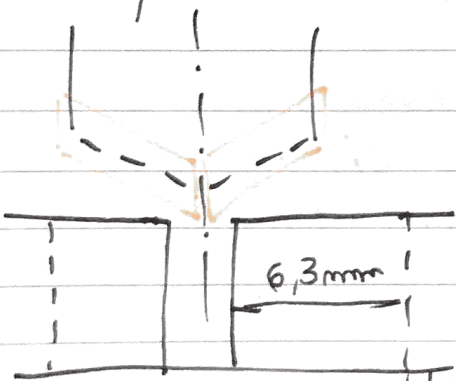
• $n = a = 0,3 \text{ mm}$
 • $K_{s1.1} = 211 \text{ kgf/mm}^2$
 • $(1-z) = 0,83$

• Pot? $N = \vec{V}_c \vec{F}_c \rightarrow N = 32 \text{ kW}$

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

$F_c = 2330 \cdot 0,8 = 22857 \text{ N}$

Furação - Broca de Metal Duro



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

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

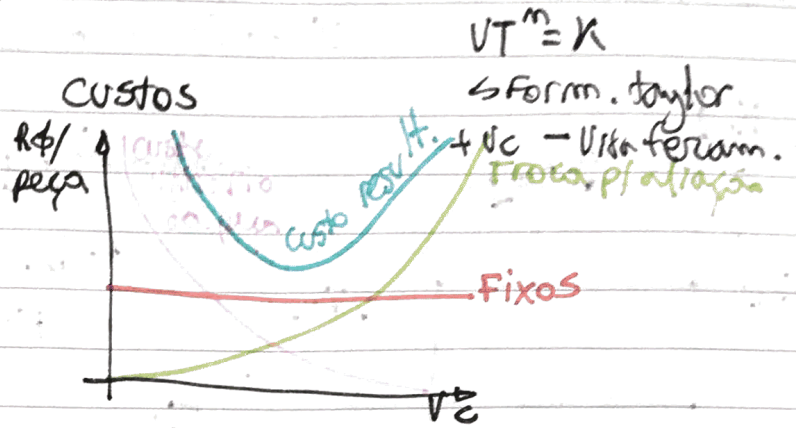
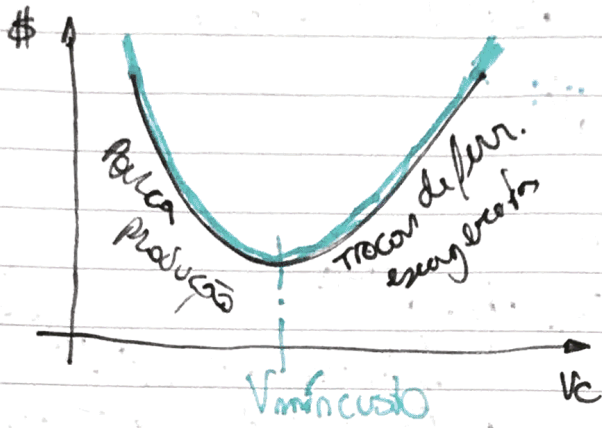
$1-z = 0,83$

$211 \text{ kgf/mm}^2 = K_{s1.1}$

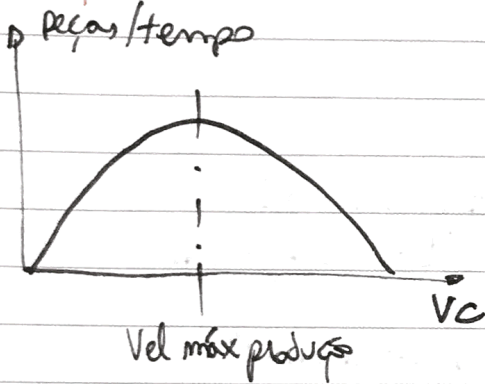
$F_c = 211 \cdot 6,3 \cdot 0,02^{0,83}$

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

Velocidades de mim custo e máx produção



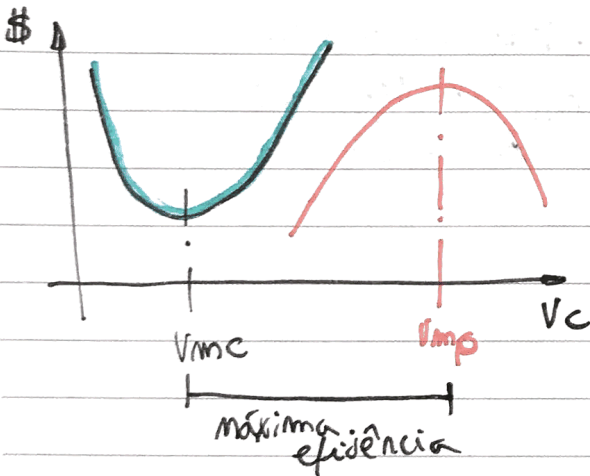
Produção



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

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

Velocidades do intervalo de máxima eficiência



$$T_{mp} = (1/m - 1) [T_{fe} + T_{fa}]$$

↳ Máx Produção

$$T_{mc} = \frac{60(1/m - 1)}{S_m + S_{m'}} k_{ft} + (1/m - 1) [T_{ft} + T_{fa}]$$

↳ mínimo custo

$m \Rightarrow$ Exponente da expressão de Taylor

$$V_1 T_1^m = V_2 T_2^m$$

$S_m \Rightarrow$ Salário/hora (homem)

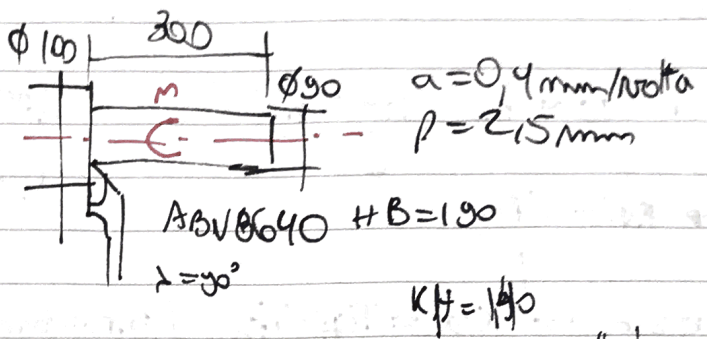
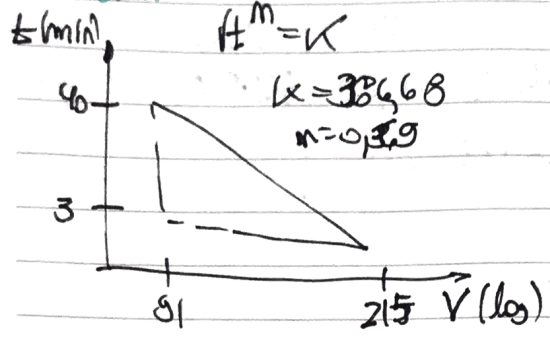
$S_{m'} \Rightarrow$ Custo/h (máquina)

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

$+T_{ft} =$ Tempo de troca

$T_{fa} =$ Tempo de afiação

Exercício:



$5m + 5m = 9,50 \text{ \$/h}$

tempo de preparo da máquina = 25 min
 Tamanho do lote: 800 peças

tempo troca ferr: 3,6 min
 Tempo de aproximação e afastamento: 0,21 min

$TMP = \left(\frac{1}{9,50} - 1 \right) (3,60 + 0,21) = 6,15 \text{ min}$; $V_{mc} = 11,5 \text{ m/min}$

$TMC = 0,0 \left(\frac{1}{9,50} + 1 \right) 1,40 + 0,135 = 23 \text{ min/h}$; $V_{mc} = 11,5 \text{ m/min}$

Maxima produção $\sim m = 590 \text{ rpm}$

\hookrightarrow rotações = $n \cdot t$, tempo de corte = t_c

Número de peças produzidas: $n \cdot t = 590 \cdot 0,72 = 424,8$ $T_{mp} = \frac{6,15}{10,5}$

Tempo por troca de peça = 0,72 min
 Tempo não produtivo = 0,72 min/peça

tempo total de confecção:
 2,61 min/peça
 Afastamento e aproximação da máquina

$P_m = 60 / t_{tc} = 27,1$
 $P_{mc} = \eta P_m = 0,85 \cdot 27,1 \rightarrow 23,0$ peças

\hookrightarrow rendimento

Mínimo Custo

$m = 365$
 $t_c = 2,05 \text{ mm/seg}$
 $N = 11 \text{ seg}$
 $t = 9,38 \text{ min/peça}$

$P_h = \frac{300}{10} = 30$ \rightarrow $P_h = 19,5$ peças
 \hookrightarrow produção horária \rightarrow corrig.

$T_p = 0,3310, 32 \cdot 1,2 = 2,62 \text{ min/peça}$

\hookrightarrow Tempo de troca

Costos

$$\text{Corte} \Rightarrow K_{oc} = \frac{t_c (S_h + S_m)}{60}$$

MC	Max P
$2,05 \cdot 8,5 / 60 = 0,29$	$121 \cdot 8,5 / 60 = 9,17$
$0,33 \cdot 286 / 60$	

$$P_{em} \Rightarrow K_{uf} = \frac{K_{fb}}{N}$$

$$\text{Tempo de troca} \rightarrow K_{rt} = \frac{T_{ft} + T_{fa}}{N} \left(\frac{S_m + S_{m'}}{60} \right)$$

$$\text{Tempo em produção} \Rightarrow t_{mp} \cdot \left(\frac{S_h + S_m}{60} \right)$$

	Mínimo custo	Máx Produções
N (q./fech)	11	5
P _{ch}	23,6	22,9
P _{h'}	19,5	23,5
K _{oc}	0,29 \$/peça	0,27 \$/pc
K _{rt}	1,40/11 \$/pc ^{9,13}	1,40/5 \$/pc ^{0,28}
K _{uf}	0,0346 \$/pc	0,102 \$/pc
K _{mp}	0,51 \$/pc	0,60 \$/pc
K _{pc}	0,52 \$/pc	0,60 \$/pc

mín custo + como por peça
 pa e ⊖ rápido

Tudo isso p/ 1 peça

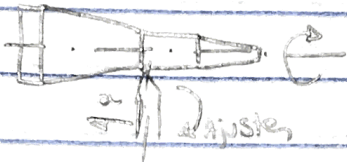
Usinagem

- Vida $VT^n = K$

- Força de Corte: $F_c = B_{su}$

- Estudo Ergonômico (mín custo e máx produção)

Torneamento: Peças de revolução | Contra-Ponta

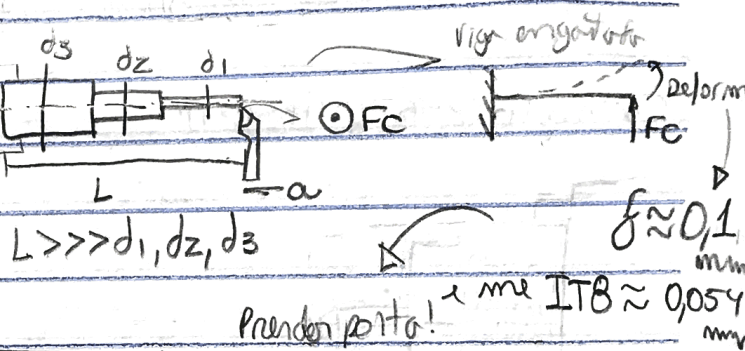
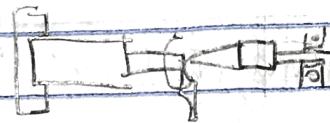
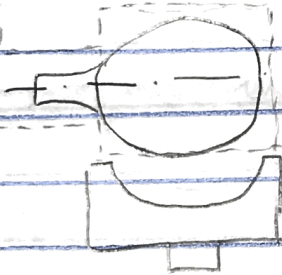


- Torção est. Aparentada

- Pisos

- Com ferramenta de forma

esferas

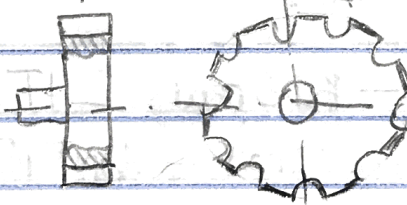
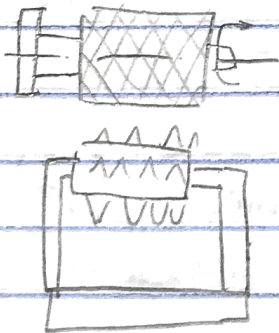


- Recartilhado

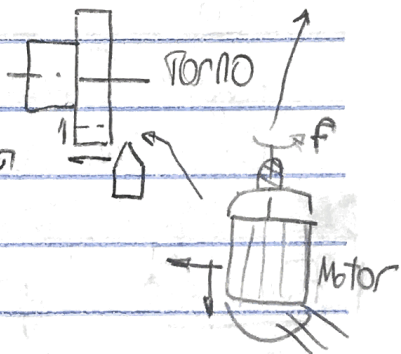
- Torneamento com

ferram. Acionada

Ferram. Acionada



- FAZER toda no torno
(Redução de tempo in produtivos)



Luneta

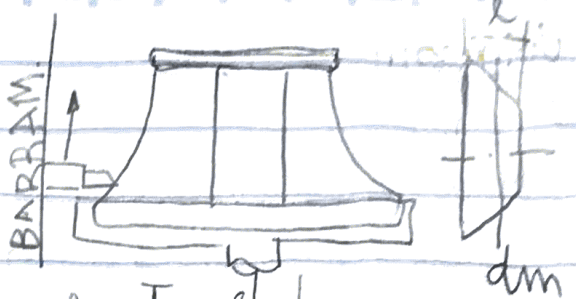


liga gira bem
 acabamento
 (100-200 rpm)

10, 200x maior l
 que ϕ

Aço inox
 fixo no
 bancamento

Torno Vertical:



m = Tomeladas
 P/ usina hidrelétrica

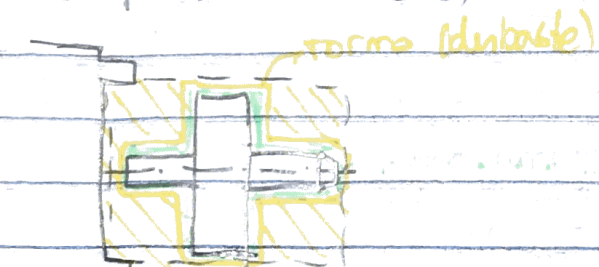
Desbaste

- ~ ferramentas de grande ϕ de velocidade
- ~ aproximação da forma

Acabamento

- ~ obtenção da forma
- ~ Dim. finais
- ~ Bisco material removido
- ~ Tolerância

Exemplo (PARÊNTESES):



feito por:
 Fundição
 Conf. plástica
 Usinagem

1:5

Faz 1000 peças/dia - R\$3 reais - IT 10

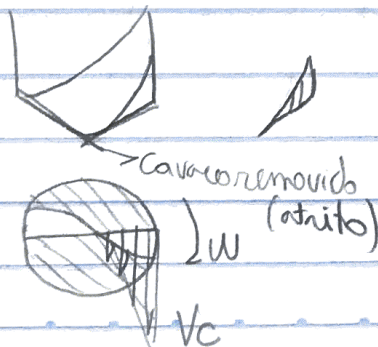
Barra laminado (Mat. prima) - ABNT 1025HR (lam. a quente)

Furação

~ brocas

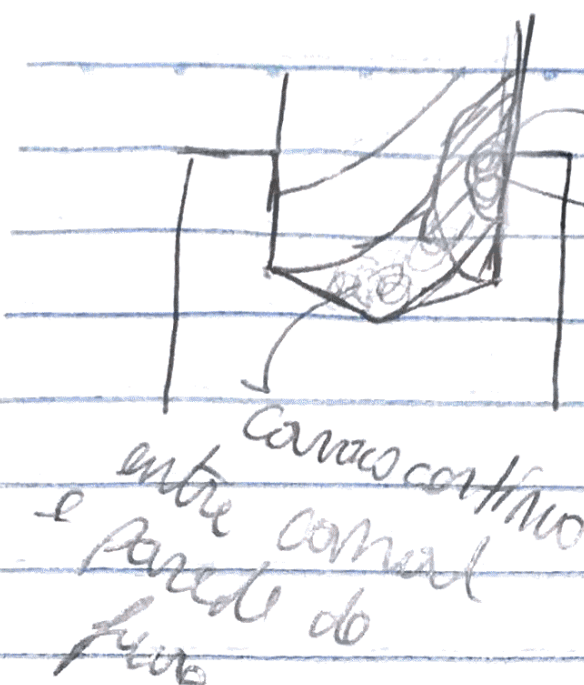
Furos maiores de ϕ menor.

~ pl no haver
 de buraco



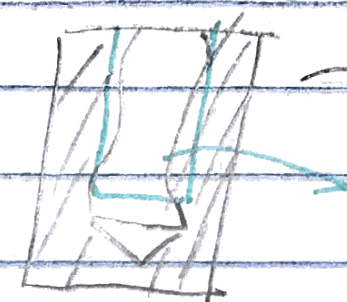
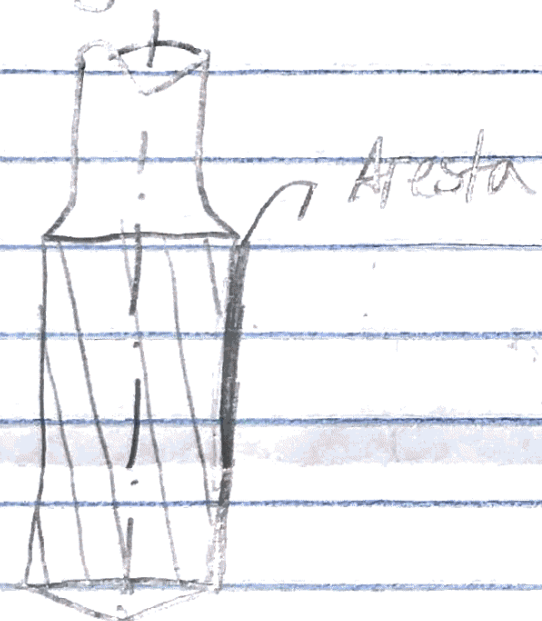
~ Larestas de corte
 ~ Agorápido





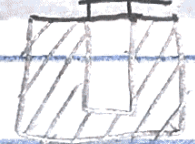
Cavacos (terbudo expulsa) → Ngeram Cavacos continuo
 Gera Fat alta (se cavaco n̄ sai)
 Cavaco trava broca e furo quebra.
 Necessario quebra de conicos.

→ Alargador (reamer) → Acabamento



Broca flamba
 uso alargador p/ deixar cilindrico (IT7 ou IT8)

∅ para ∅d H7



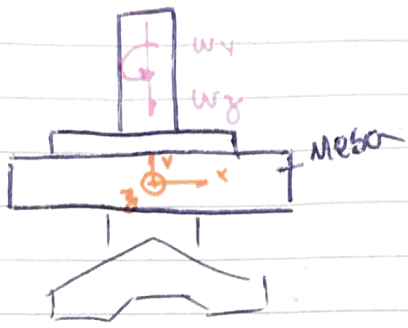
→ Fugas



∅ com tolerancia e depois presar

Fresamento

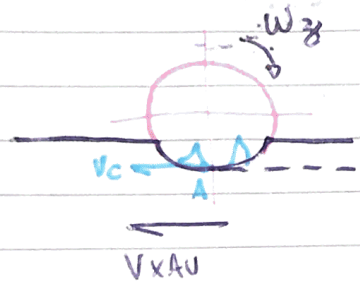
Avanços: x, y, z



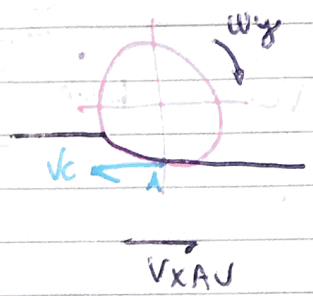
Ferramenta (corte)

- Topo
Rotação em torno do eixo dy
- Paralelo ou circular
Rotação em torno do eixo \parallel a z

- Concordante

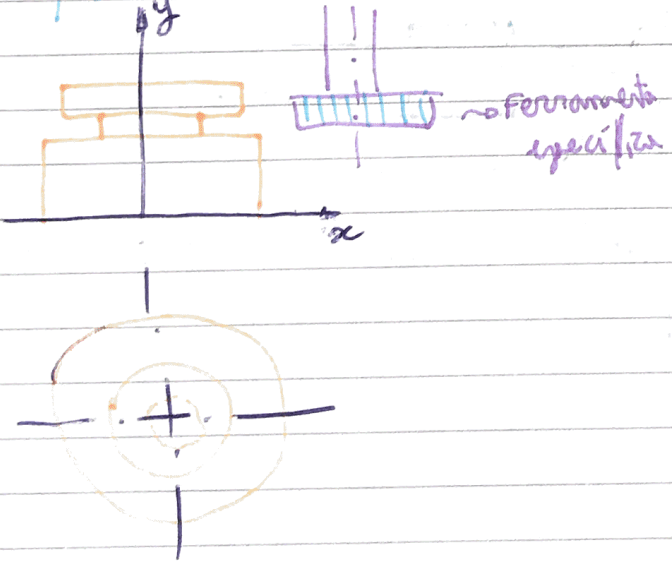


- Discordante



Desbaste
Acabamento

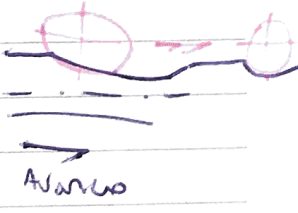
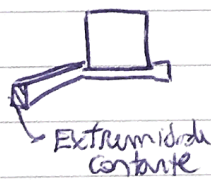
Como fabrico?



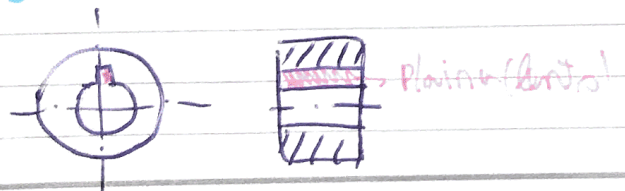
Ferramentas de forma



Fresa módulo
+ Engenharia de
ferramentaria



Raio de chaveta?



- Flocos c/ superfície

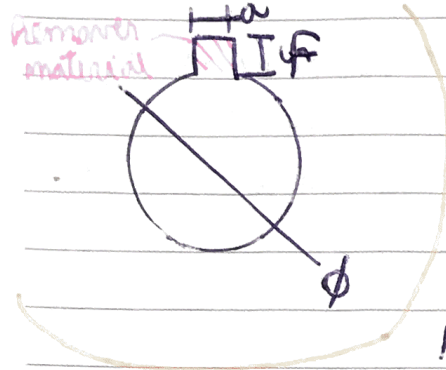
- Euton: Avanço lento

Movimento único como?

Plano de chaveta: ferramentas com múltiplos arestas de corte

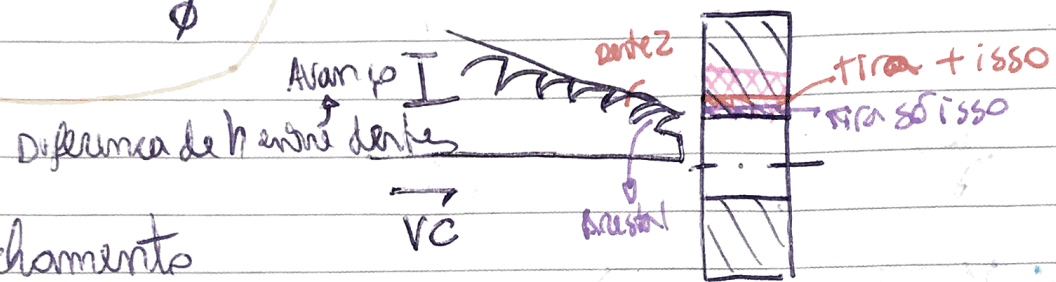
$$F_c = K_{s,1} \cdot b \cdot h^{(1-z)}$$

Movim. simo \rightarrow Múltiplos arestos



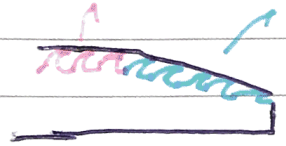
Aresta única: $b \rightarrow a$
 $h \rightarrow f$ \rightarrow Volume de Conos é enorme

Plano de Múltiplos arestos

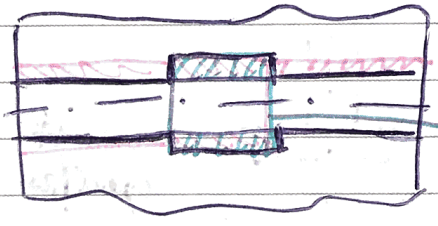


Brochamento

Acabamento x Desbaste

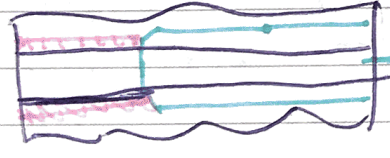


Saída de cavaco?
 Acumula no interior do vão dos dentes
 \rightarrow Saída de ferramenta



E se n precisa rasgar dos 2 lados?

Usagem saída de ferramenta



Broca (saída de ferramenta)

Torn. interno