

**Análise da eficiência energética no
processo de torneamento e medição
indireta da força de corte.**

A energia elétrica é a forma de energia predominante nos processos de usinagem, em especial aqueles definidos como “usinagem com geometria definida”.

A eficiência energética pode ser definida a partir de indicadores adimensionais baseados na relação entre a energia útil (U_U), a energia total demandada (U_T) e as perdas de energia (D_U) que ocorrem em um dado processo.

Essa relação pode ser apresentada por (η_1) ou (η_2), tal como definido nas equações 1 e 2, respectivamente.

$$\eta_1 = \frac{U_U}{U_T} \quad (1)$$

$$\eta_2 = \frac{U_T - D_U}{U_T} \quad (2)$$

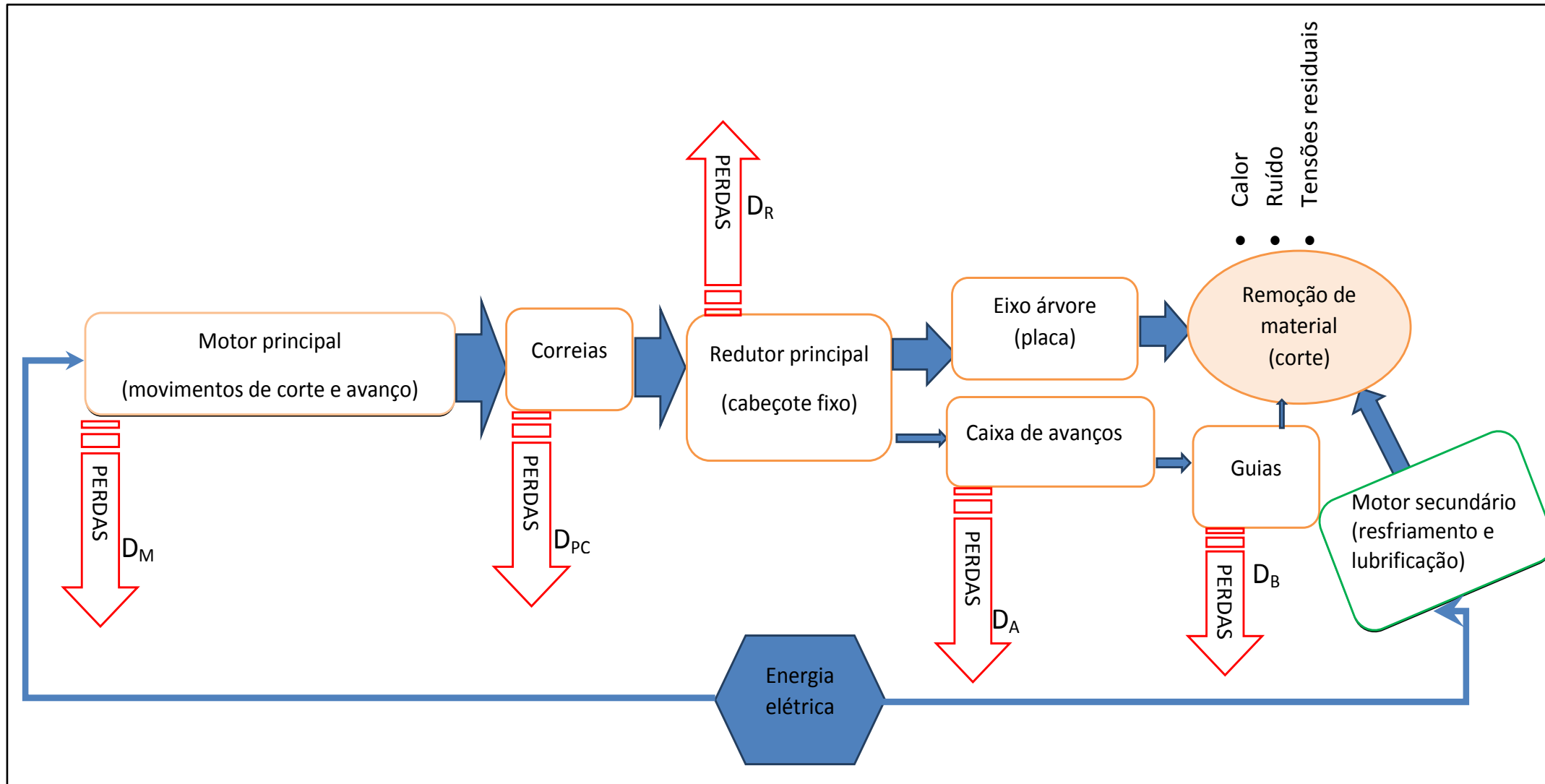
A determinação da eficiência energética de uma máquina-ferramenta demanda uma instrumentação de alta precisão e métodos que garantam sua repetibilidade e reprodutibilidade.

Não obstante, pode se fazer uma estimação dessa eficiência com boa repetibilidade e reprodutibilidade a partir de um método, e de um instrumento, razoavelmente simples, tal como mostrado a seguir.

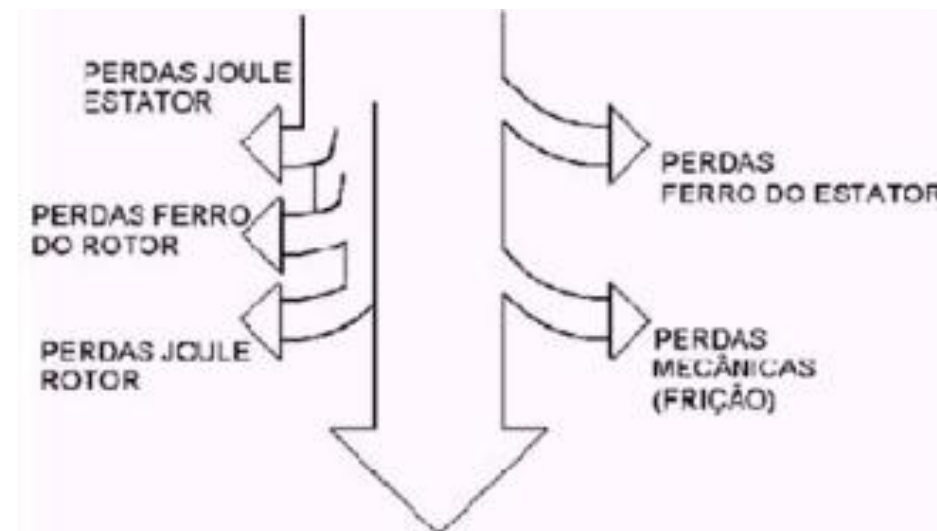
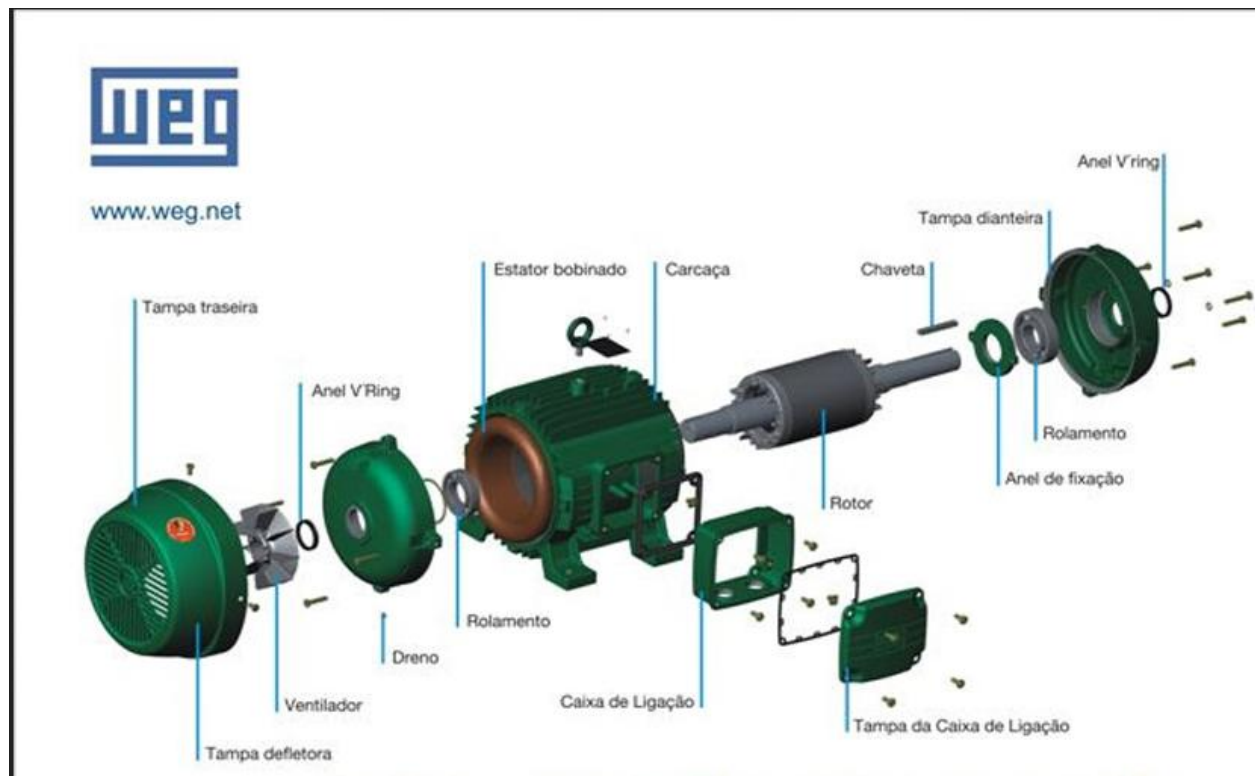
ESTUDO DE CASO: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM TORNO CONVENCIONAL



Fluxo de energia em um torno convencional



Motor elétrico



$$N_s = \frac{120f}{P}$$

As perdas por efeito Joule variam com quadrado da corrente

Motores elétricos de máquinas convencionais operam com rotação constante

Rotação do motor elétrico

A rotação síncrona (N_s) do motor é determinada pela relação entre a frequência de alimentação (f) e o número de par de polos (P).

$$N_s = \frac{120f}{P}$$

Os motores de máquinas convencionais operam com frequência constante, porém estão sujeitos a um escorregamento (S), o que afeta a sua rotação síncrona (N_s). Dessa forma, a sua rotação nominal (N_N) é dada pela seguinte expressão:

$$N_N = \left(1 - \frac{S}{100}\right) \frac{120f}{P}$$

O escorregamento varia entre 3 e 6% para a maioria dos motores comerciais e varia em função do carregamento, o que afeta a rotação

Sistema correias-polia



Fonte: Romi

Correias trapezoidais lisas são as mais utilizadas nas máquinas convencionais

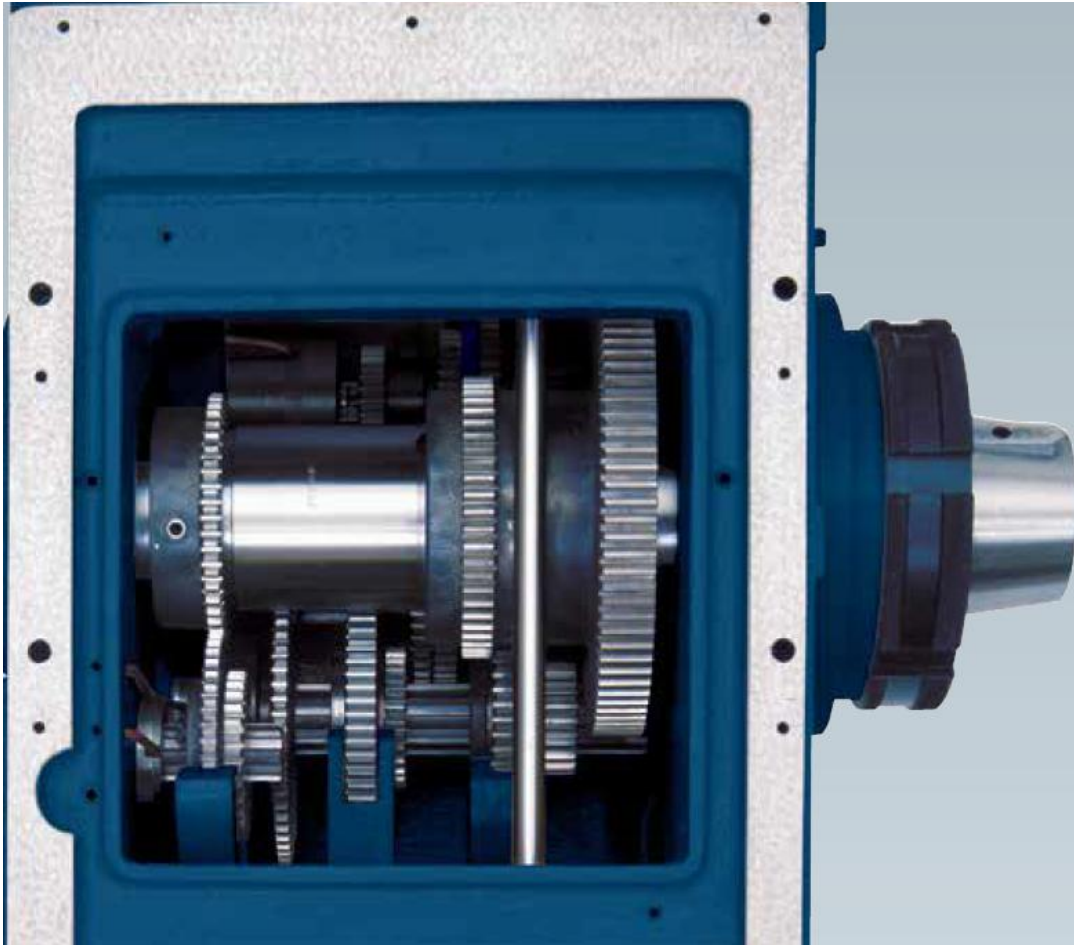
Outra alternativa: correias dentadas



Fonte: Carlisle Belts

Redutores

Principal- cabeçote fixo



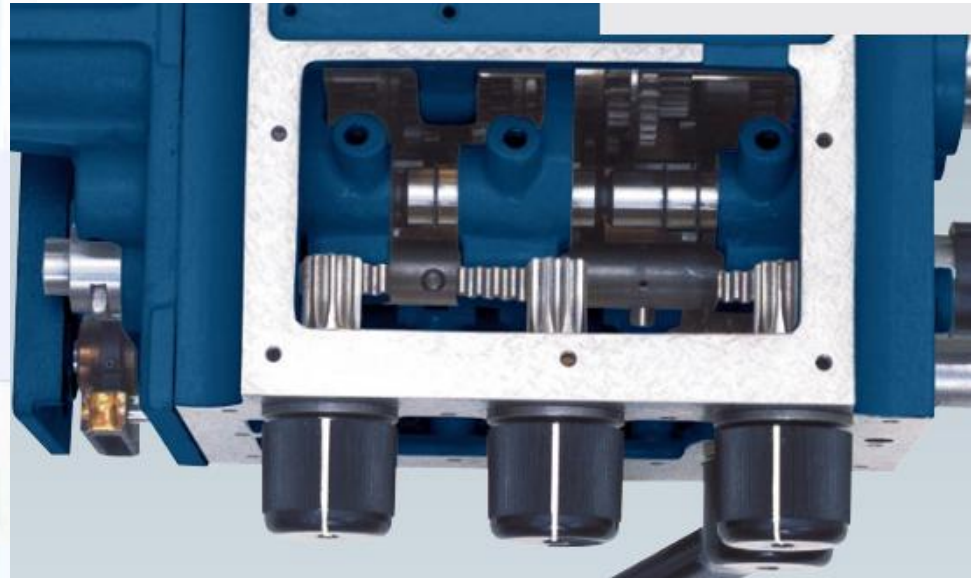
As perdas nos redutores variam com a variação do torque transferido. Maior torque: maior a perda. Essa relação pode ser considerada como linear.

Redutores auxiliares

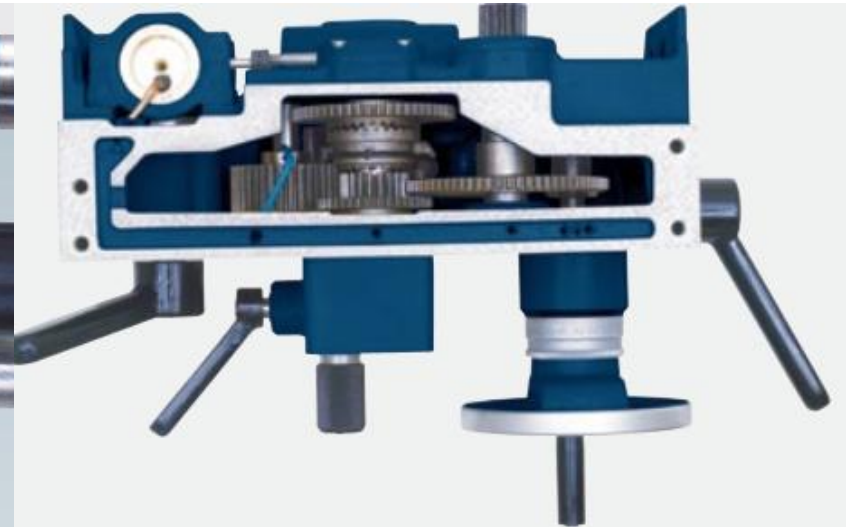
Recâmbio



Caixa de avanços



avental



Fonte: Romi

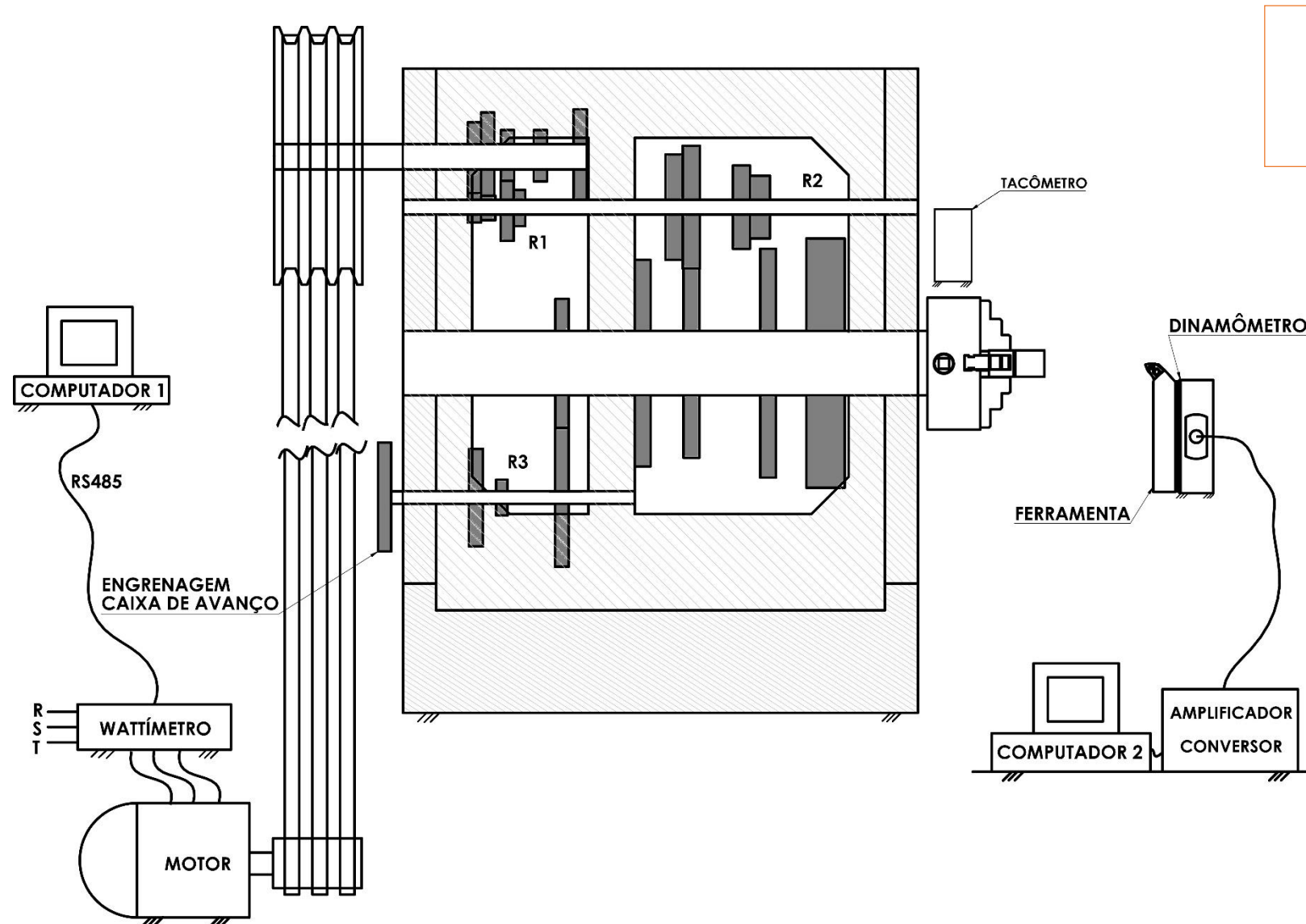
Guias

Deslizamento – guias trapezoidais



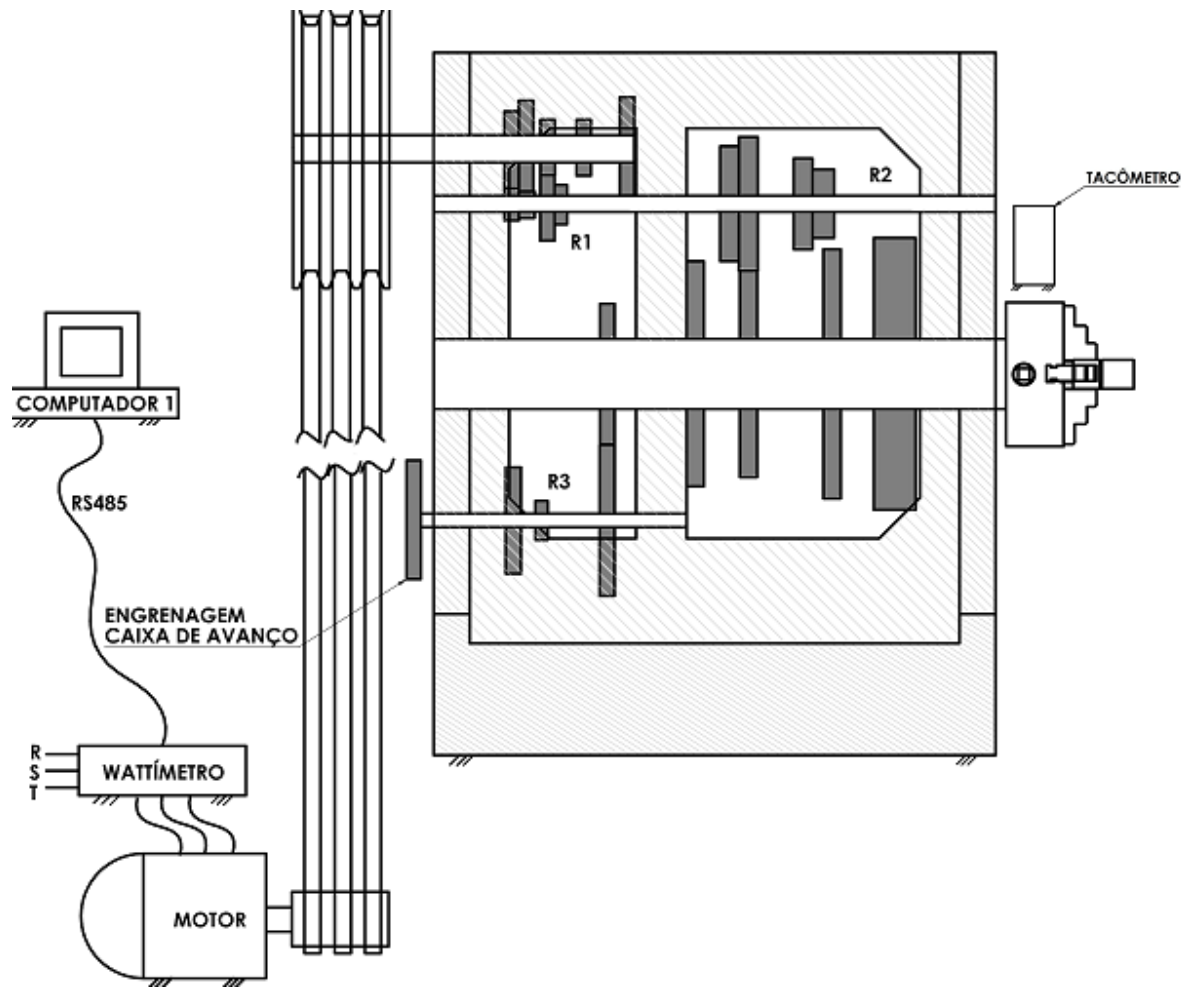
Fonte: Romi

Avaliando a eficiência pelo método 1



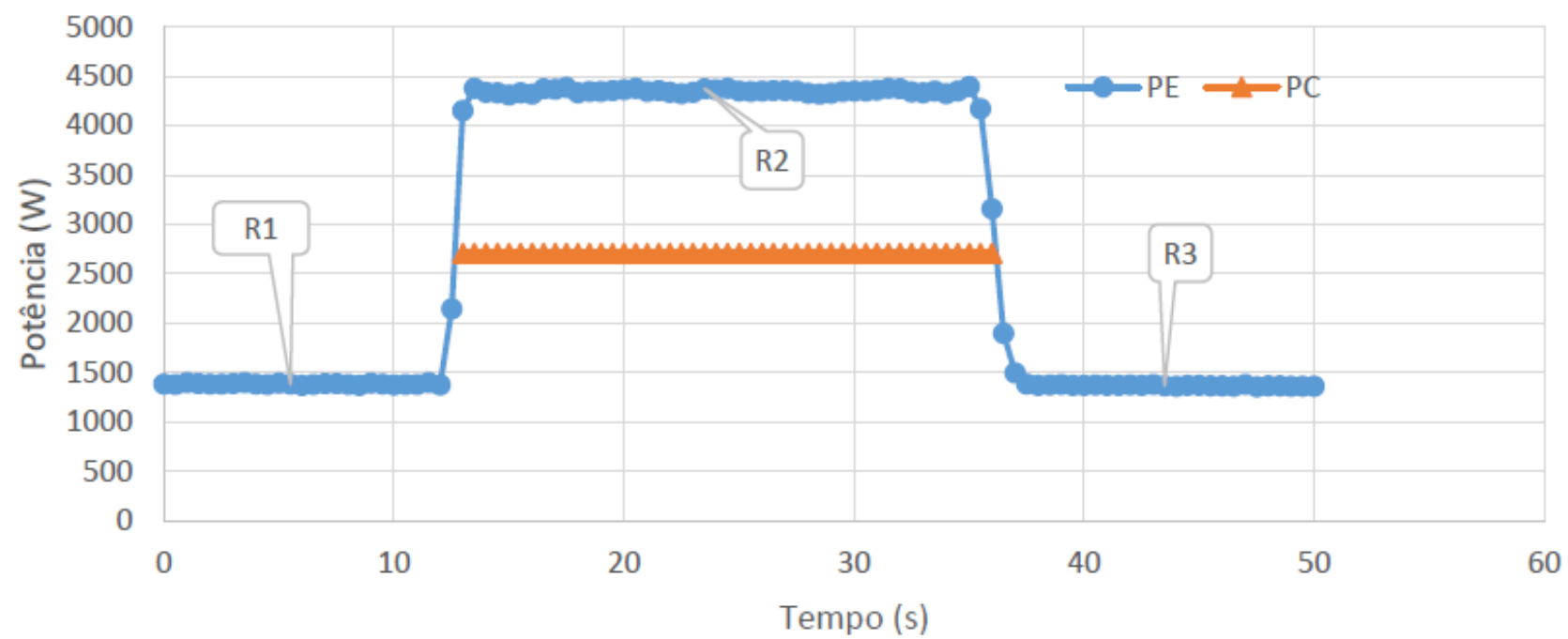
$$\eta_1 = \frac{U_U}{U_T}$$

Avaliando a eficiência pelo método 2

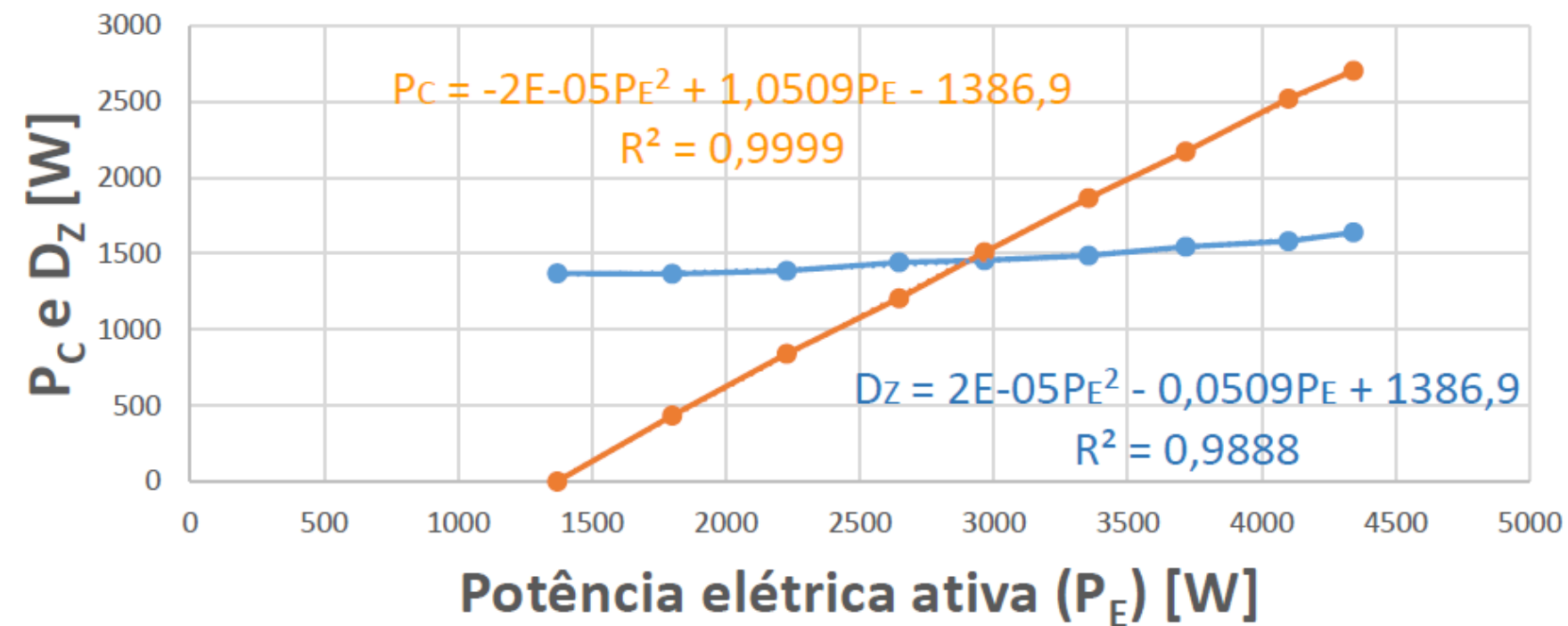


$$\eta_2 = \frac{U_T - D_U}{U_T}$$

Sem o dinamômetro !!!



Variação da potência de corte (P_C) e perdas totais (D_Z) em função da potência elétrica ativa (P_E)



Ensaio realizado no torno
do Lab. Usinagem – DEMEC

Nn = 515 rpm
f = 0,25 mm/v
Material: ABNT 1045

PE[W]	Dz (W)	Pc[W]	diff[W]
1370	1370	1370	0 ****
1799	1366	1366	433 14
2227	1385	1385	842 34
2647	1443	1443	1204 64
2965	1455	1455	1510 80
3353	1487	1487	1866 121
3717	1544	1544	2172 163
4100	1580	1580	2520 216
4342	1639	1639	2704 254

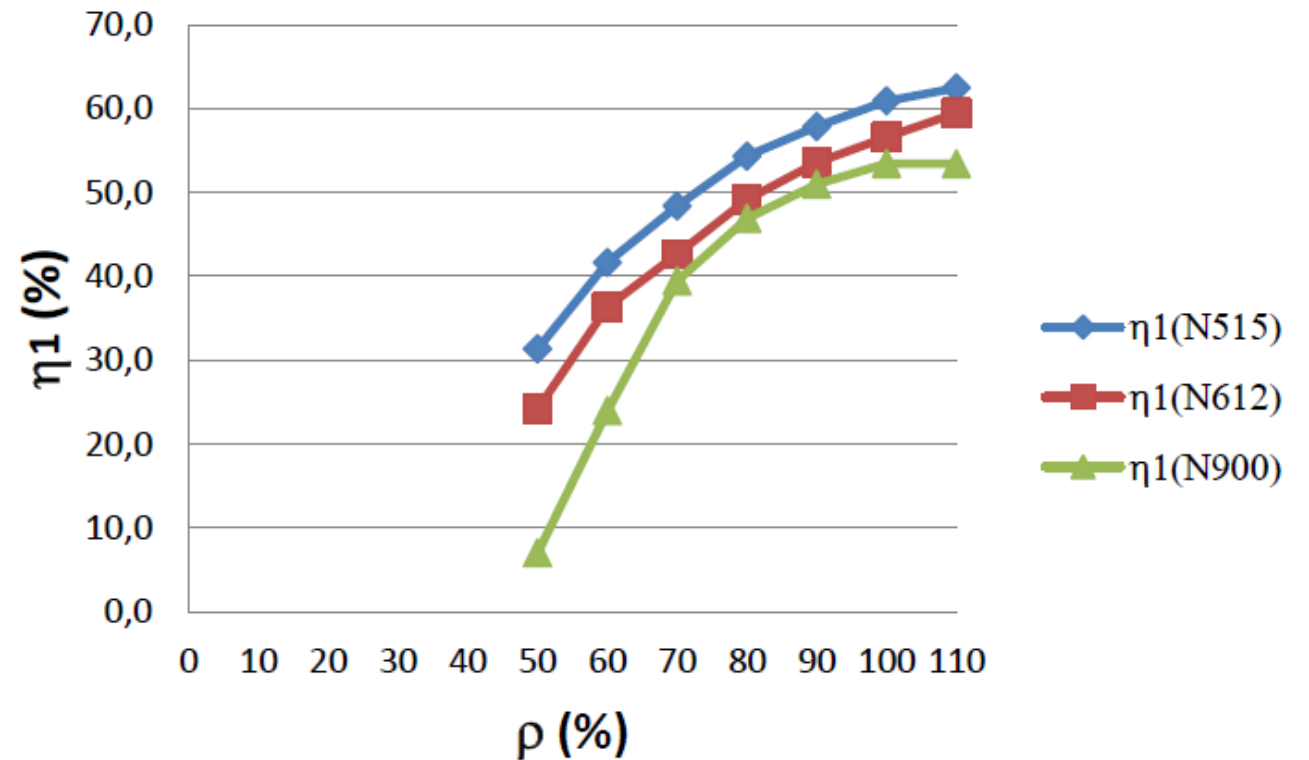
EM RESUMO....

A eficiência (rendimento) de uma máquina-ferramenta convencional varia em função do engrenamento (rotação) selecionado e do carregamento (potência de corte) aplicado .

A potência elétrica do motor principal pode ser determinada se o valor da eficiência e do carregamento (potência de corte) forem conhecidos

$$P_E = \frac{P_C}{\eta}$$

Ensaio realizado no torno do Lab. Usinagem – DEMEC
Variação da eficiência (η_1) em função do carregamento (ρ) para diferentes engrenamentos (N)
 $f = 0,25 \text{ mm/v}$
Material: ABNT 1045



EXERCÍCIO:

Máquina: torno mecânico convencional

Motor: CA Trifásico – 4 polos – 220V – 4kW

Porta-ferramenta: MWLNR 2020 K06 – ($\kappa = 95^\circ$)

Pastilha: WNMG060404 – ($\gamma = -5^\circ$; $\varepsilon = 80^\circ$) em metal duro

Material: Aço ABNT 1045 ($K_{s1} = 1650 \text{ N/mm}^2$; $1-Z = 0,75$)

Rotação (já corrigida pelo escorregamento) 541 rpm

Avanço: 0,25 mm/v

Dia. Inicial = 82mm

Dia. Final = 78mm

Questão:

Supondo que nas condições dadas a máquina apresenta uma eficiência (rendimento) = 65%, verifique se operação pode ser realizada sem que o motor ultrapasse a sua potência nominal.