

---

# Usinagem I

2016.1

Parte 3 – Aula 23

Condições Econômicas de Corte

# SELEÇÃO DE PARÂMETROS DE USINAGEM – COMO FAZER?

- ✓ Avanço
- ✓ Profundidade de Corte
- ✓ Velocidade de Corte
  
- ✓ Fluido de Corte? Como aplicado?

# Delineamento da Fabricação

O que considerar para definir os parâmetros?

- forma e dimensão da peça inicial e final;
- material a ser empregado e suas propriedades;
- quantidade de peças a serem produzidas;
- tolerâncias e acabamento superficial requerido
- custo total do processamento.

# Folha de Delineamento de Fabricação

Peça nº: 031393	Título: Alojamento da válvula	Rev. 2	Página 1 de 2			
Material: Aço Inox 416	Dimensão: 2,0 diâm. × 5,0 compr.	Projetista: MPG	Data: 13/3/XX			
No.	Operação	Dept.	Equipamento	Ferram., Gabaritos	Tempo Prepar.	Tempo Ciclo
10	Face: Desbastar e acabar no torno para $1,473 \pm 0,003$ dia. × $1,250 \pm 0,003$ comp.; Acabamento no torno para $1,875 \times 0,002$ dia.; 3 rasgos de $0,125$ larg. × $0,063$ prof.	L	325	G857	1,0 h	8,22 m
20	Face oposta: Facear para $4,760 \pm 0,005$ comp.; Tornear para $1,875 \times 0,002$ dia. furar $1,0 + 0,006 - 0,002$ dia. furo axial.	L	325		0,5 h	3,10 m
30	Furar e alargar 3 furos radiais em $0,375 + 0,002$ dia.	D	114	F511	0,3 h	2,50 m
40	Fresar rasgo $0,500 \pm 0,004$ larg. × $0,375 \pm 0,003$ prof.	M	240	F332	0,3 h	1,75 m
50	Fresar platô com $0,750 \pm 0,04$ larg. × $0,375 \pm 0,03$ prof.	M	240	F333	0,3 h	1,60 m

**FIGURA 28.4** Típico registro de atividades para especificação do planejamento do processo. (Crédito: *Fundamentals of Modern Manufacturing*, 4ª Edição por Mikell P. Groover, 2010. Reproduzido com permissão de John Wiley & Sons, Inc.)

# Aula Passada

- Fila 1
- Fila 2
- Fila 3
- Fila 4
- Fila 5
- Outros... 😞 “Escolhas fazemos todos os dias.”

# Seleção da profundidade de corte

---

## PROFUNDIDADE DE CORTE

- A profundidade de corte é predeterminada pela geometria da peça e a sequência da operação.
- Muitas vezes, o processo de fabricação requer uma série de operações de desbaste, seguida por uma operação final de acabamento.
- Nas operações de desbaste, a profundidade de corte deve ser tão grande quanto possível, dentro das limitações de potência disponível, da rigidez da máquina e de sua configuração, da resistência da ferramenta de corte, e assim por diante.
- Na operação de acabamento, a profundidade é ajustada para atingir as dimensões finais da peça.

O problema então se reduz à seleção do avanço e da velocidade de corte. Em geral, os valores desses parâmetros devem ser decididos nessa ordem: ***primeiro o avanço e, em seguida, a velocidade.***

---

# Determinação do Avanço

---

## 1) *Ferramenta:*

- Que tipo de ferramenta será usado?
- Materiais mais duros (p.ex., metal duro, cerâmica, etc.) tendem a fraturar mais facilmente que o aço rápido. Essas ferramentas normalmente são usadas com velocidades de avanço menores. O aço rápido pode tolerar maiores avanços devido a sua maior tenacidade.

## 2) *Desbaste ou acabamento:*

- Operações de desbaste envolvem avanços elevados, tipicamente entre 0,5 e 1,25 mm/rot (0,020 a 0,050 pol/rot) para o torneamento;
- operações de acabamento operam com avanços baixos, tipicamente entre 0,125 e 0,4 mm/rot (0,005 a 0,015 pol/rot) para o torneamento.

# Determinação do Avanço

---

## ***Restrições para o avanço no desbaste:***

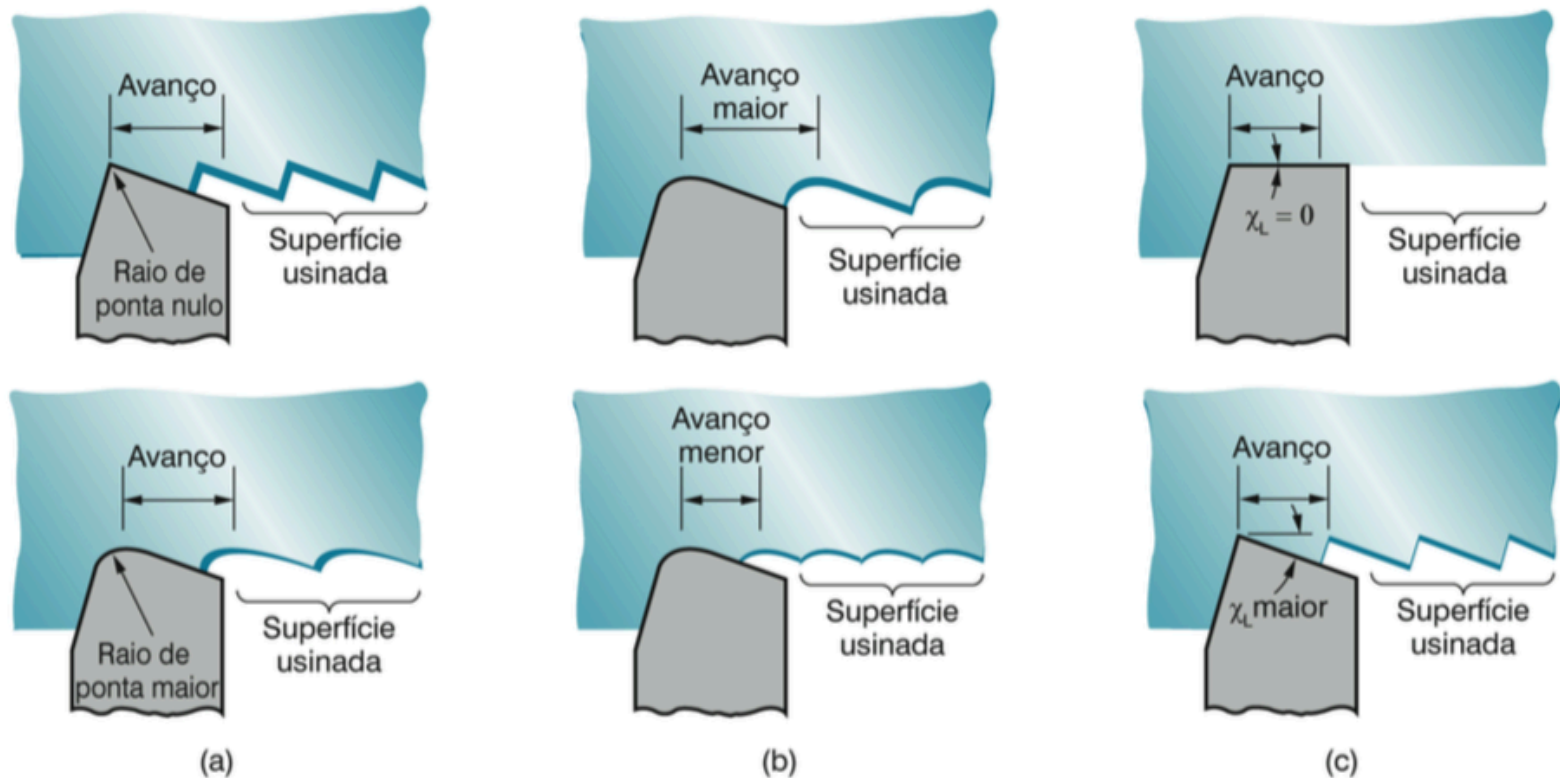
- Se a operação é de desbaste, qual é a máxima velocidade de avanço que pode ser definida?
- Para maximizar a taxa de remoção de metal, o avanço deve ser o mais alto possível.
- Os limites máximos para o avanço são impostos pelas forças de corte, rigidez da configuração do sistema, e algumas vezes da potência da máquina.

## ***Requisitos da superfície em operações de acabamento:***

- Se a operação é de acabamento, qual é o acabamento superficial desejado?
- O avanço é um fator importante no acabamento superficial e pode ser utilizados para estimar o avanço que produzirá uma rugosidade superficial desejada.

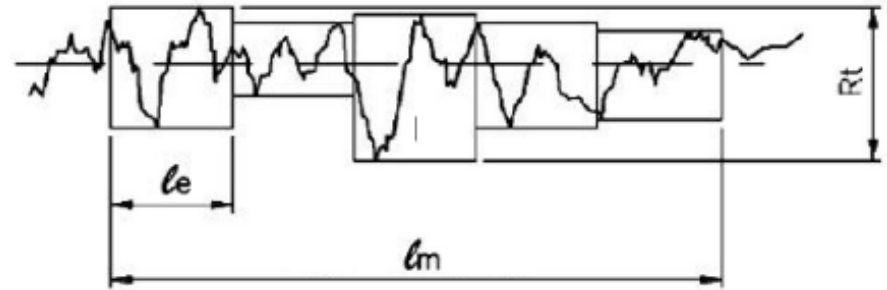
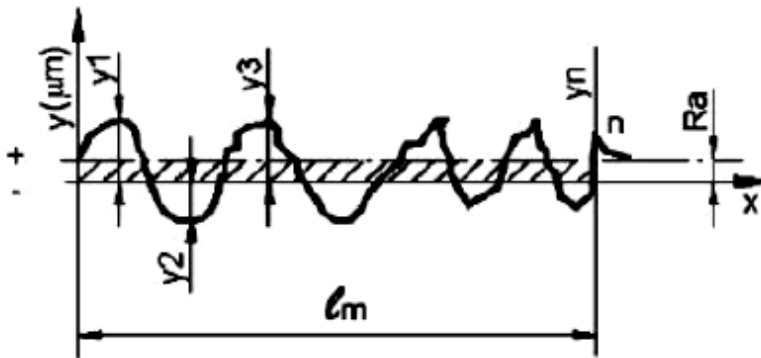


# Rugosidade

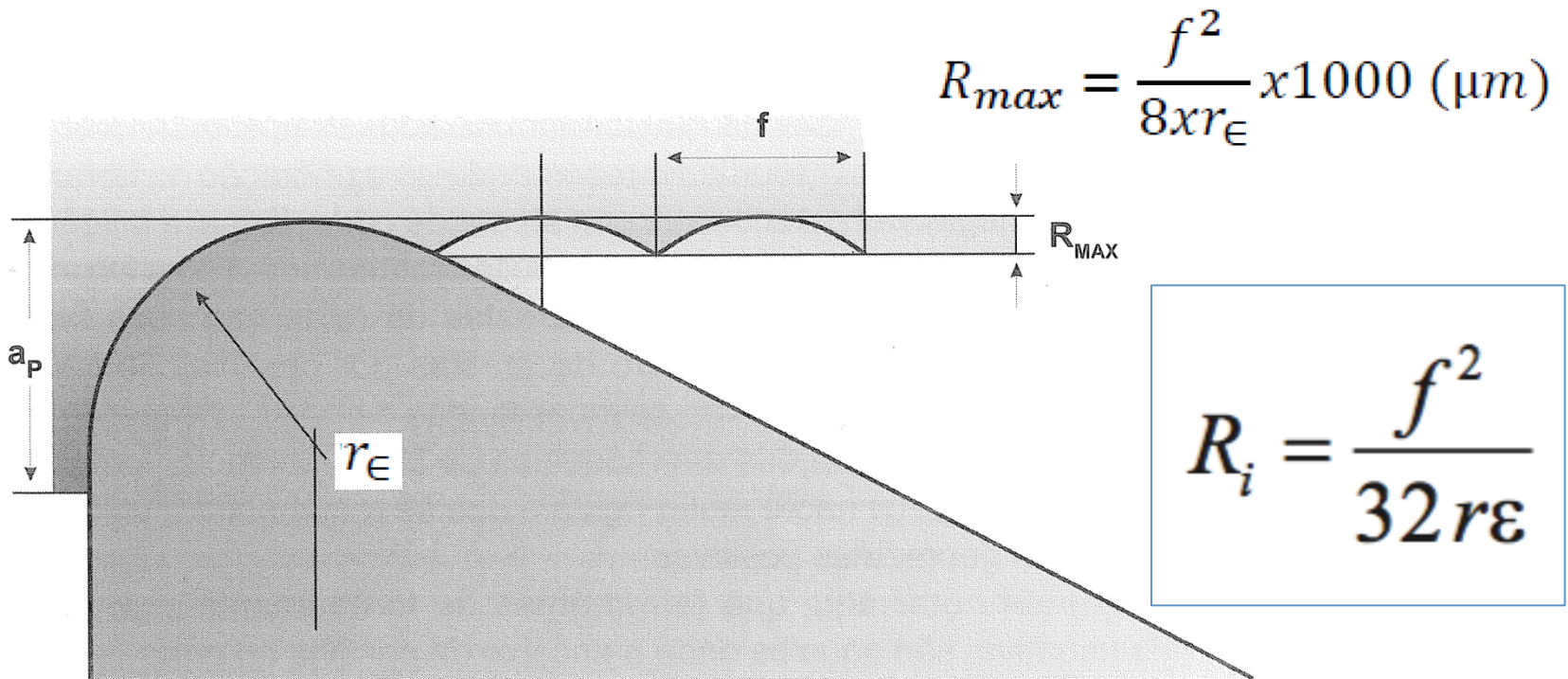


**FIGURA 16.36** Efeitos dos fatores geométricos para determinar o acabamento teórico da superfície de ferramentas monocortante: (a) efeito do ângulo da ponta, (b) efeito do avanço e (c) efeito do ângulo de posição da aresta secundária. (Crédito: *Fundamentals of Modern Manufacturing*, 4ª Edição por Mikell P. Groover, 2010. Reimpresso com permissão de John Wiley & Sons, Inc.)

# Rugosidade: Ra e Rt

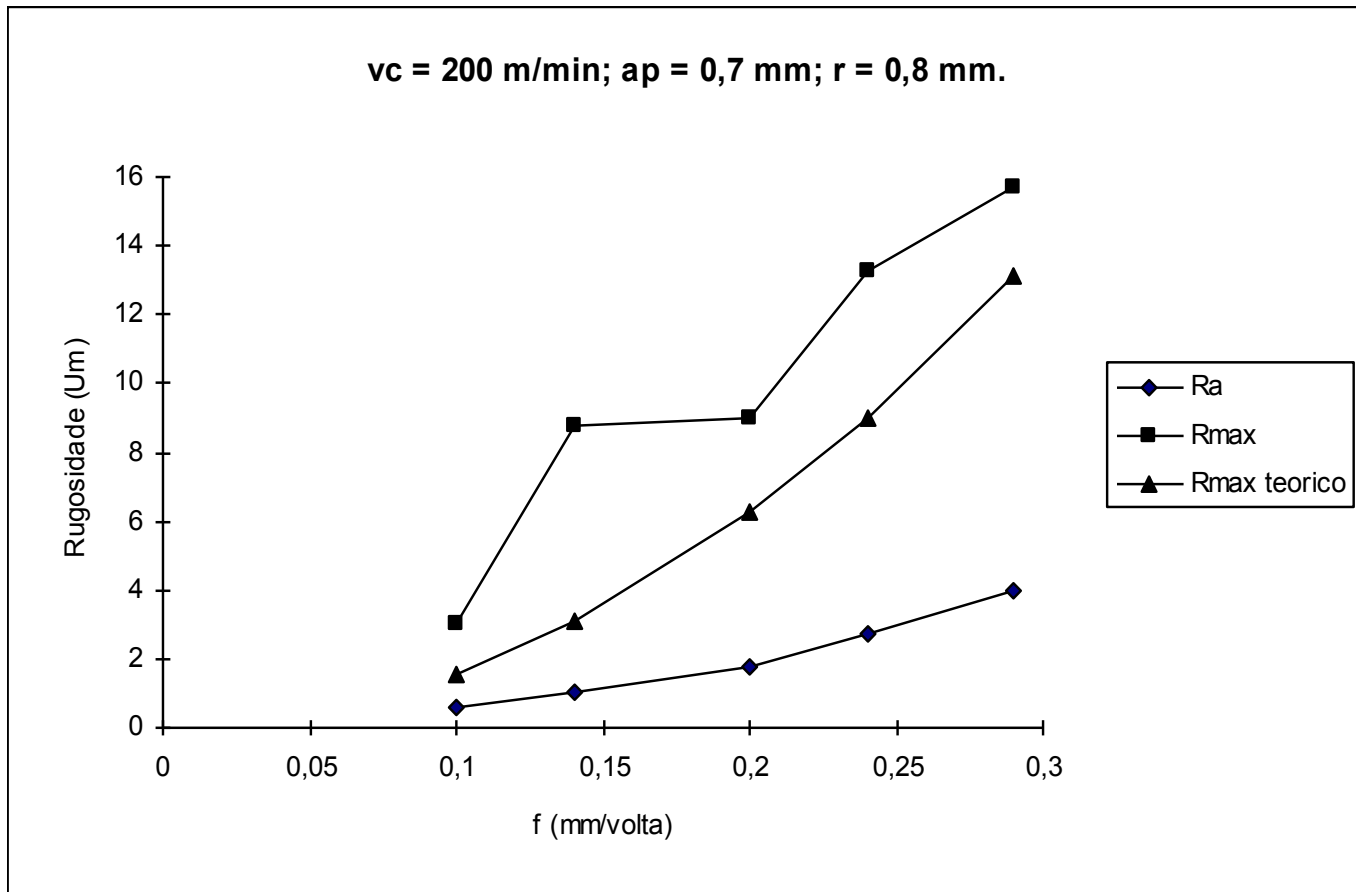


# Rugosidade Ra e Rt ( $R_{max}$ ) em função do avanço



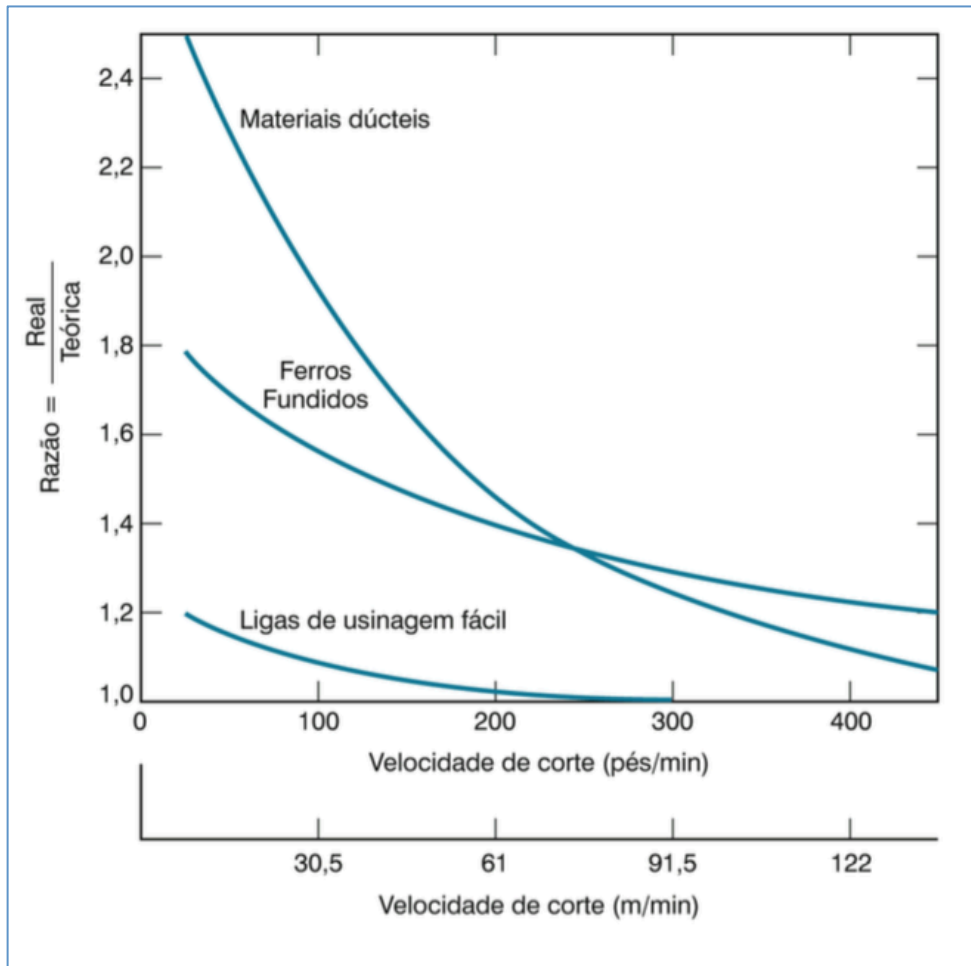
**Rugosidade teórica de uma peça torneada**

# Fatores de Influência na rugosidade



Rugosidade da Peça X Avanço  
(torneamento do Aço 4340)

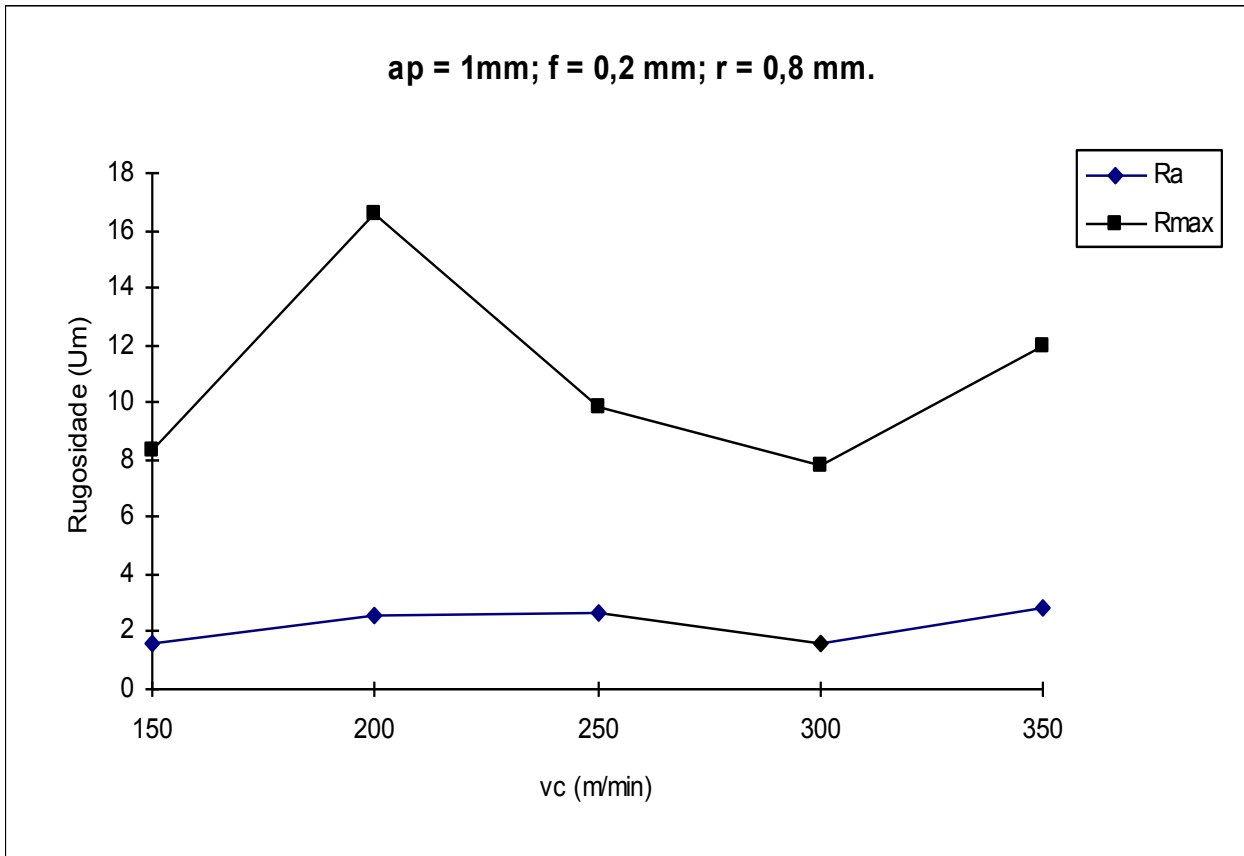
# Relação Rugosidade Real x Teórica



$$R_r = r_{ri} R_i$$

**FIGURA 16.37** Relação da rugosidade de superfície ideal e a real para diferentes tipos de materiais. Dados coletados por General Electric Co. [19]. (Crédito: *Fundamentals of Modern Manufacturing*, 4ª Edição por Mikell P. Groover, 2010. Reimpresso com permissão de John Wiley & Sons, Inc.)

# Fatores de Influência na rugosidade



Rugosidade da Peça X Velocidade de Corte (torneamento do Aço 4340)

# Exercício

## EXEMPLO 16.1 Rugosidade de Superfície

Uma operação de torneamento é realizada em um aço C1008 (um material relativamente dúctil) utilizando uma ferramenta com raio de ponta igual a 1,2 mm. A velocidade de corte utilizada foi 100 m/min, e o avanço 0,25 mm/rot. Calcule a rugosidade da superfície estimada nessa operação.

$$R_i = (0,25)^2 / (32 \times 1,2) = 0,0016 \text{ mm}$$

$$R_r = 1,25 \times 1,6 = 2,0 \text{ } \mu\text{m}$$



# Determinação da Velocidade de Corte

A seleção da velocidade de corte é baseada em fazer o melhor uso possível da ferramenta de corte.

## COMO?

Normalmente significa escolher uma velocidade que:

- proporcione uma alta taxa de remoção de metal ( $Q_{RM}$ )
- e ainda com uma vida da ferramenta o mais longa possível.



# Determinação da Velocidade de Corte

---

Pode-se determinar a **velocidade ótima de corte** para uma operação de usinagem, uma vez que o tempo e os vários componentes de custo da operação sejam conhecidos (W. Gilbert), o que é conhecido por:

***“condições econômicas em usinagem”***

Pode-se calcular a velocidade de corte ótima segundo dois objetivos:

- (1) a taxa de produção máxima, ou
- (2) o custo unitário mínimo.

Ambos os objetivos procuram alcançar um equilíbrio entre a taxa de remoção de material e a vida útil da ferramenta, e se baseiam na equação de Taylor para a vida da ferramenta, que é aplicada à ferramenta utilizada na operação, assim como ao avanço, à profundidade de corte e ao material usinado.

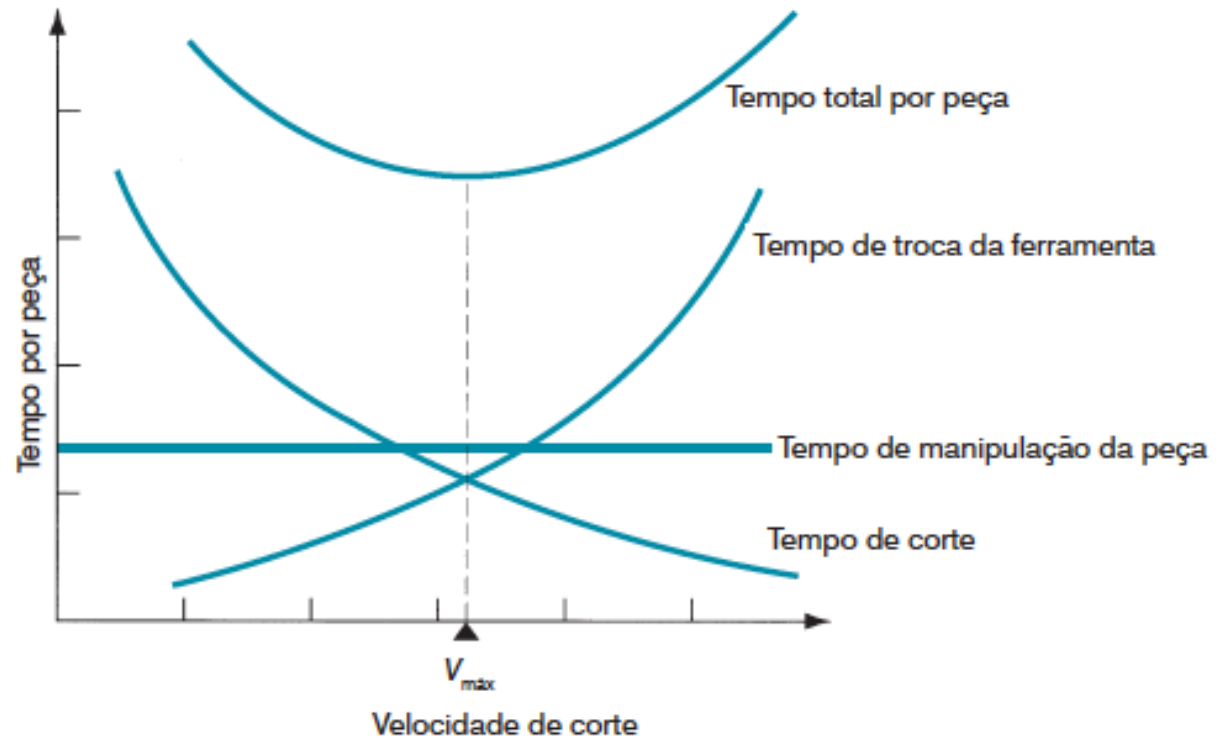
---

# Como determinar a melhor faixa de Velocidade de Corte?

# Tempos Utilizados para Usinagem

- Tempo de Manipulação -  $T_m$
- Tempo de Corte -  $T_c$
- Tempo de Troca da Ferramenta -  $T_{tf}$

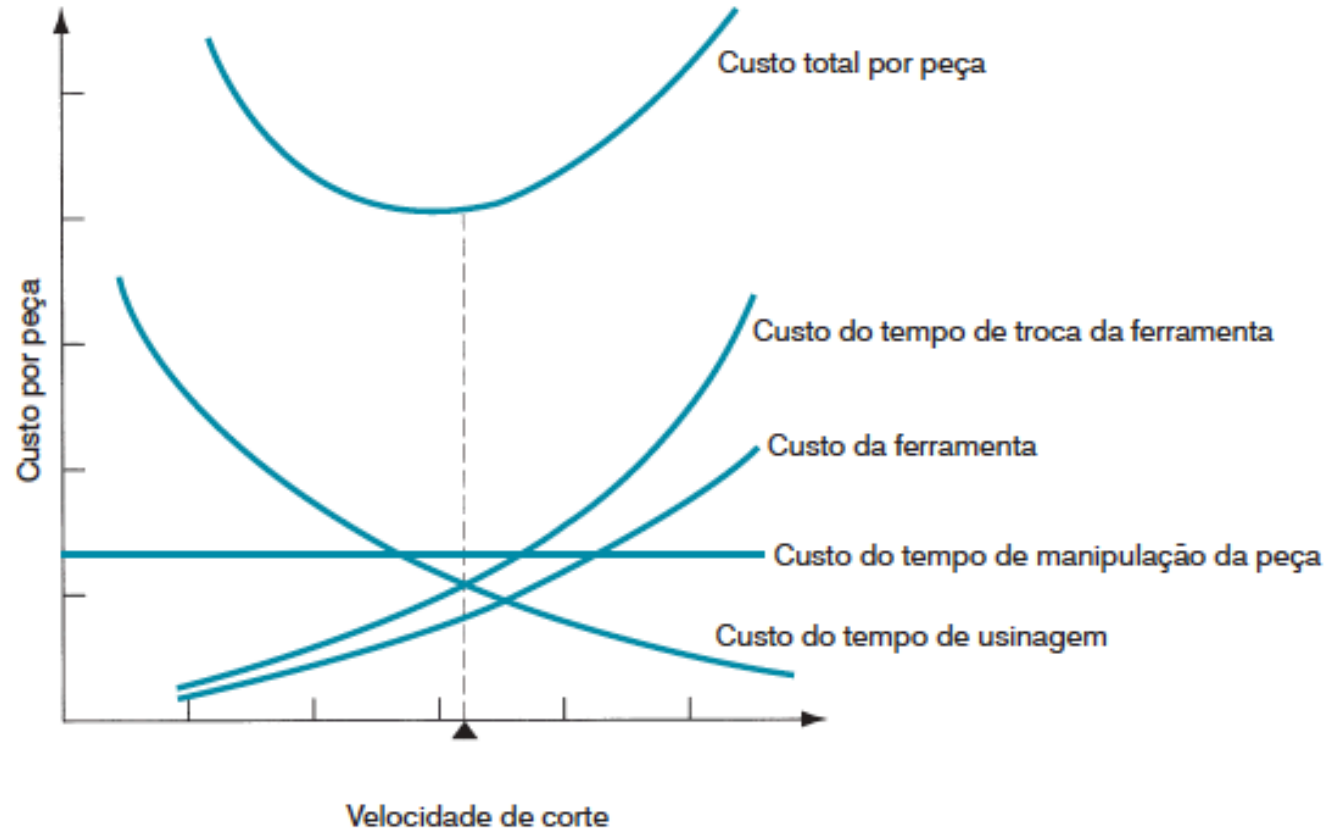
**FIGURA 17.13** Representação das componentes de tempo em um ciclo de usinagem em função da velocidade de corte. O tempo total do ciclo por peça é minimizado para um determinado valor da velocidade de corte, chamado velocidade de máxima produção. (Crédito: *Fundamentals of Modern Manufacturing*, 4ª Edição por Mikell P. Groover, 2010. Reimpresso com permissão de John Wiley & Sons, Inc.)



# Custos de Usinagem

- Custo da Ferramenta -  $C_f$
- Custo do Tempo
  - Custo do Tempo de Manipulação -  $CT_m$
  - Custo do Tempo de Corte -  $CT_c$
  - Custo do Tempo de Troca da Ferramenta -  $CT_{tf}$

**FIGURA 17.14** Componentes do custo de uma operação de usinagem em função da velocidade de corte. O custo total por peça é minimizado para um determinado valor da velocidade de corte, denominado velocidade de mínimo custo. (Crédito: *Fundamentals of Modern Manufacturing*, 4ª Edição por Mikell P. Groover, 2010. Reimpresso com permissão de John Wiley & Sons, Inc.)



# Velocidade de Máxima Produção

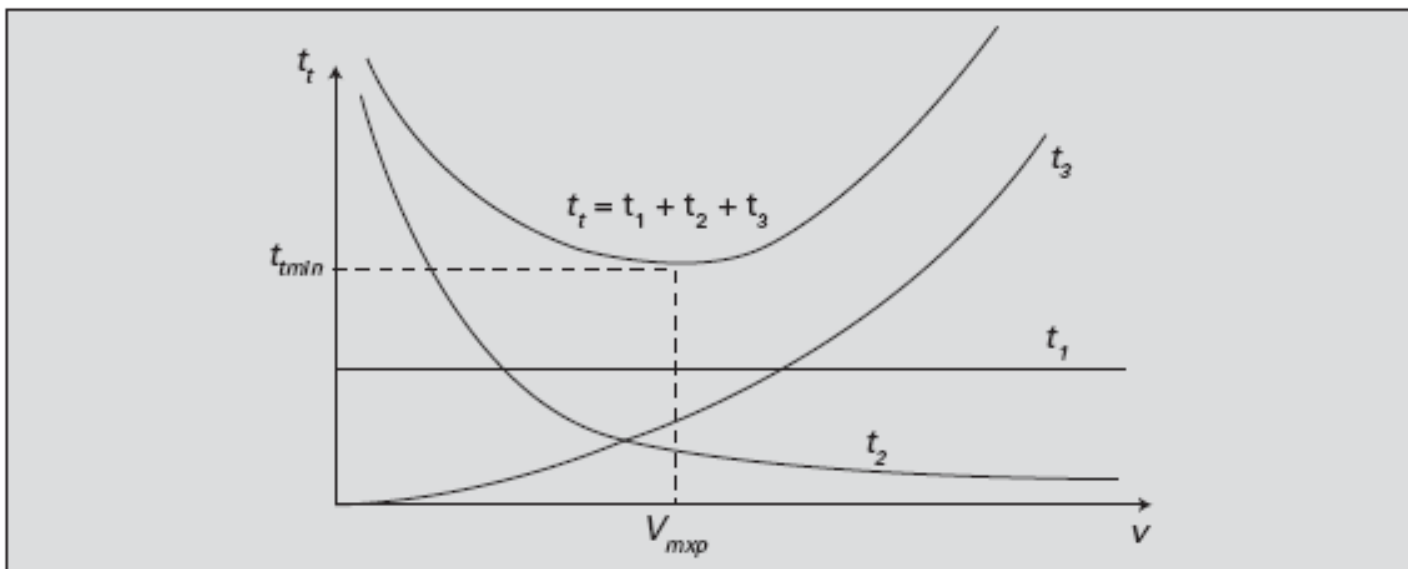


FIGURA 10.2 Representação qualitativa das parcelas de tempo segundo a Equação 10.12.

# Velocidade de Mínimo Custo

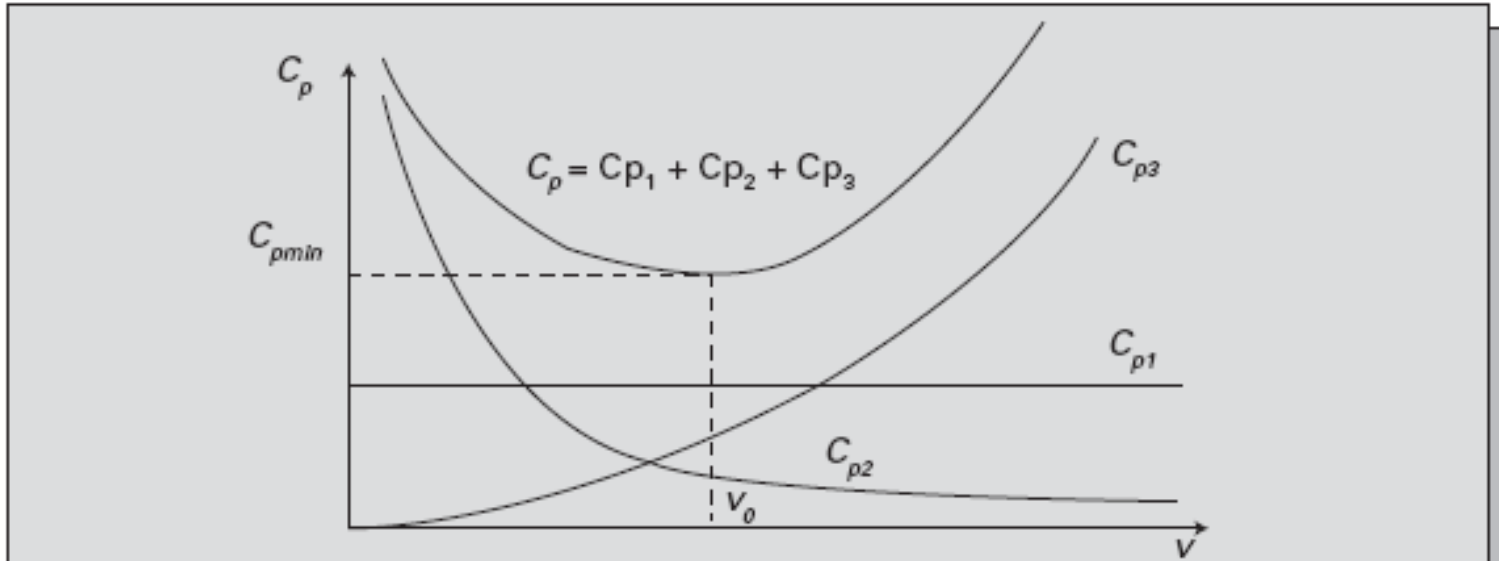


FIGURA 10.3 Representação qualitativa das parcelas de custo segundo a Equação 10.33.



# Intervalo de Máxima Eficiência

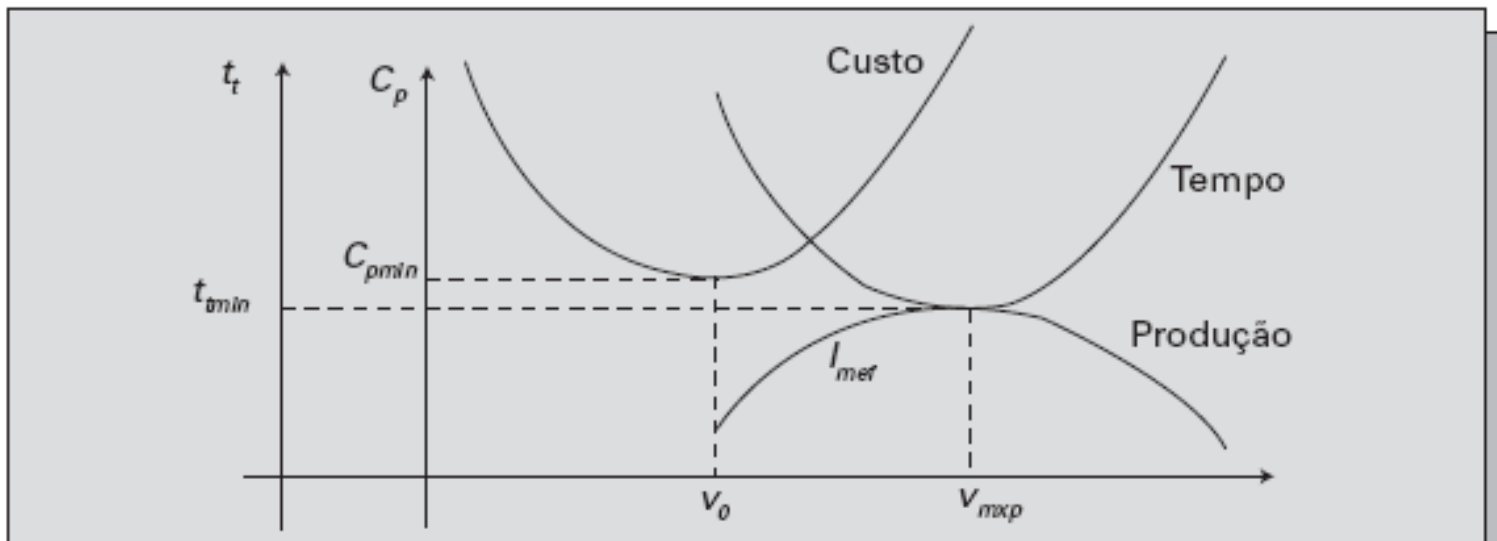


FIGURA 10.4 Representação esquemática do intervalo de máxima eficiência.

---

# Como calcular o Intervalo de Máxima Eficiência no Torneamento?