



PROCESSOS DE FABRICAÇÃO



Onde buscar informações sobre a área?

a) Entidades associadas

Site da Soldagem (www.sitedasoldagem.com.br)

ABM (www.abmbrasil.com.br) / INMETRO (<http://www.inmetro.gov.br/>)

ABAL (www.abal.org.br) / ICZ (www.icz.org.br/)

Associação Brasileira de Soldagem - ABS (www.abs-soldagem.org.br)

American Welding Society - AWS (www.aws.org/) / University Cambridge (www.msm.cam.ac.uk/)

Centro de Informação Metal Mecânica - CIMM (www.cimm.com.br/portal/)

The International Institute of Welding - IIW (www.iiw-iis.org/)

The Welding Institute and Welding & Joining Society - TWI (www.twi.co.uk/)

NEI (www.nei.com.br/) / ABIMAQ (<http://www.abimaq.com/>)

ASM (<http://asmcommunity.asminternational.org/portal/site/asm/>)

Laboratório de Transformação Mecânica - LdTM (www.ufrgs.br/ldtm/)

Labsolda UFSC (www.labsolda.ufsc.br) / ABNT (<http://www.abnt.org.br/>)

Departamento de Eng. Metalúrgica e de Materiais da UFMG (www.demet.ufmg.br)

Instituto Aço Brasil (www.acobrasil.org.br/) / WSA (www.worldsteel.org/)

Periódicos CAPES (www.periodicos.capes.gov.br.ez18.periodicos.capes.gov.br/)

Welding and Joining Institute – Aachen (www.isf-aachen.de/eng/index_en.html)

b) Revistas (básicas):

Corte & Conformação de Metais, Soldagem & Inspeção, Máquinas e Metais.

c) Congressos da área:

CONSOLDA; Congresso Corte & Conformação de Metais; USINAGEM; COBEF; COBEM, outros.

Desenvolvimento histórico

- Dada importância dos processos de fabricação na humanidade, a própria história apresenta períodos caracterizados pela evolução desses processos.

Pré-história

Idade Pedra Lascada
(2,5 milhões a 100mil anos atrás)

Idade Pedra Polida
(12mil a 4 mil anos AC)

Idade dos Metais

Período paleolítico – Facas, Pontas de Lanças e Machados fabricados com lascas de grandes pedras

Período Neolítico – Artefatos obtidos com desgaste e polimento da pedra (Princípio da Retificação)

Primeiramente cobre e ouro e, em menor escala, o estanho. O último metal a ser usado foi o ferro

Linha do Tempo Processos de Transformação/Fabricação

Punção e cinzel em metal – Marcação/quebra em pedra e madeira, posteriormente, surgimento da serra

-5000 AC - Processo de fundição;

- 1000 AC - Furação de corda puxada e surgimento dos primeiros tornos

Pré história / Idade média - Soldagem por Forjamento

- Henry Moudslay cria o primeiro torno a vapor

- Moudslay e Whitworth implantam várias melhorias nos tornos da época

Séc. XVIII – Primeiras obras conhecidas sobre torneamento (Jacques Plumier – L'art de Torneurs)

Revolução Industrial – Impulsiona desenvolvimento de materiais para ferramentas e de máquinas operatrizes



1774 – Mandriladora de cilindros para máquinas a vapor;



1797 – Primeiro torno com avanço automático (Henry Maudslay);

1860 – Surgimento da retificadora;



1809 – Soldagem ao Arco Elétrico

1862 – Primeira fresadora universal (J. R. Brown);



1896 – Máquina de confecção de engrenagem (F. W. Fellows);

1907- Soldagem Eletrodo Revestido;

1926 – Soldagem TIG

1940 – Processos não convencionais de usinagem;

1948 – Soldagem MIG

1953 – Soldagem MAG

1960 - Primeira laser - Corte;

1970 – Computação gráfica CAD/CAM e primeiras pesquisas com usinagem ultraprecisão

1978 – Primeiro torno CNC;

1980 – Pesquisas com usinagem rápida;

1990 – Ferramentas de diamante;

-Séc. XX I– Máquinas flexíveis com integração total com computadores;

Motivações para Estudo dos Processos de Fabricação dos Materiais

- Compreender como o processo de fabricação influencia na qualidade final e no preço do produto. Pode servir para medir condição econômica de um país;
- Avaliar aplicações dos diferentes processos de fabricação e os possíveis empregos conjuntos
- Compreender limitantes na relação material x processos de fabricação

Contextualização

- Segundo Kalpakjian(1995) apud Machado et. al (2011) a atividade manufatureira responde por 20 a 30% do PIB em países industrializados, servindo de indicativo confiável do padrão de vida da população de um país.

Manufatura

- “Processo de transformação de matérias-primas em produtos acabados, seguindo planos bem organizados em todos os aspectos”;

Fabricação

- “Limita-se aos processos contidos na atividade manufatureira”

Manufatura X Demandas de Mercado

- Satisfazer requisitos de projeto, especificações e/ou normas;
- Garantir a qualidade nos diferentes estágios de fabricação;
- Garantir baixo custo de produção e satisfazer requisitos ambientais;
- Permitir flexibilidade para responder as mudanças na demanda de mercado;
- Agregar continuamente novas tecnologias e métodos;
- Feedback - Melhoria contínua do produto.

Processo de Fabricação

- Operação empregada para dar a forma desejada ao componente e/ou conjunto montado (envolve diferentes fenômenos físicos: fusão, solidificação, remoção de material, deformação plástica, difusão...) BERNARDINI (2008) APUD (BARRA, 2013)
- Métodos pelos quais um determinado material é manufaturado em componentes que incorporarão um produto utilizável. CALLISTER (2001) APUD (BARRA, 2013)
- Condição básica:
 - $\text{Custo Material} + \text{Custo Fabricação} < \text{Valor que o Cliente está disposto a pagar (público alvo)}$

Fatores a Considerar na Escolha do Processo de Fabricação

- Tipo do material e suas propriedades;
- Propriedades finais desejadas;
- Tamanho, forma e complexidade do componente;
- Tolerâncias e acabamento superficial exigidos;
- Processo subsequente envolvido;
- Projeto e custo de ferramental e efeito do ferramental na vida da ferramenta ou matriz;
- Sucata gerada e seu valor;
- Disponibilidade do equipamento e experiências operacionais;
- Tempo necessário para iniciar a produção;
- Número de partes requeridas e taxa de produção desejada;
- Custo total do processamento;

*Segundo Kalpakjian (1995) apud Machado et. al (2011).

Classificação Processos de Fabricação

Groover (2007) apud Barra (2013):

Área (Processos de manufatura) → Grupo → Categoria → Processo

- **Processamento**

- Mudança de forma
 - Solidificação
 - Processamento de partículas
 - (metalurgia do pó)
 - Deformação
 - Remoção de material
- Mudança propriedades;
 - Tratamento térmico
- Tratamentos superficiais;
 - Limpeza e tratamento superficial
 - Recobrimento e processos de deposição

- **Montagem**

- Permanente
 - Soldagem
 - Brasagem
 - Colagem
- Fixação mecânica
 - Fixadores roscados
 - Fixadores permanentes

Classificação Processos de Fabricação cont.

- Wickert e Lewis (2012) classificam os processos de fabricação em 5 classes:
 - Fundição
 - Conformação
 - Usinagem;
 - União (soldagem, rebitagem , colagem, parafusação);
 - Acabamento;

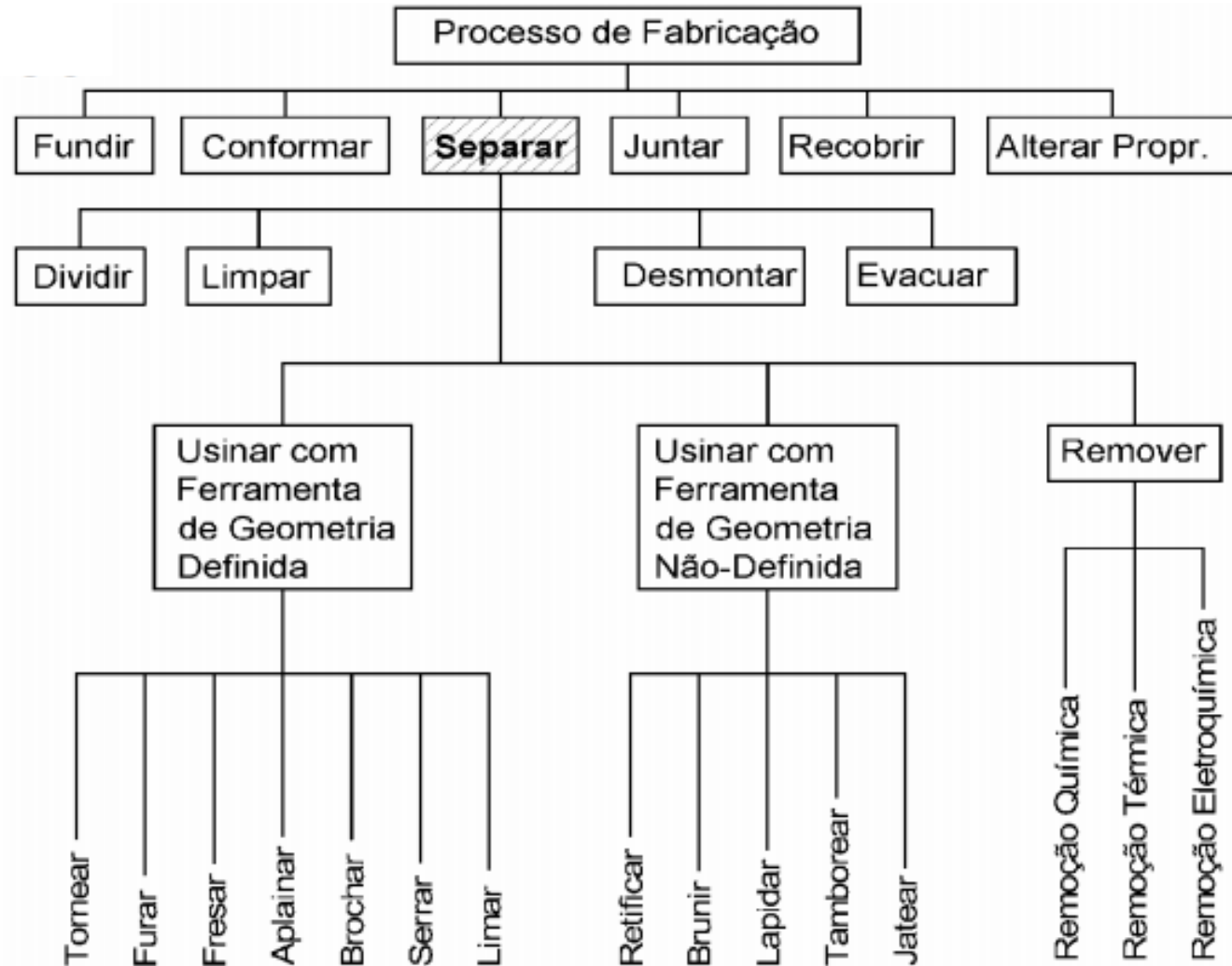
Classificação Processos de Fabricação cont.

Classificação de acordo com a DIN 8580

Criar coesão	Preservar coesão	Reduzir coesão	Incrementar coesão	
1 – Formação Primária	Mudança de forma			5 - Revestimento
	2 - Conformação	3 – Usinagem	4 - União	
	6 – Alteração de Propriedades Mecânicas			
	Reordenamento partículas de material	Eliminação de partículas do material	Adição de partículas de material	

Fonte: Grote e Antonsson (2009)

Classificação Processos de Fabricação cont.

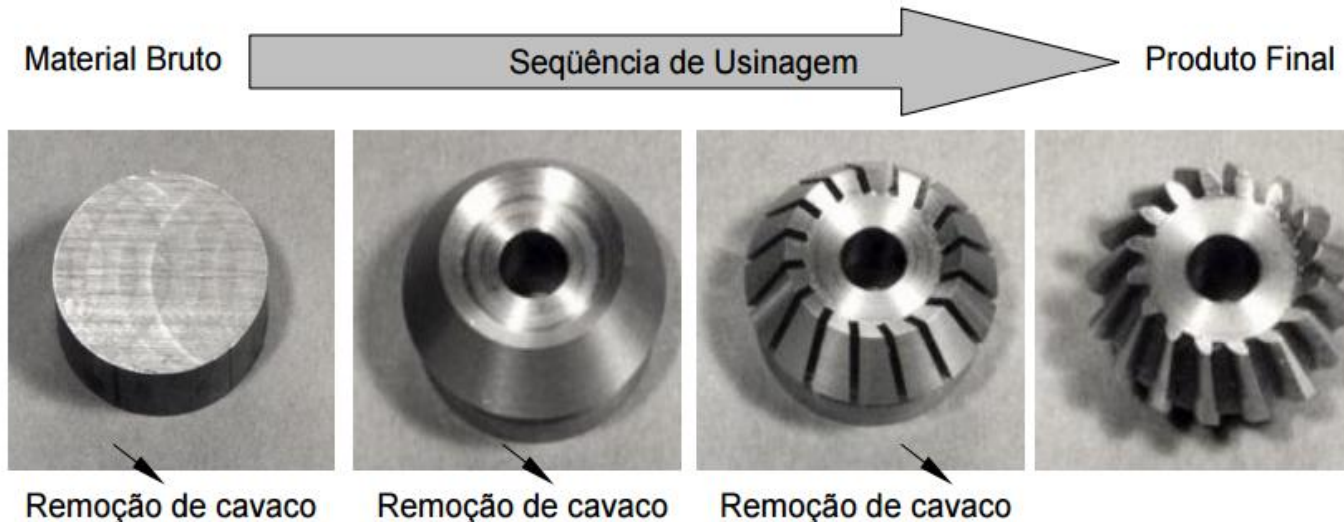




USINAGEM

Introdução

- A remoção do material se dá através da interferência entre ferramenta e peça, onde a ferramenta deve ser constituída de um material de dureza e resistência muito superior a do material da peça.
- Necessitam de um movimento relativo entra a peça e a ferramenta
- Segundo a norma DIN 8580, estudo da usinagem é baseado na mecânica (cinemática, atrito e deformação), na termodinâmica (geração e propagação de calor) e nas propriedades dos materiais



Conceitos Básicos Iniciais de Usinagem

Operações de Usinagem

- “Aqueles que, ao conferir à peça a forma, ou as dimensões ou o acabamento, ou ainda uma combinação qualquer destes três itens, produzem cavaco.” (FERRARESI, 1970).
- Operações que visam remover sobremetal de um bloco de material, na forma de cavaco, para obtenção de um produto que atenda às exigências e qualidade estabelecidas por fabricantes e consumidores (SENAI, 1998).

Cavaco

- “Porção de material da peça, retirada pela ferramenta, caracterizando-se por apresentar forma geométrica irregular.” (FERRARESI, 1970)

Ferramenta

- O sobremetal pode ser removido manual ou mecanicamente com o auxílio de uma ferramenta que pode ser monocortante, conhecidas por bite e que apresentam barras com extremidades adequadamente afiadas; A associação ou combinação de ferramentas monocortantes dá origem à ferramentas multicortantes. (SENAI, 1998)

Máquina operatrizes

- Também chamada “Máquina-Ferramenta”, trata-se do conjunto mecânico responsável pelos movimentos destinados à remoção do sobremetal. (SENAI, 1998).
- “Qualquer máquina dotada de um conjunto de ferramentas acionadas mecanicamente que se destina a dar forma à matéria prima” (PNCO, 2009).

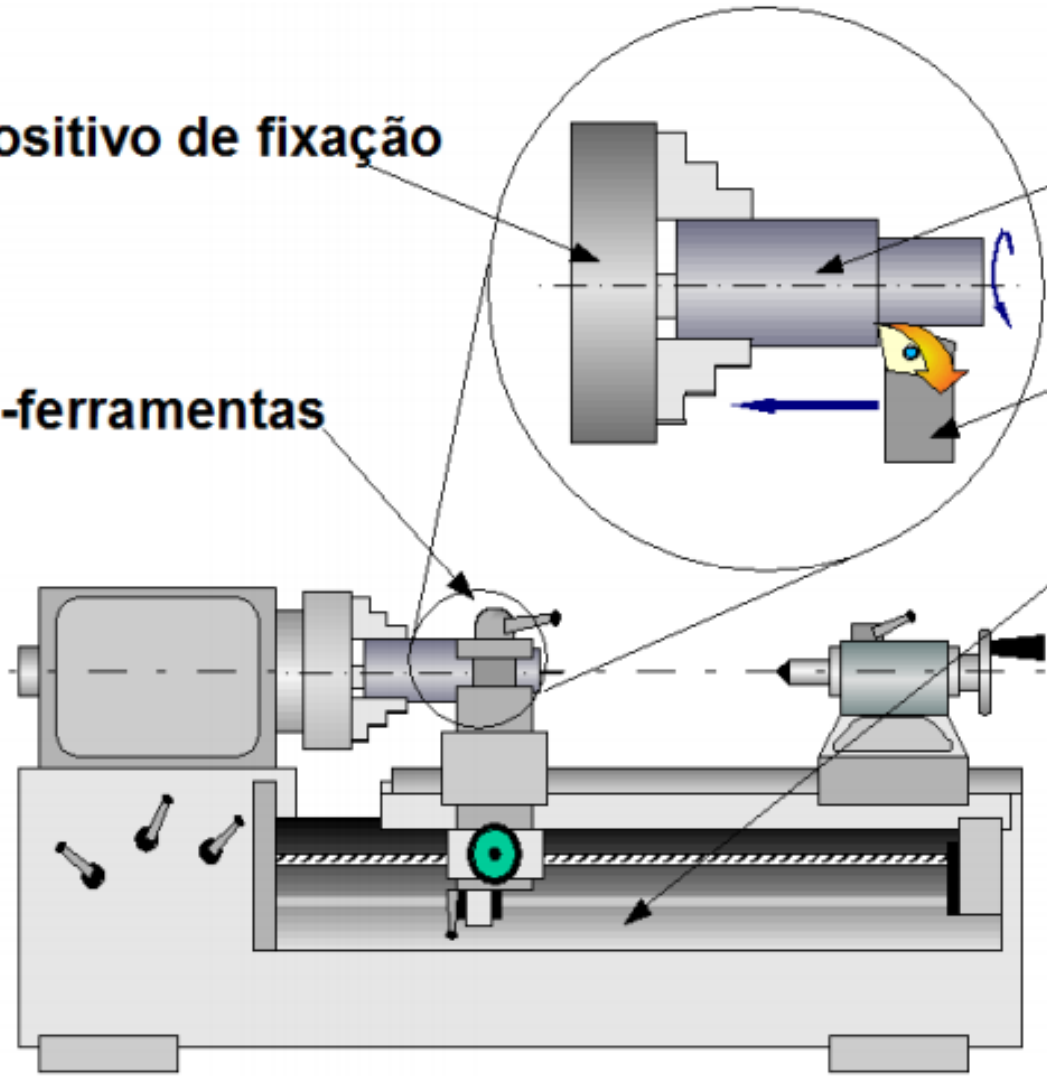
Dispositivo de fixação

Peça

Porta-ferramentas

Ferramenta

Máquina-ferramenta



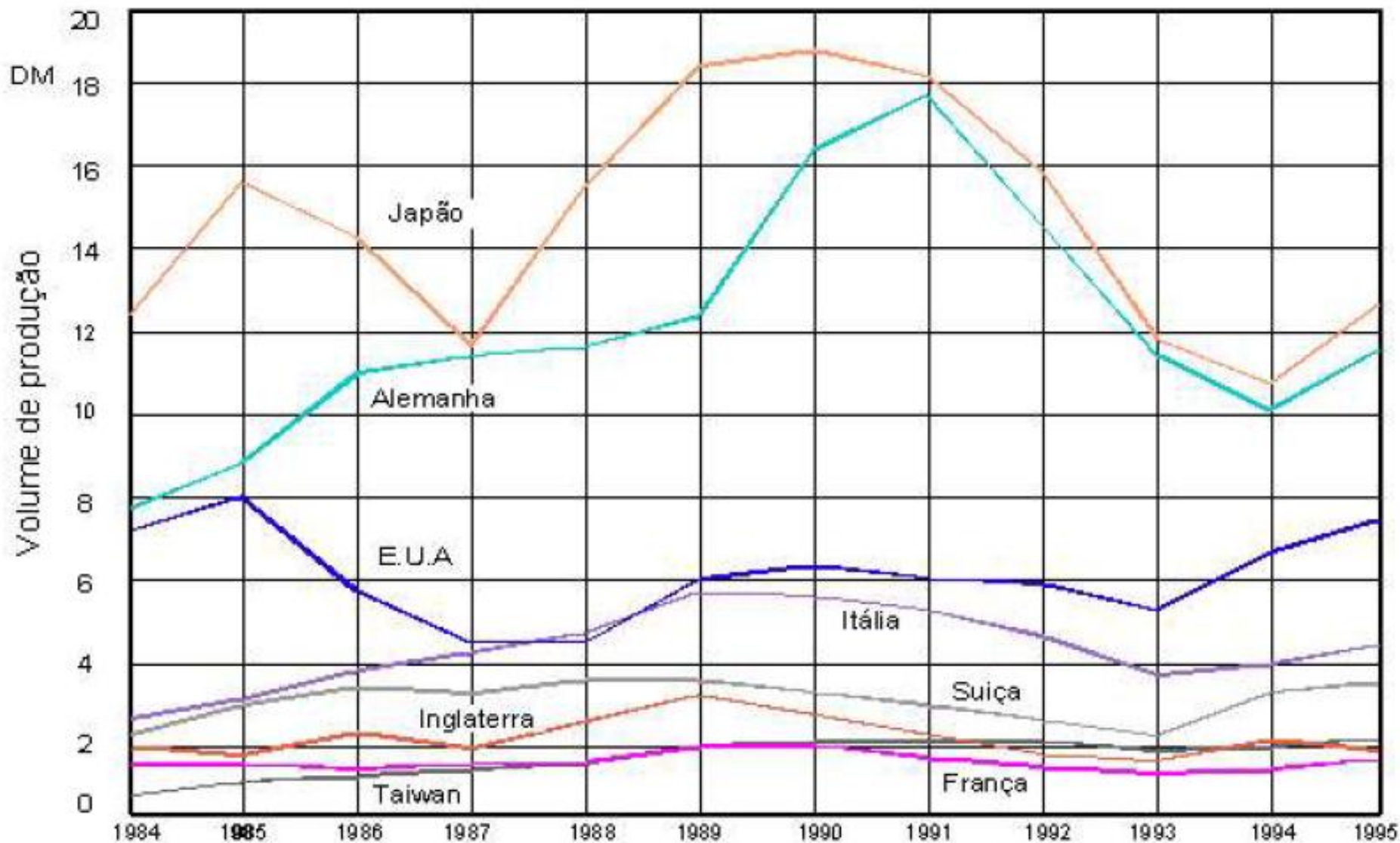
Características Processo de Usinagem

- Reconhecidamente o processo de fabricação mais popular do mundo;
- Alta precisão;
- Envolve elevado número de variáveis ;
- Bastante imprevisível;
 - Experiência;
 - Experimentação;
 - Modelos teóricos;
- Condições ideais:
 - Especificações de forma e tamanho;
 - Acabamento;
 - Menor custo possível;
- Desvantagem - Material removido é descartado.

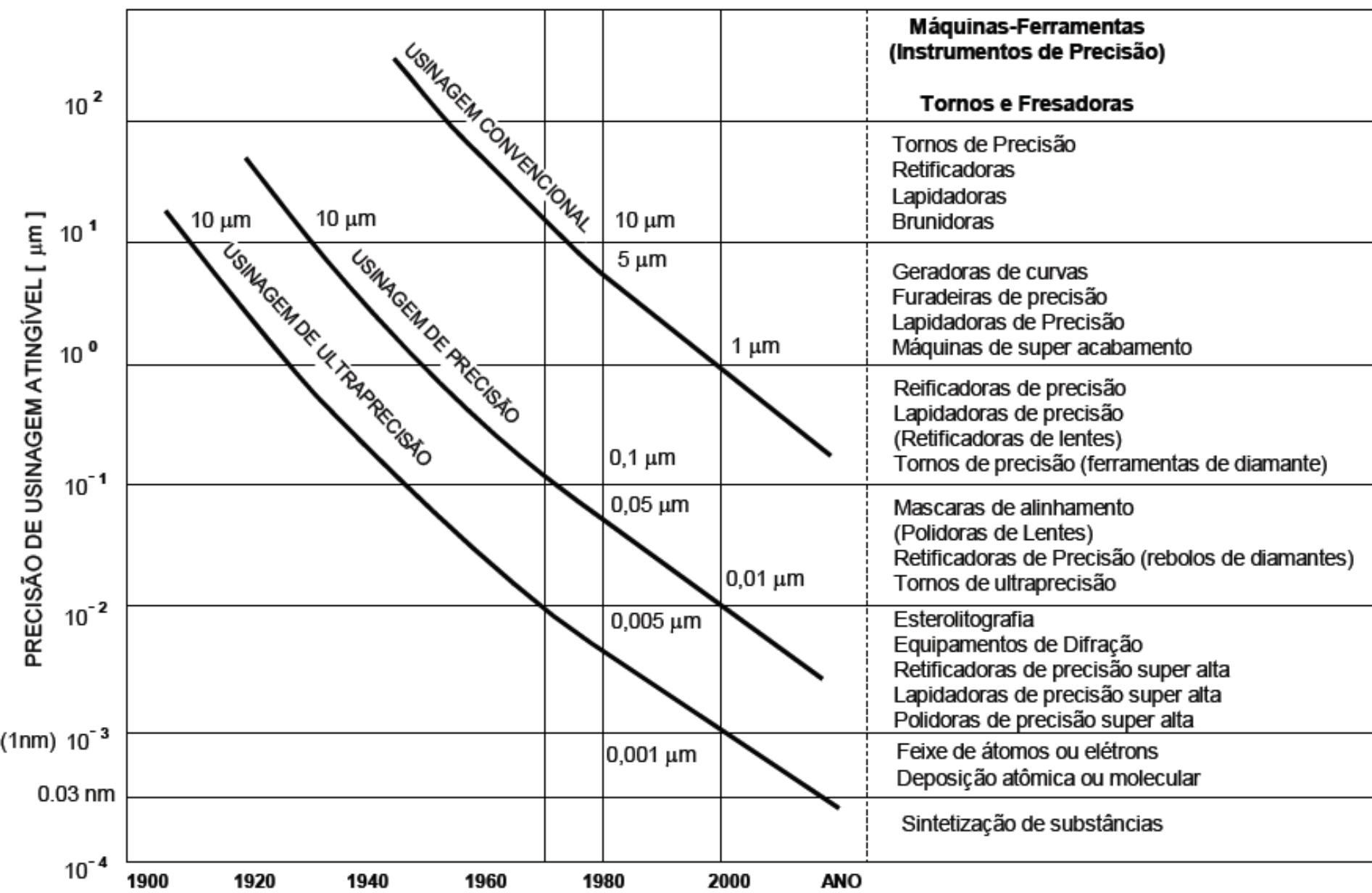
Importância da Usinagem na Indústria Metal Mecânica

- 80% dos furos são realizados por usinagem;
- 100% dos processos de melhoria da qualidade superficial são feitos por usinagem;
- O comércio de máquinas-ferramentas representa uma das grandes fatias da riqueza mundial;
- 70% das engrenagens para transmissão de potência;
- 90% dos componentes da indústria aeroespacial;
- 100% dos pinos médico-odontológicos;
- 70% das lentes de contatos extraoculares;
- 100% das lentes de contatos intraoculares;
- Lentes para CD player's ou suas matrizes

Movimentação do mercado internacional de Máquinas-ferramentas



Fonte: American Machinist (1996) apud Stoeterau (2004)



Fonte: Tanigushi (1994) apud Stoeterau (2004)

Classificação Processos de Usinagem

- Quanto ao processo de remoção do material:
 - Processos convencionais
 - Processos não convencionais
- Quanto a geometria da ferramenta de corte:
 - Ferramenta com geometria definida;
 - Ferramenta com geometria não definida;
- Quanto à finalidade da operação de corte:
 - Desbaste: Prioritário altas taxas de remoção;
 - Acabamento: Prioritário a Qualidade final.

Classificação Processos de Usinagem

Ferramenta de geometria definida		Ferramenta de geometria não definida	Usinagem não convencional
1 – Torneamento	7 – Brochamento	13 – Tamboramento	22 - Jato abrasivo
2 – Fresamento	8 – Aplainamento	14 – Afição	23 - Jato d`água
12– Mandrilamento	9 – Limagem	15 – Superacabamento	24 - Jato d`água abrasivo
3 – Furação	10 – Rasqueteamento	16 –Retificação	25 – Ultrassom
4 – Alargamento	11 – Denteamento	17 – Lapidação	26 – Fluxo abrasivo
6 – Rebaixamento		18 – Espelhamento	27 – Plasma
5 – Roscamento		19 – Polimento	28 – Laser
		20 – Lixamento	29 – Feixe de Elétrons
		21 – Jateamento	30 - Eletroerosão

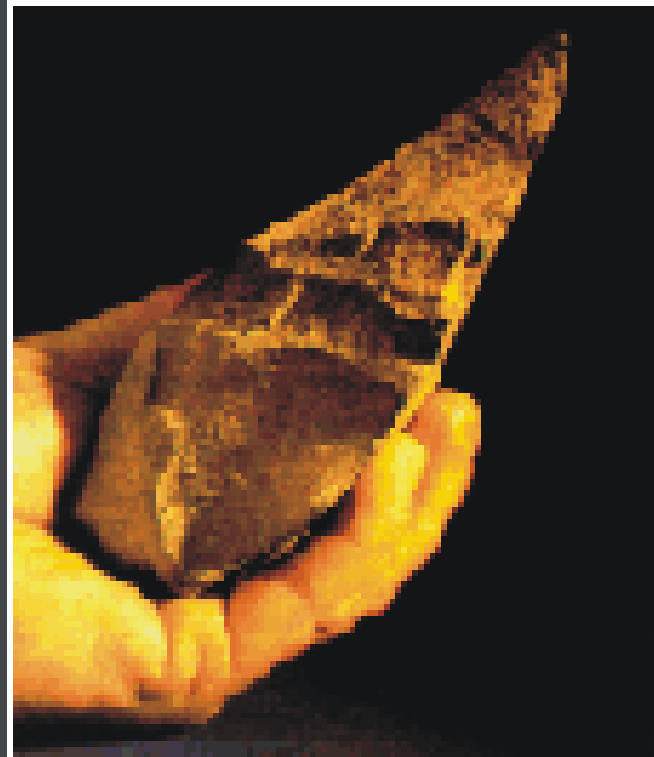
Exercício

- Qual a relação entre manufatura e fabricação?
- Na sua opinião, por que a atividade manufatureira pode ser um indicativo do padrão de vida da população de um país?
- Cite 4 fatores que devem ser considerados na escolha do processo de fabricação
- Explique como a DIN 8580 classifica os processos de fabricação?
- O que é usinagem? E cavaco?
- Cite 4 exemplos de usinagem com geometria de ferramenta definida. Cite 3 de usinagem com ferramenta de geometria não definida e 3 exemplos de usinagem não convencional

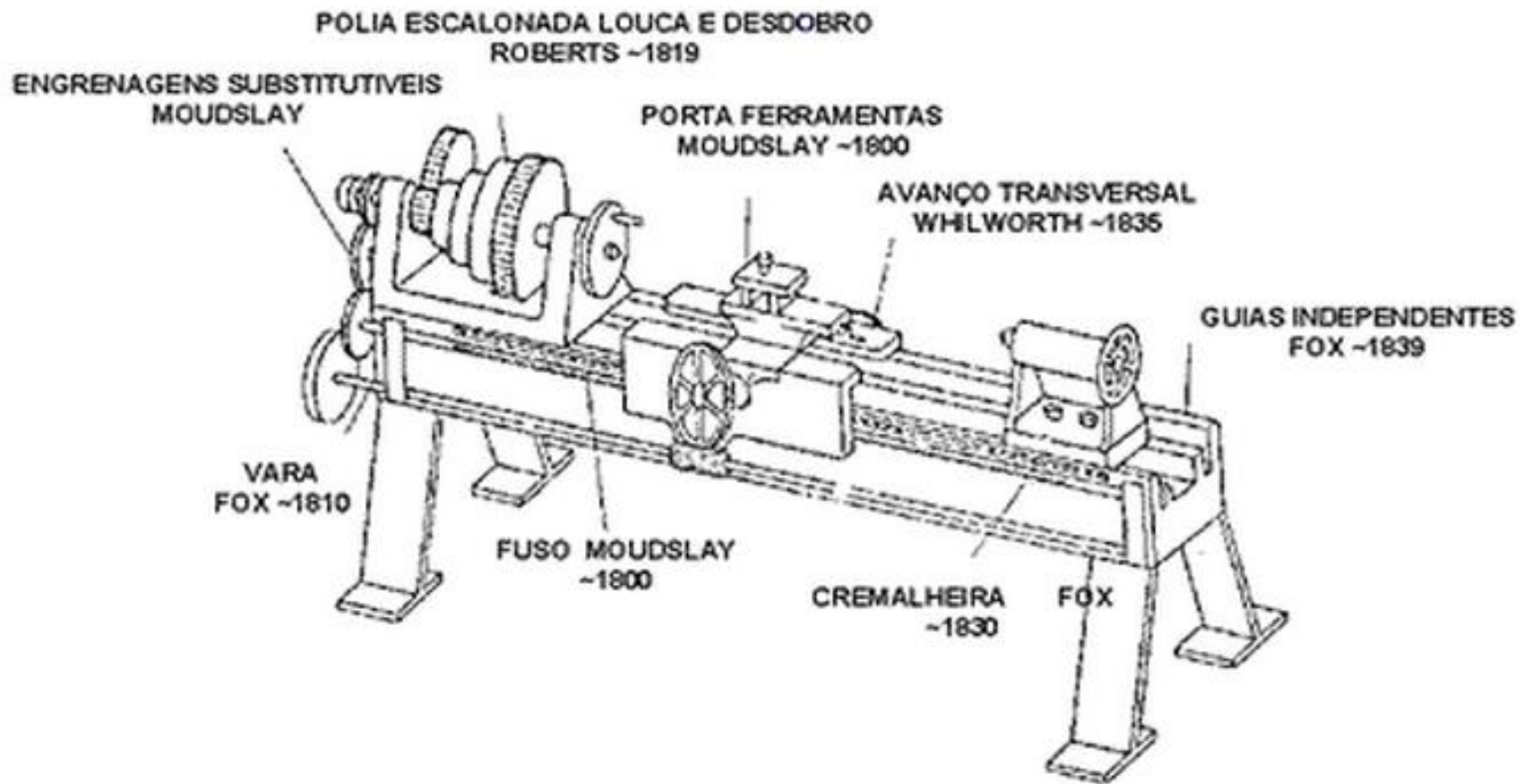
Referências Bibliográficas

- BARRA, S. R. **Introdução aos Processos de Fabricação dos Metais**. Material de Aula, Curso de Engenharia de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN;
- FERRARESI, Dino. **Usinagem dos metais**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006;
- [GROTE, K.H. ; ANTONSSON E. K. **Handbook of Mechanical Engineering**. Springer. Vol 10. New York – USA](#)
- MACHADO, Álisson Rocha; ABRÃO, Alexandre Mendes; COELHO, Reginaldo Teixeira; SILVA, Márcio Bacci da. **Teoria da Usinagem dos Materiais**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2012;
- [Programa Nacional de Certificação de Operadores – PNCO. **Normas de Requisitos para Qualificação e Certificação Operadores de Máquinas Operatriz** Norma Técnica do Programa Nacional de Certificação de Operadores da ABM Associação Brasileira de Metalurgia](#)
- [Portal CIMM](#)
- [SENAI. SP. DRD. **Usinagem - tecnologia do corte**. São Paulo, 1998. 3v.](#)
- [Simisa – História da Solda](#)
- [STOETERAU, R. L., **Introdução ao Projeto de Máquina-Ferramentas Modernas**. Apostila de aula da disciplina de Projeto de Máquinas-Ferramentas do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. 2004](#)
- [WICKERT, J. ; LEWIS K. **An Introduction to Mechanical Engineering**. Cengage Learning. 3º ed. Stamford – USA. 2013](#)

ANEXOS

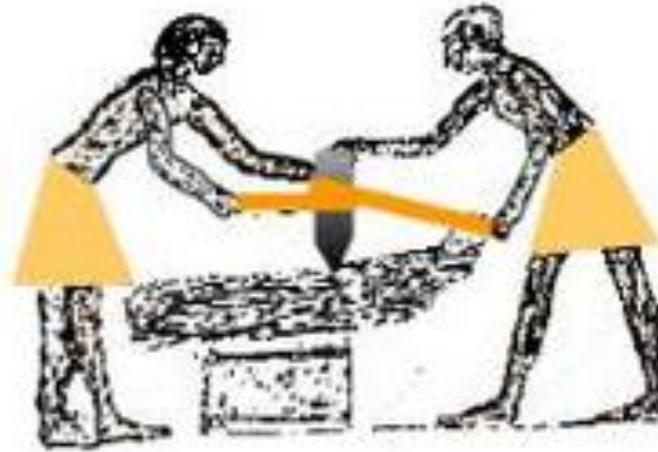


Fonte: Souza, Oswaldo, "História Antiga e Medieval", Editora Ática



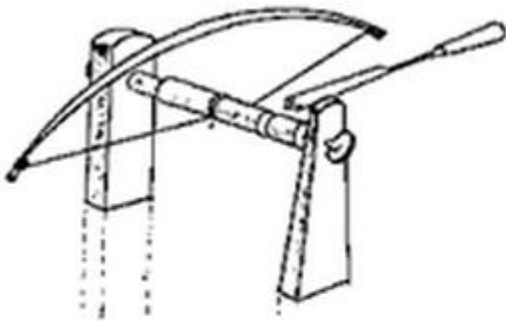
[Fonte: Portal CIMM, acesso em 07/2015](#)

Furação Corda Puxada

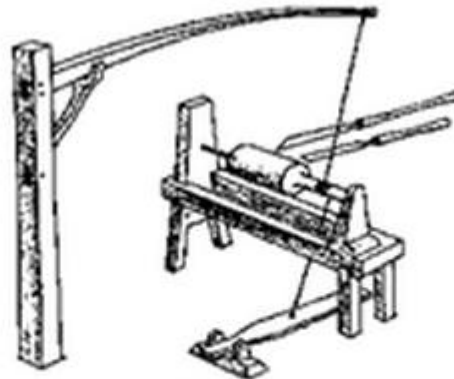


[Fonte: Portal CIMM, acesso em 07/2015](#)

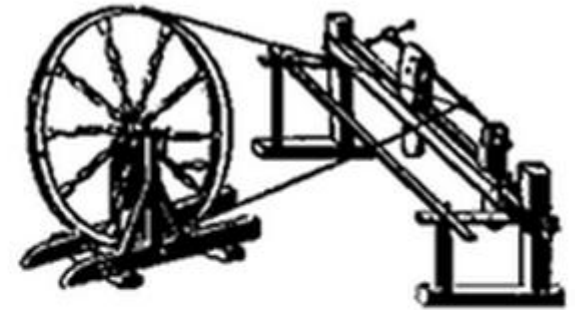
Primeiros Tornos



1



2

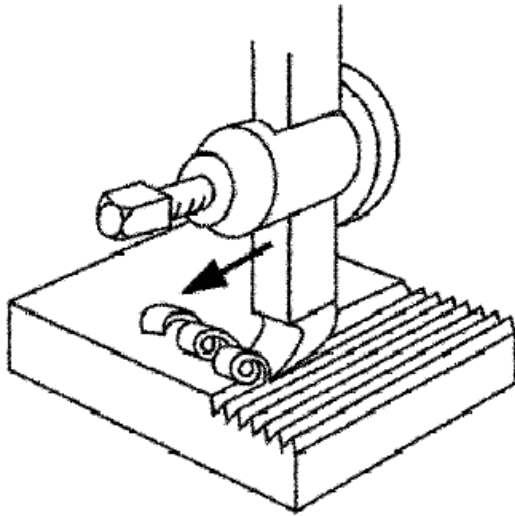


3

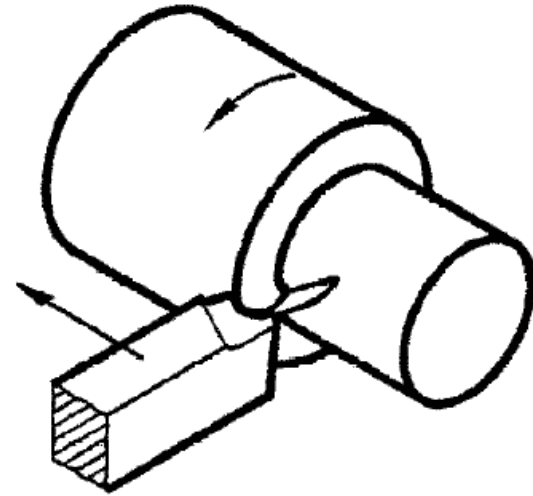
- 1 - Torno de Arco usado no antigo Império Romano
- 2 - Torno de Vara usado na Idade Média
- 3 - Torno de Fuso usado a partir de 1600

[Fonte: Portal CIMM, acesso em 07/2015](#)

Ferramentas Monocortantes

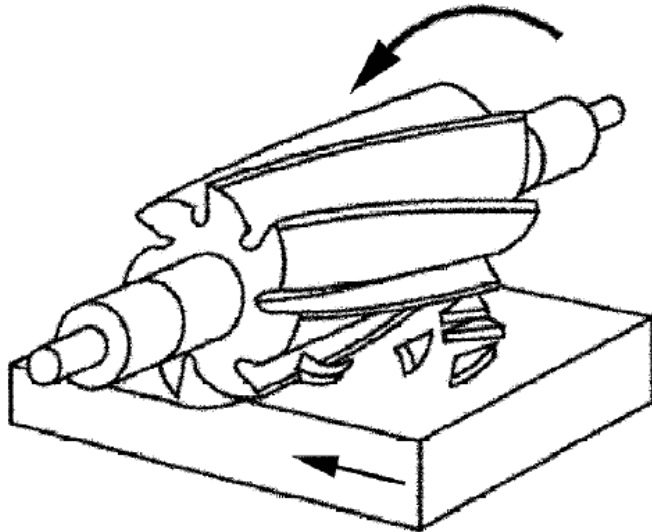


aplainamento

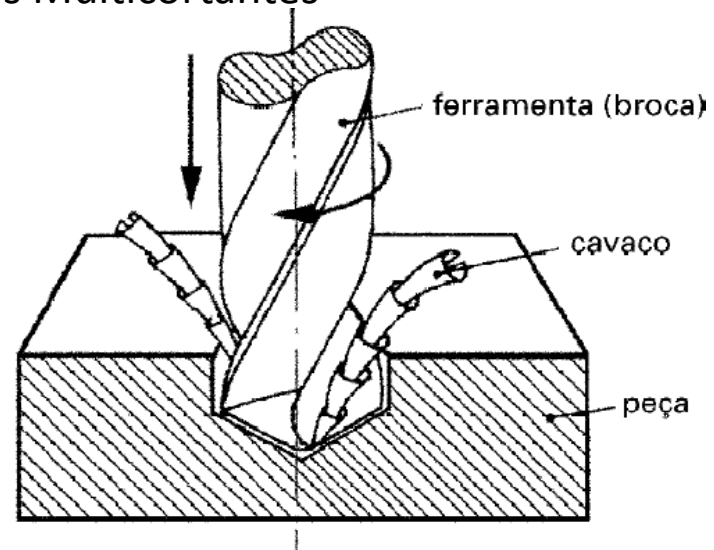


torneamento

Ferramentas Multicortantes



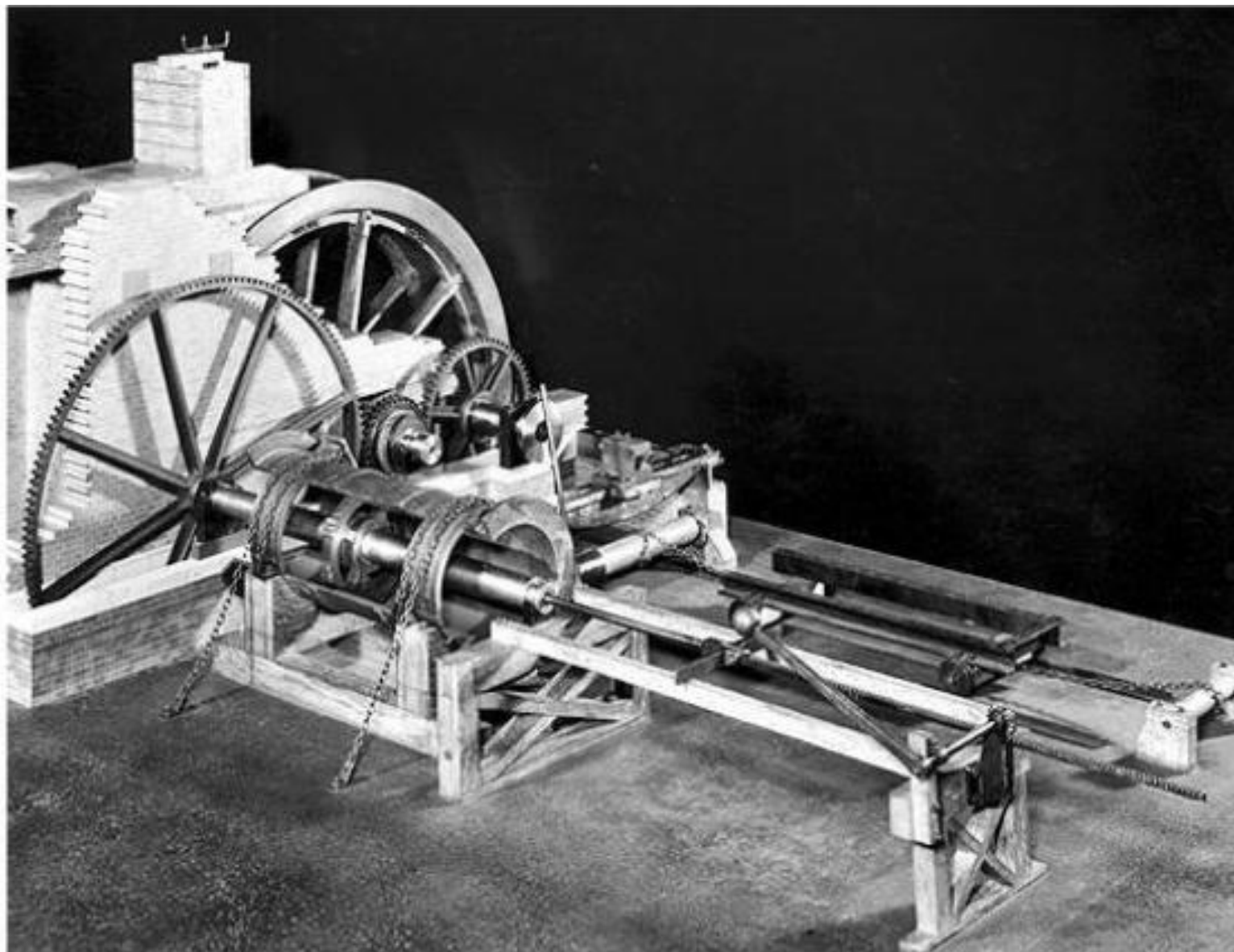
fresa (várias arestas de corte)



broca (duas arestas de corte)



Mandriladora construída por John Wilkinson (1775)



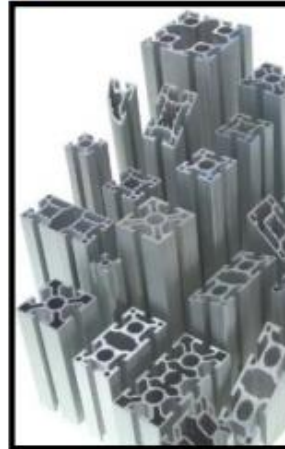
Fonte: <http://www.makingthemodernworld.org.uk/stories/>

Processos de Fabricação

Exemplo 1: Lingote de alumínio x perfil extrudado



LINGOTE (eletrointensivo, impacto ambiental, baixo valor agregado \approx US\$ 2,40/kg)



PERFIS (necessidade de tecnologia de transformação x alto valor agregado \approx US\$ 45,00/kg)

Exemplo 2: Minério x perfil extrudado

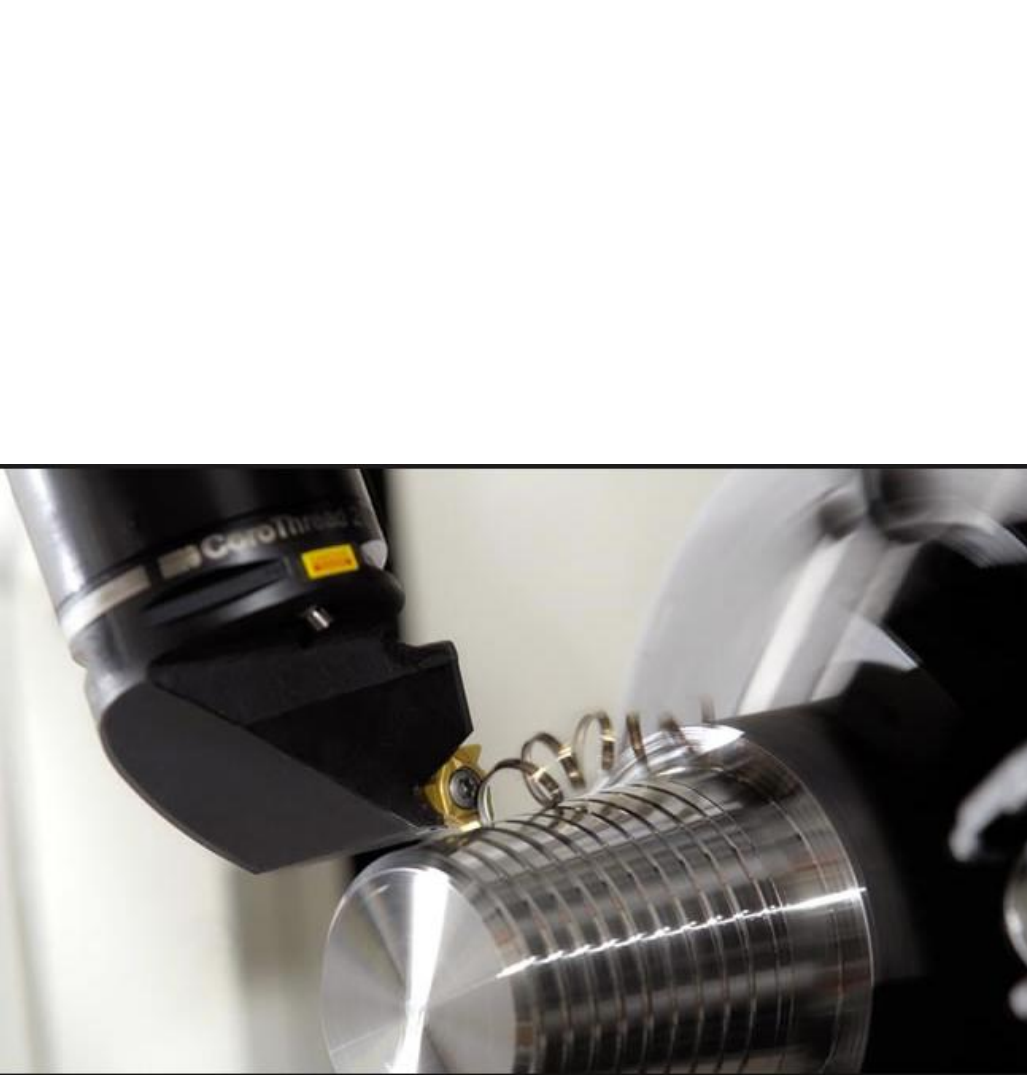
MINÉRIO DE FERRO
(impacto ambiental x baixo valor agregado \approx US\$ 135,00/t)



PERFIS
(necessidade de tecnologia de transformação x alto valor agregado \approx US\$ 1.970,00/t)



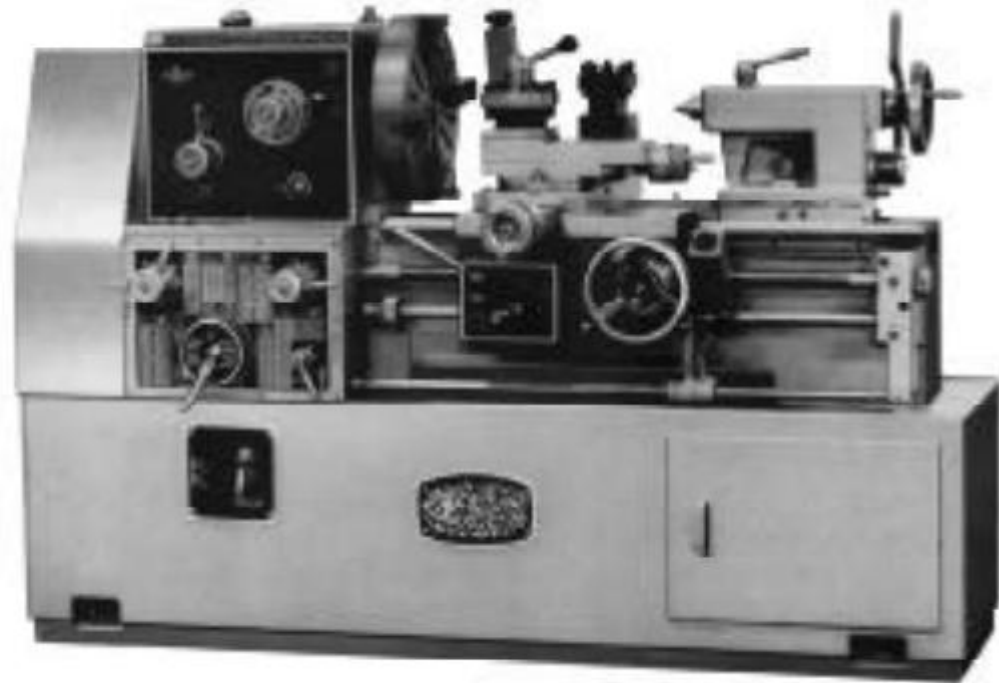
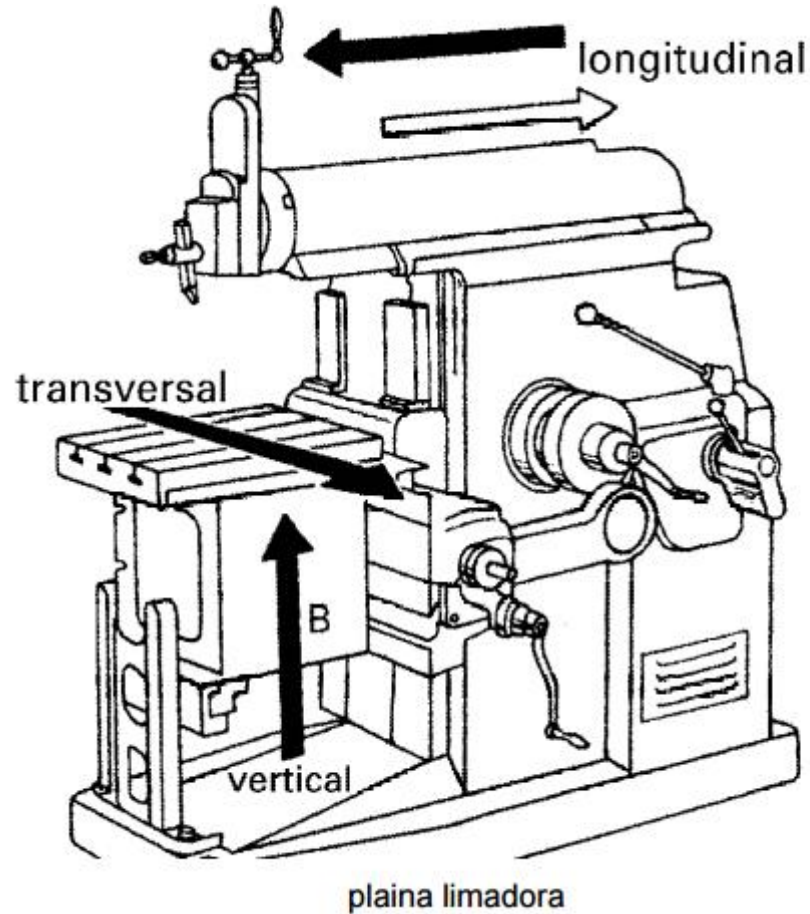
[Fonte: Barra \(2013\)](#)



Imagens da WEB



Máquinas Operatrizes



Fonte: Senai (1998)