

SETOR DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MANUFATURA

MESTRADO PROFISSIONAL

EMAN-7013 – USINAGEM ASSISTIDA POR COMPUTADOR

PROF.: DALBERTO DIAS DA COSTA

E-MAIL: dalberto@ufpr.br

F.: 3361-3207

www.labusig.ufpr.br

EMAN-7013 – USINAGEM ASSISTIDA POR COMPUTADOR

Ementa:

- Planejamento de processos de usinagem.
- Seleção de máquinas, dispositivos, ferramentas e condições de corte.
- Técnicas para programação de máquinas-ferramenta.
- Simulação da trajetória de ferramentas.
- Base de dados sobre ferramentas e condições de corte.
- Sistemas especialistas para planejamento da usinagem
-

EMAN-7013 – USINAGEM ASSISTIDA POR COMPUTADOR

Objetivos:

Gerais: atualizar e melhorar a formação dos futuros Mestres em Engenharia de Manufatura, tendo como foco a capacidade de **pesquisa** na literatura científica, a **redação** de relatórios e artigos científicos, a **formatação** e solução de problemas por meio de métodos científicos.

Específico: compreender o estado atual da pesquisa e desenvolvimento tecnológico referente à geração, transmissão e integração de informações sobre processos de usinagem

EMAN-7013 – USINAGEM ASSISTIDA POR COMPUTADOR

Programa:

Semanas	Datas	Assuntos
1	24/set	Apresentação da disciplina: ementa, bibliografia, programa e forma de avaliação.
2	01/out	Planejamento de processos de fabricação e planejamento da usinagem. Estado da arte e desafios.
3	08/out	Programação CNC utilizando software CAM
4	15/out	Planejamento baseado em features de usinagem e geração da folha de processos – revisão da literatura
5	22/out	Planejamento baseado em features de usinagem e geração da folha de processos – revisão da literatura
6	29/out	Entrega do artigo de revisão e apresentação do seminário: programação baseada em features e geração da folha de processos
7	05/nov	Projeto Geração Automática da Folha de Processos (GAFP) – Proposta de metodologia I
8	12/nov	Projeto Geração Automática da Folha de Processos (GAFP) – Proposta de metodologia I (continuação)
9	19/nov	Testes da metodologia proposta para GAFP no software NX-CAM
10	26/nov	Testes da metodologia proposta para GAFP no software NX-CAM (continuação)
11	03/dez	Discussão dos resultados e finalização dos relatórios
12	10/dez	Finalização do artigo – apresentação, discussão e avaliação

EMAN-7013 – USINAGEM ASSISTIDA POR COMPUTADOR

Bibliografia:

Chang, TC, Wysk, Wang, HP. **Computer-Aided manufacturing**. Prentice Hall, 1998. ISBN: 013754524X

Madison, J. G. **CNC Machining Handbook: basic theory, production data, and machining procedures**. Industrial Press Inc. 1996 ISBN-10: 0831130644

Scallan, P. **Process Planning: The Design/Manufacture Interface**. Amsterdam: Butterworth-Heinemann. 2003 ISBN-10: 0750651296

Chang, T-C. **Expert process planning for manufacturing**. Reading, Mass.,: Addison-Wesley, 1980. ISBN-10: 0201182971

Wang, L. **Process Planning and Scheduling for Distributed Manufacturing**. London: Springer-Verlag London Limited, 2007. ISBN-10: 184996646X

Bibliografia:

Outros Livros:

- **James Rumbaugh , Ivar Jacobson , Grady Booch. The Unified Modeling Language Reference Manual (2nd Edition)**
-
- **Craig Larman - Applying UML and patterns: an introduction to object-oriented analysis and design and the unified process**

EMAN-7013 – USINAGEM ASSISTIDA POR COMPUTADOR

Bibliografia:

Revistas:

- International Journal of Advanced Manufacturing Technology
- Robotics and Computer-Integrated Manufacturing
- International Journal of Production Research
- Computer-Aided Design
-

EMAN-7013 – USINAGEM ASSISTIDA POR COMPUTADOR

Forma de avaliação:

Leitura, síntese, apresentação e discussão de artigos científicos distribuídos em aula: **25%**

Participação nas aulas. Inclui aqui a presença, interesse pela disciplina, sugestões e pontualidade na entrega dos trabalhos: **40%**

Preparação e redação do artigo científico sobre o projeto desenvolvido: **35%**

EMAN-7013 – USINAGEM ASSISTIDA POR COMPUTADOR

Projetos desenvolvidos e em desenvolvimento no Laboratório de Usinagem da UFPR:

Projetos concluídos e em andamento no Laboratório de Usinagem

Título	Situação
Editor CNC	Concluído
Fabricação sob medida de próteses	Concluído
Fresamento Helicoidal Interpolado	Concluído
Rede Usidados	Suspenso!!
Planejamento de Processos	Em andamento
Usinabilidade dos Materiais	Em andamento
Corte a Laser	Em andamento
Sustentabilidade dos Processos de Usinagem	Em andamento

Vide detalhes em: <https://labusig.ufpr.br/pesquisa/>

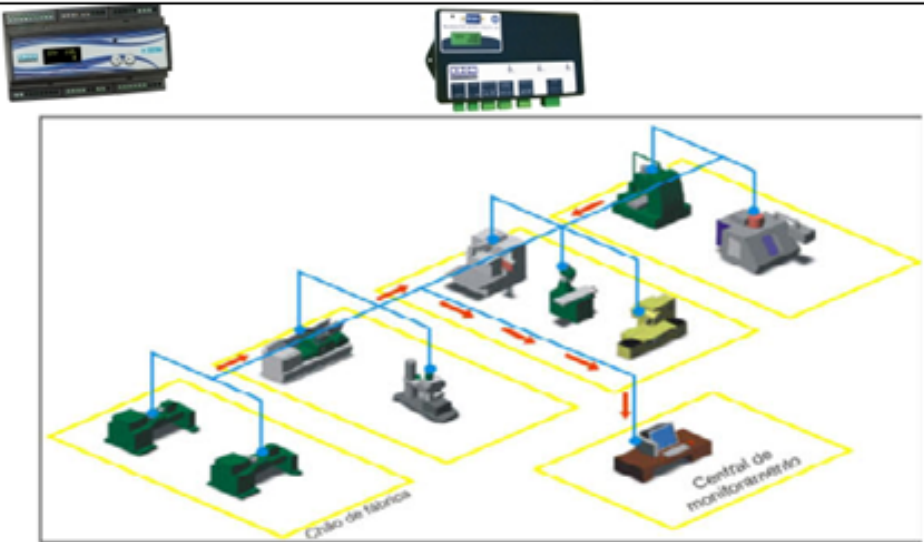
EMAN-7013 – USINAGEM ASSISTIDA POR COMPUTADOR

Infraestrutura do Laboratório de Usinagem – DEMEC/UFPR:

02 Máquinas CNC		
Máquinas convencionais		

EMAN-7013 – USINAGEM ASSISTIDA POR COMPUTADOR

Infraestrutura do Laboratório de Usinagem – DEMEC/UFPR:

Plataforma para medição de forças	
Sistema para medição de parâmetros elétricos composto por três multimedidores	
Lab. com 13 microcomputadores	

EMAN-7013 – USINAGEM ASSISTIDA POR COMPUTADOR

Infraestrutura do Laboratório de Usinagem – DEMEC/UFPR:

Software para planejamento e simulação de processos de usinagem e 2 e 3 eixos (Edgecam)



Rugosímetro



Planejamento de processos

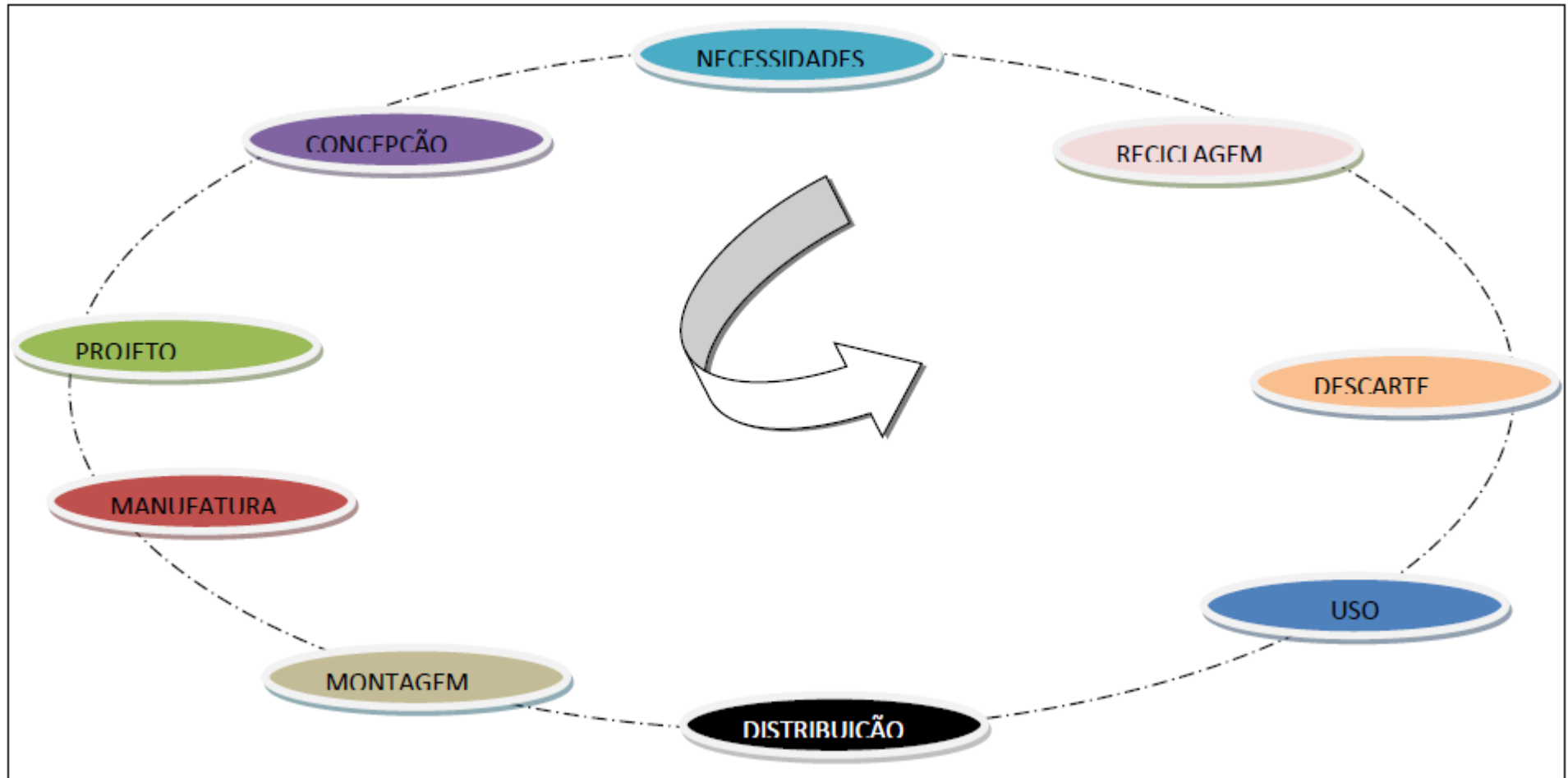
&

Planejamento da usinagem

Histórico

- Os temas se confundem, pois a usinagem é um processo de fabricação
-
- Processos de usinagem são caracterizados por sua elevada flexibilidade e, por isso, possuem um fluxo de informação bem complexo o que demanda investimento em técnicas computacionais para sua sistematização, automação e integração.

Planejamento de processos dentro do ciclo de vida de um produto



O FLUXO DE INFORMAÇÃO NÃO É UNIDIRECIONAL E NEM É SEQUENCIAL

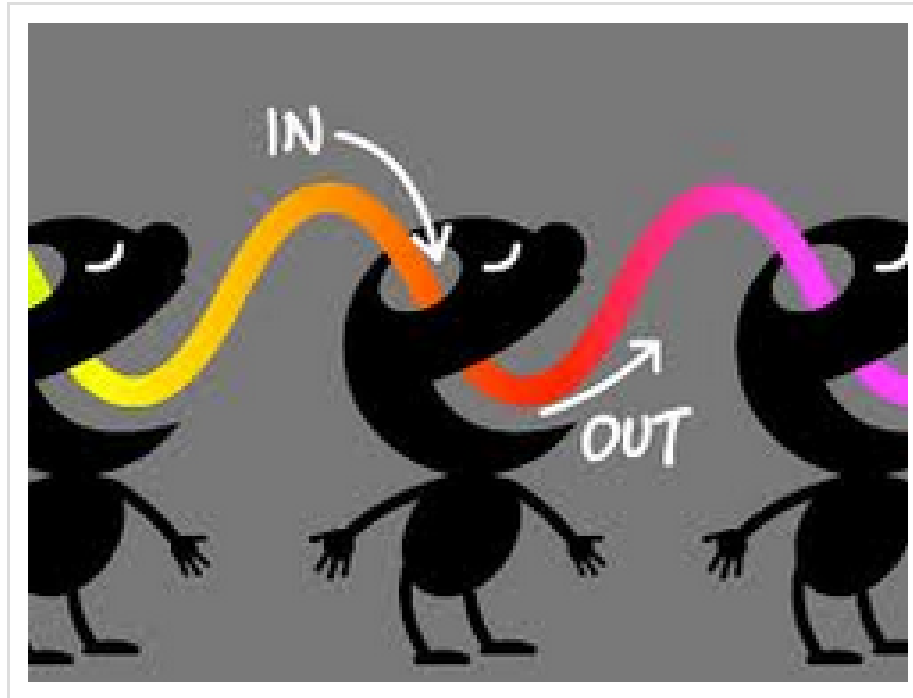
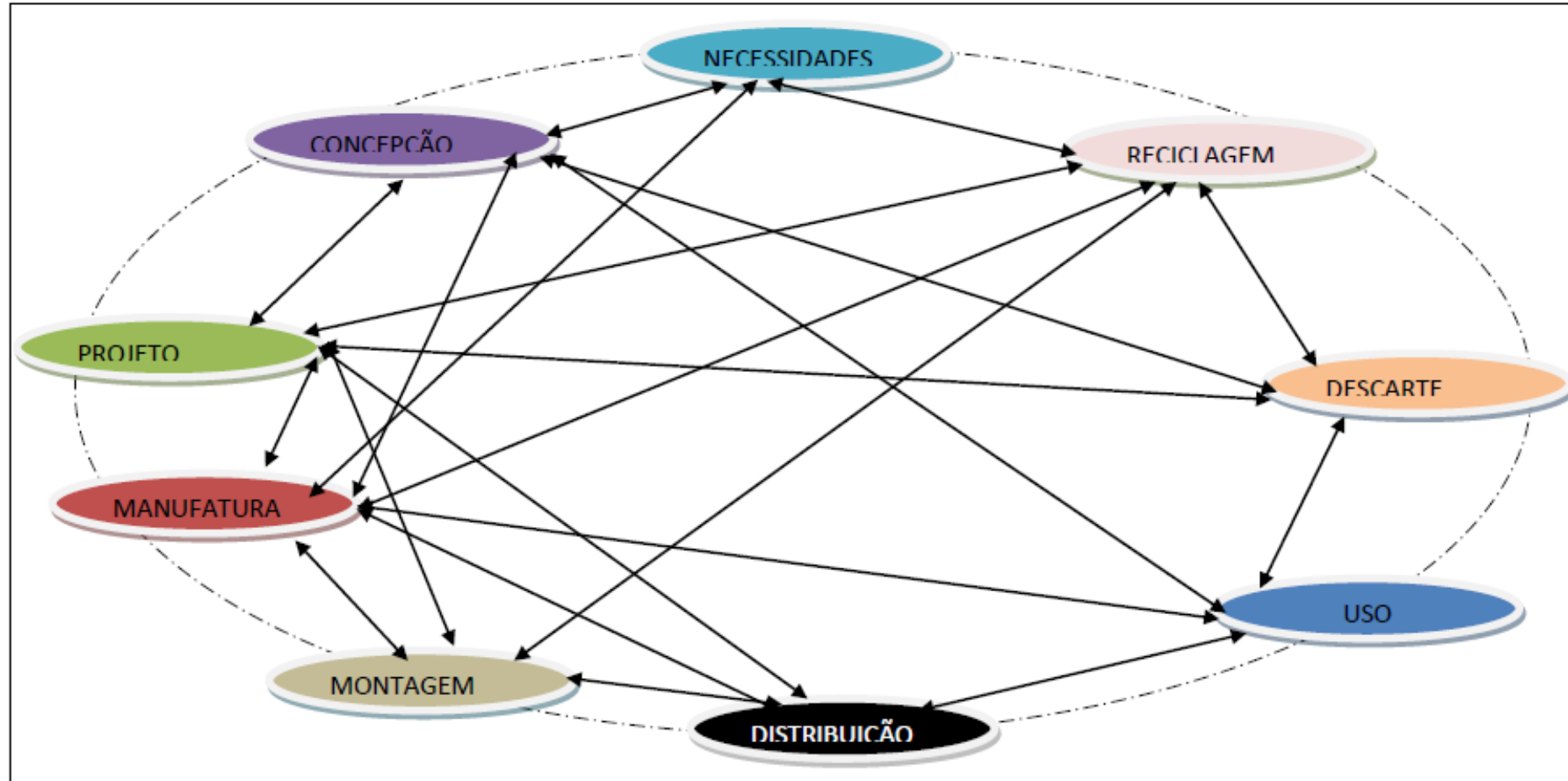


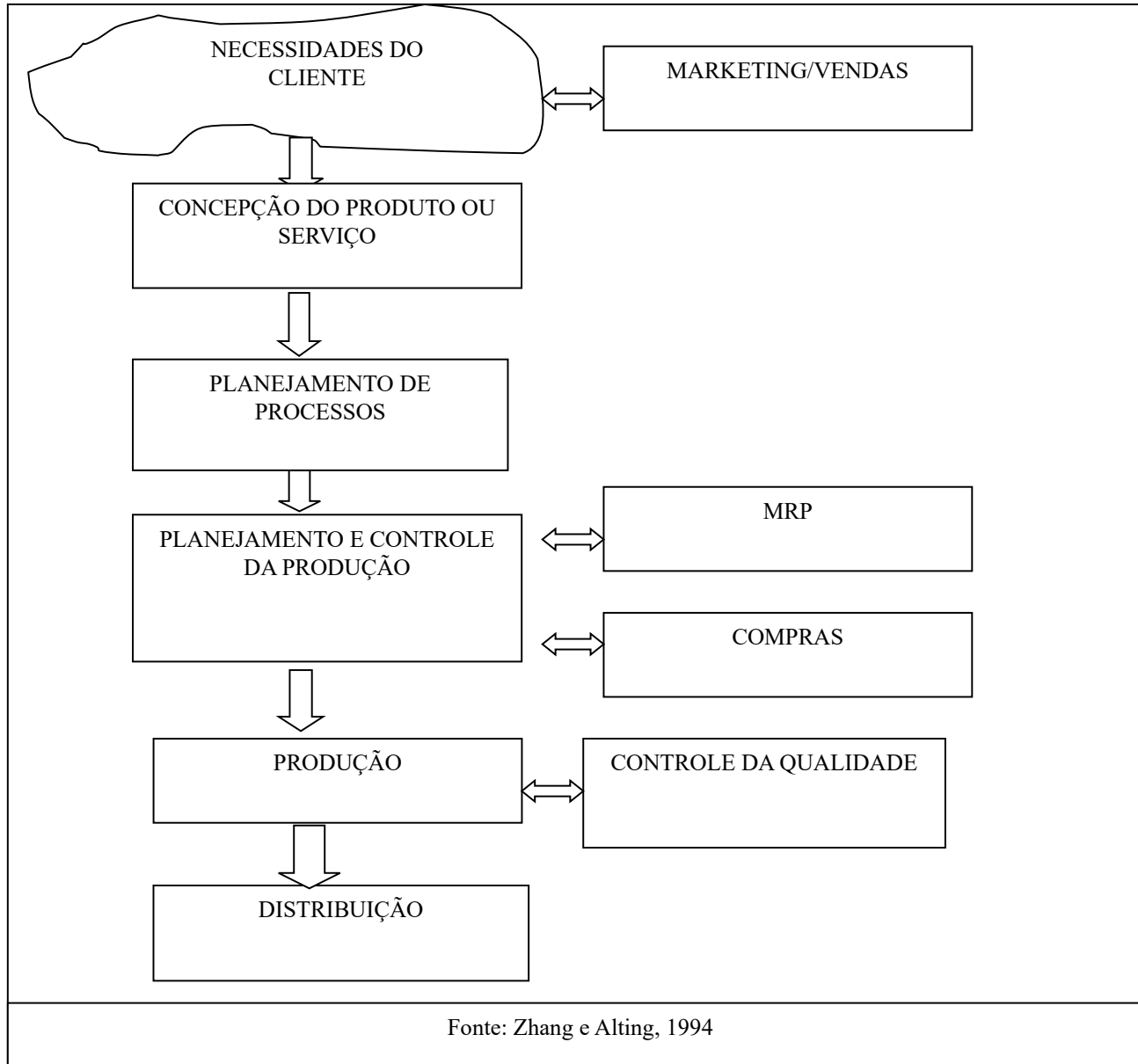
Image credits: <https://encrypted-tbn3.gstatic.com/>

ELE É BEM MAIS CAÓTICO...

UMA IDEIA APROXIMADA DE COMO ELE OCORRE EM UM SISTEMA DE MANUFATURA



SISTEMA DE MANUFATURA

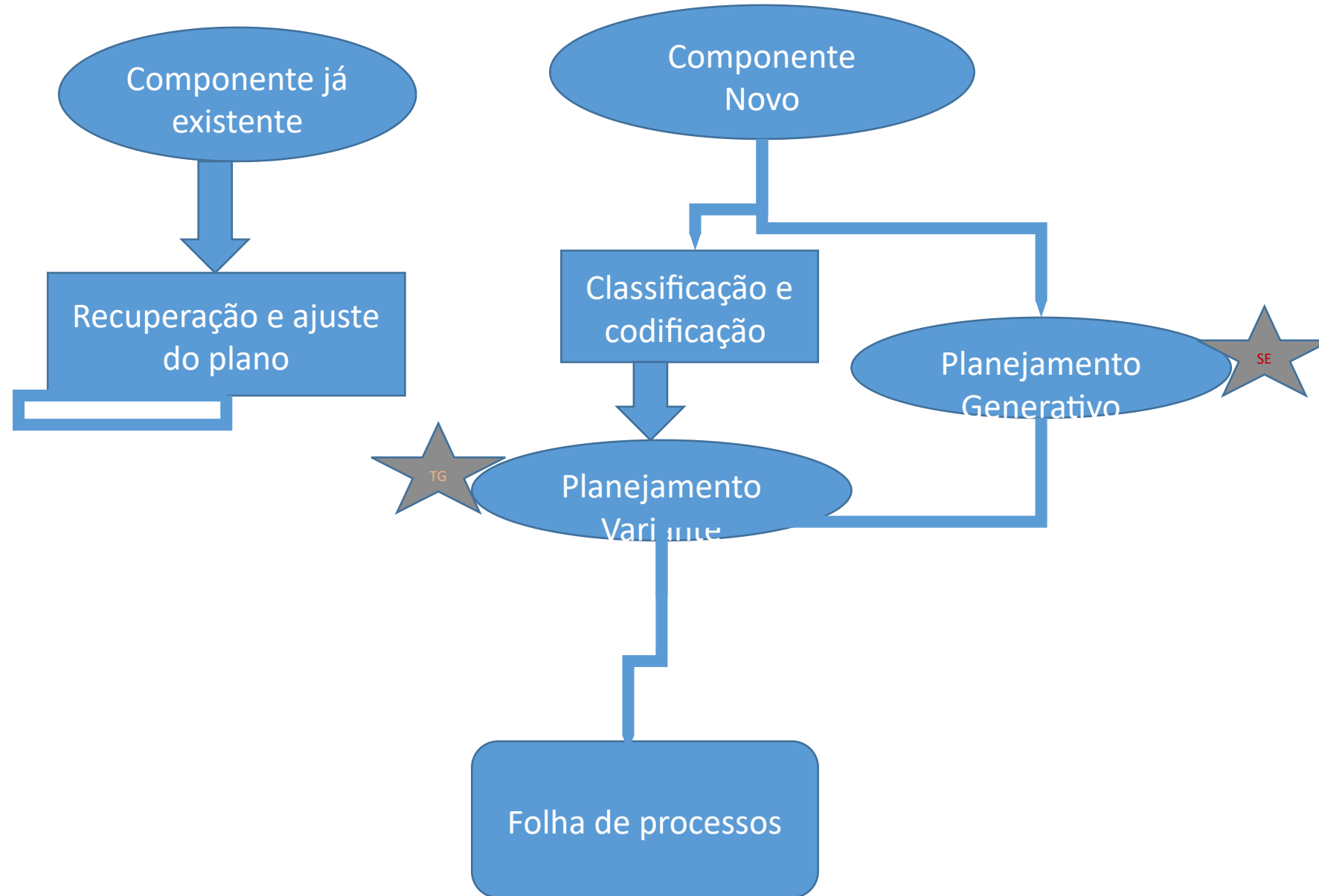


COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DE MANUFATURA

CRITÉRIO	SISTEMA DE MANUFATURA		
	Produção em massa	Produção em lotes	Produção sob encomenda
Diversificação dos produtos	Nula	Média/alta	Alta
Grau de automação	Elevado	Elevada/média	Baixo
Flexibilidade dos equipamentos	Baixa	Média/alta	Alta
Especialização da mão-de-obra	Alta	Média/alta	generalista

NECESSIDADE DE PLANEJAMENTO??

CAPP – Computer-Aided Process Planning



FOLHA DE PROCESSOS

* Deve conter informações suficientes para execução do processo; emissão de ordens de serviços; cálculo dos tempo e do custo de cada operação; identificação de gargalos e outros dados necessários ao PCP.

[illegible]

OBS.: o termo **folha** tem origem na “folha de papel”, mas atualmente, o plano de processo é processado e armazenado em um meio digital.

AÇÕES

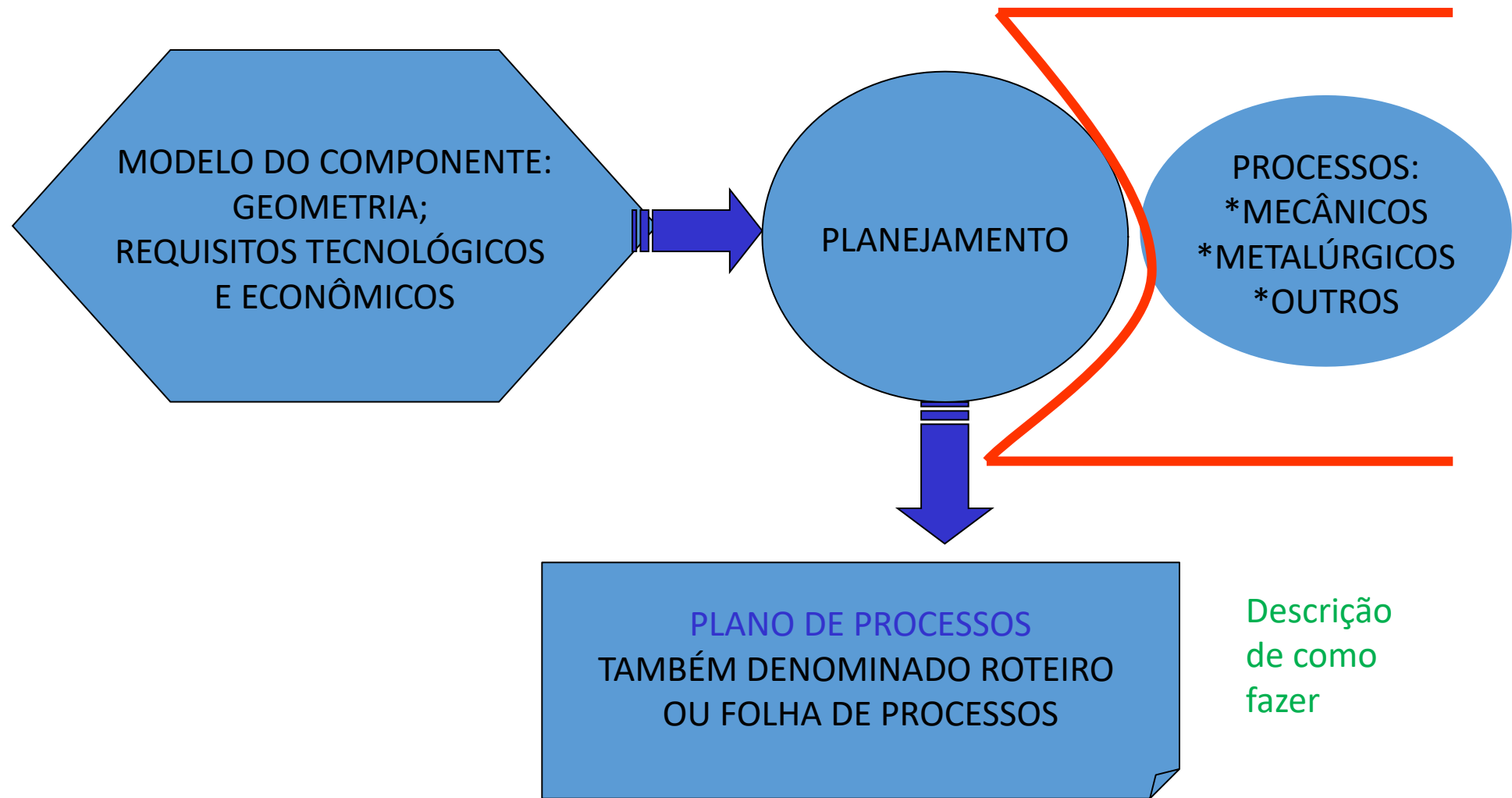
NO CONTEXTO DO
PLANEJAMENTO, AÇÃO
SIGNIFICA **COMO** MUDAR
DE ESTADO

AÇÃO $\Rightarrow$ EFEITO

PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

APLICAÇÃO DE RECURSOS
HUMANOS, MATERIAIS E ENERGÉTICOS
PARA TRANSFORMAR UM PRODUTO
DE UM ESTADO BRUTO
PARA UM ESTADO ACABADO

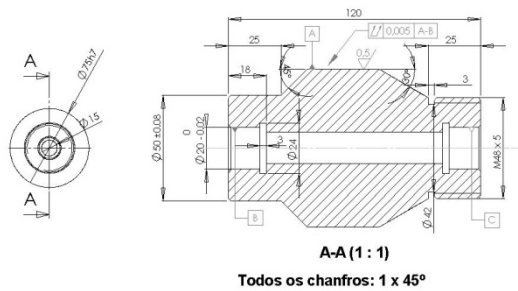
FLUXO DE INFORMAÇÕES



NÍVEL DE AUTOMAÇÃO DO PLANEJAMENTO

PLANEJAMENTO MANUAL

Desenho impresso



Planejador



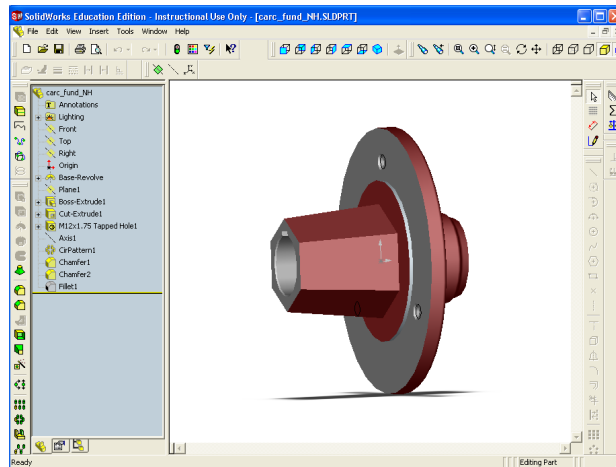
Processos



NÍVEL DE AUTOMAÇÃO DO PLANEJAMENTO

PLANEJAMENTO AUXILIADO POR COMPUTADOR (CAPP)

Modelo digital



Planejador



Processos

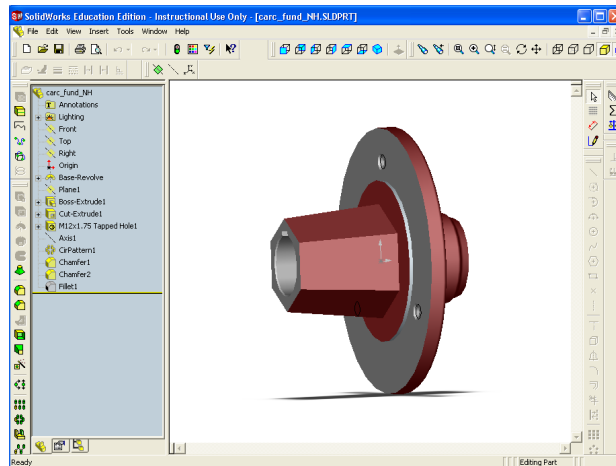


NÍVEL DE AUTOMAÇÃO DO PLANEJAMENTO

PLANEJAMENTO AUTOMÁTICO

~~Planejador~~

Modelo digital

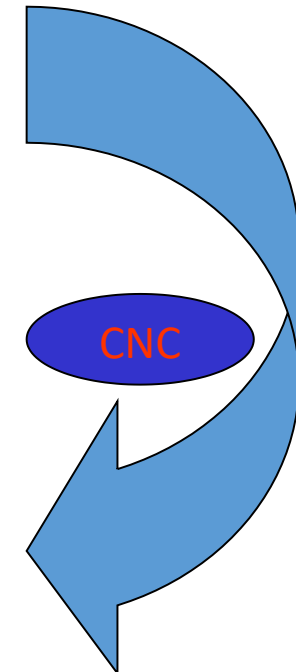
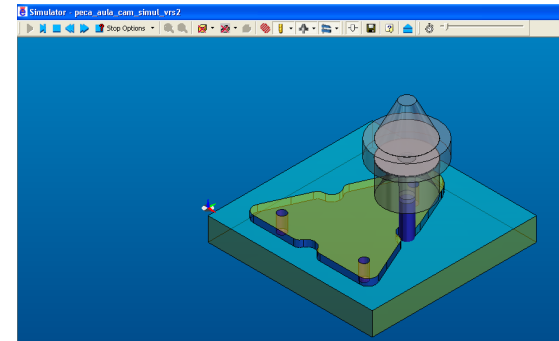
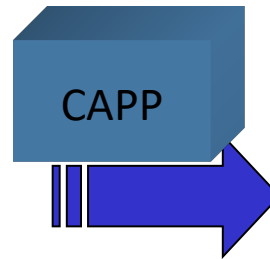
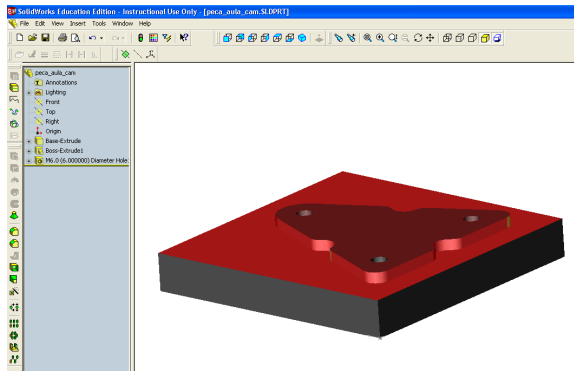


Processos



NÍVEL DE AUTOMAÇÃO DO PLANEJAMENTO “estado da arte”

EXEMPLO DA APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA CAD-CAM



PROBLEMAS AINDA NÃO RESOLVIDOS



Modelo incompleto: geometria & inf. Tecnológicas
(demanda a entrada de informações complementares)

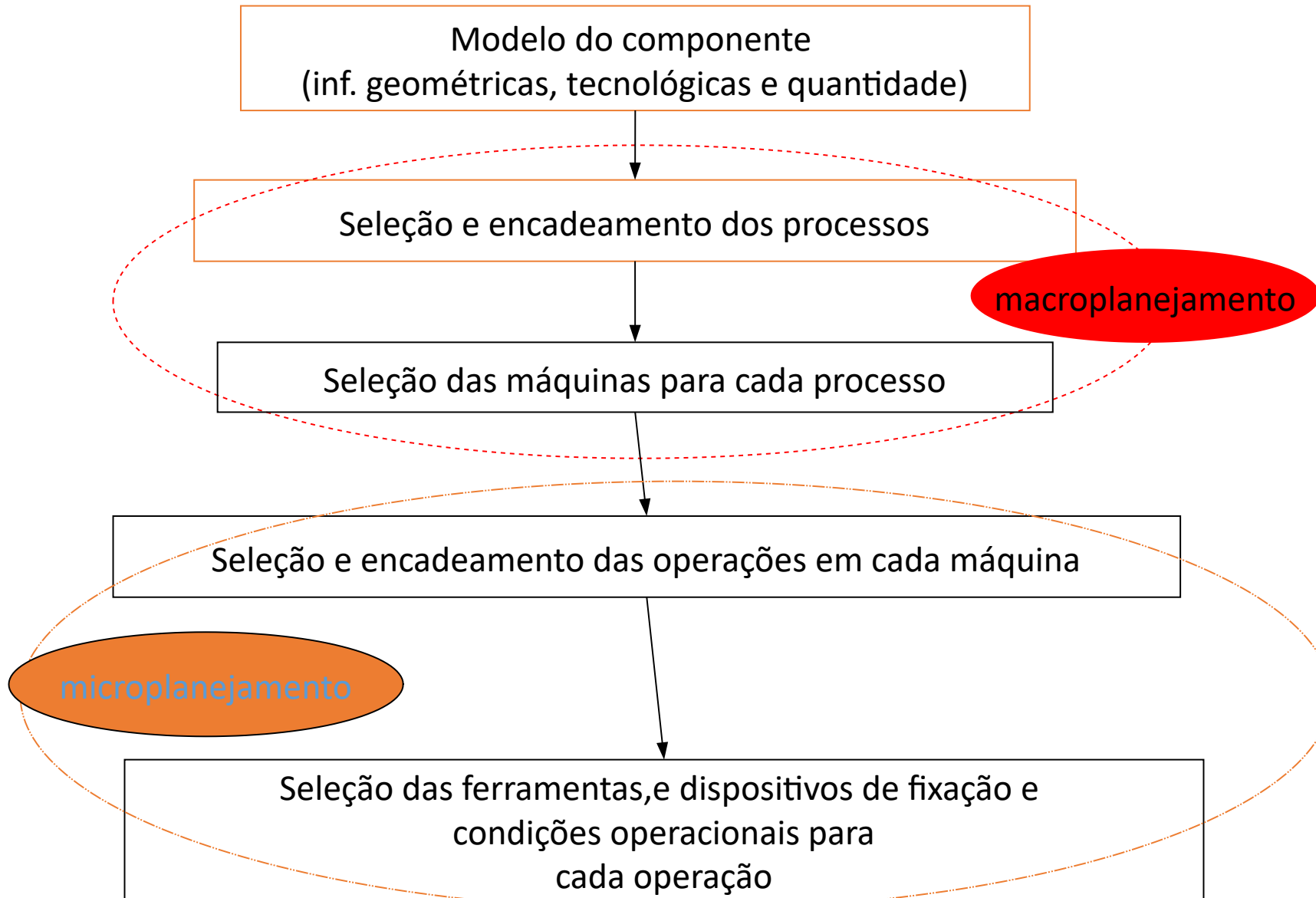


Seleção e encadeamento dos processos
(não existem sistemas para o macroplanejamento)



Seleção e encadeamento das operações
(estágio bem avançado com a utilização de features)

PLANEJAMENTO DE PROCESSOS



MODELAGEM DOS PROCESSOS

Propriedade	Tipo	Unidade	Resolução	Virmin	Virmax	Lista
Restrições técnicas						
Material	0					
Massa admissível	1	Kg	0,1			
Volume da caixa envoltória (Vce)	1	m³	0,001			
Relação (Vlq/Vce)	1		0,01			
Desvio dimensional	1	µm	0,1			
Desvio geométrico	1	µm	0,1			
Rugosidade (Ra)	1	µm	0,1			
Espessura mínima	1	mm	0,1			
Features especiais	0					
Restrições econômicas						
Tempo por peça	1	Min	0,1			
Custo horário	1	R\$	0,1			
Tempo de preparação	1	Horas	0,1			
Flexibilidade	0					****
Investimento inicial	1	R\$	1			
Tempo de implementação	1	dias	1			
Restrições de segurança humana e impacto ambiental						
Geração de resíduos não tóxicos	0					****
Geração de resíduos tóxicos	0					****
Emissão sonora	1	dB	1			
Emissão de gases e/ou vapores tóxicos	0					****
Emissão de particulados	0					****
Temperatura operacional	1	°C	1			
Energia específica	1	J/Kg	1			

*** - empregar qualificadores: Alta, média, baixa

MICROPLANEJAMENTO – DETALHAMENTO DAS OPERAÇÕES (processos de usinagem)

DISPOSITIVOS
SELEÇÃO/PROJETO

FERRAMENTAS
SELEÇÃO/PROJETO

CONDIÇÕES DE CORTE
{ V_c ; f ; a_p } e AMBIENTE

TEMPO E CUSTO DA OPERAÇÃO

DISPOSITIVOS PARA LOCALIZAÇÃO E FIXAÇÃO

FUNÇÕES

GARANTIR REPETIBILIDADE/ REPRODUTIBILIDADE
DA OPERAÇÃO

REDUZIR O TEMPO DE CARGA-DESCARGA

GARANTIR UMA CONDIÇÃO DE VISIBILIDADE MÁXIMA
(aumentar a flexibilidade de projeto da máquina)

**REQUISITOS
(ESTRUTURA)**

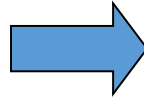
RIGIDEZ ESTÁTICA E DINÂMICA ELEVADAS

GARANTIR O PRINCÍPIO 3-2-1 DE LOCALIZAÇÃO

ESPAÇO PARA EVACUAÇÃO DE CAVACOS,
SAÍDA DE FERRAMENTAS
E FLUIDOS

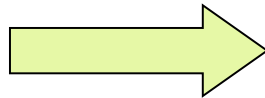
FIXAÇÃO X LOCALIZAÇÃO

FIXAÇÃO + LOCALIZAÇÃO:



DISPOSITIVOS DE FIXAÇÃO

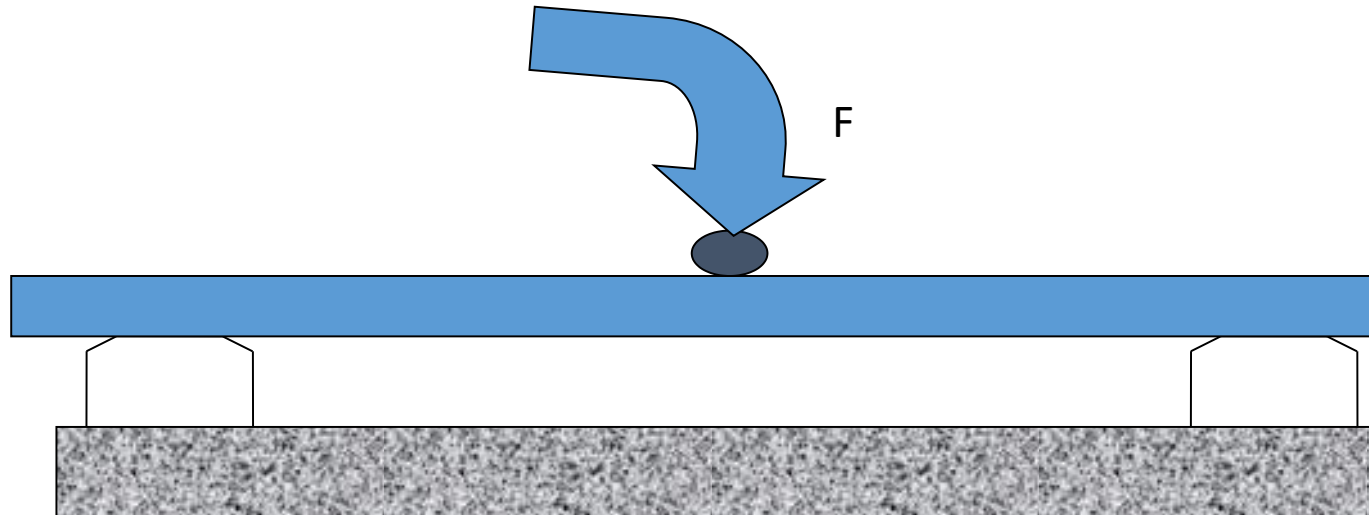
LOCALIZAÇÃO:



GABARITOS

FIXAÇÃO

- ➡ PODE SER FEITA DIRETAMENTE NA MESA DA MÁQUINA OU NA BASE DO DISPOSITIVO.
- ➡ AS MESAS POSSUEM RASGOS “T” QUE FACILITAM A FIXAÇÃO.
- ➡ AS TENSÕES DE FIXAÇÃO DEVEM SER MINIMIZADAS PARA EVITAR DEFORMAÇÕES ELÁSTICAS NA PEÇA QUE COMPROMETAM AS TOLERÂNCIAS.
- ➡ AS FORÇAS DE FIXAÇÃO DEVEM DIRIGIR A PEÇA CONTRA OS PONTOS DE LOCALIZAÇÃO.



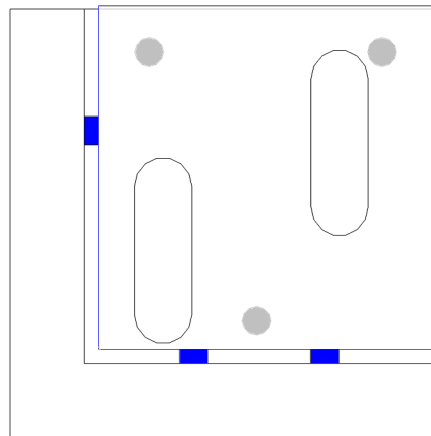
LOCALIZAÇÃO

➔ PRINCÍPIO 3-2-1 – ALINHAR A PEÇA EM TRÊS PLANOS PERPENDICULARES.

APLICA-SE ÀS PEÇAS QUE POSSUEM SUPERFÍCIES PLANAS.

GERALMENTE ADOTADO NAS OPERAÇÕES DE FRESAMENTO, FURAÇÃO, RETIFICAÇÃO PLANA, MANDRILAMENTO, ...

➔ SUPERFÍCIES DE REVOLUÇÃO SÃO LOCALIZADAS PELO ALINHAMENTO DO EIXO DE REVOLUÇÃO (DIRETRIZ). Ex.: placas autocentrantes ou blocos “V”.



CLASSIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS

UNIVERSAIS:

- Geralmente acompanham a máquina.
- Podem ser empregados na fixação/localização de vários tipos de peças.
- Ex: morsas; placas de três e quatro castanhas; pinças; divisores; grampos; mesas eletromagnéticas...

•

ESPECIAIS:

- Exigem projeto e fabricação dedicada.
- Na maioria das vezes são concebidos para um tipo de peça ou família.

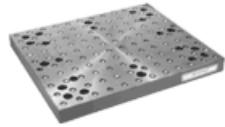
MODULARES:

*combinação de grampos e localizadores sobre uma plataforma com furos lisos e roscados

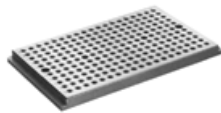
TÉCNICAS DE FIXAÇÃO/LOCALIZAÇÃO

(alguns exemplos...)

Dispositivos modulares



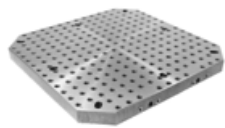
Rectangular
Tooling Plates
Modular



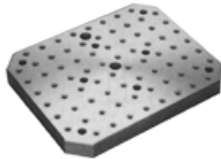
Rectangular
Tooling Plates
Modular (Mini)



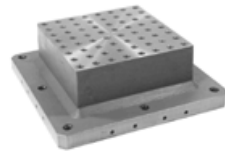
Round Tooling Plates
Modular



Square Pallet
Tooling Plates
Modular



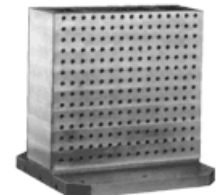
Rectangular Pallet
Tooling Plates
Modular



Platform
Tooling Plates
Modular



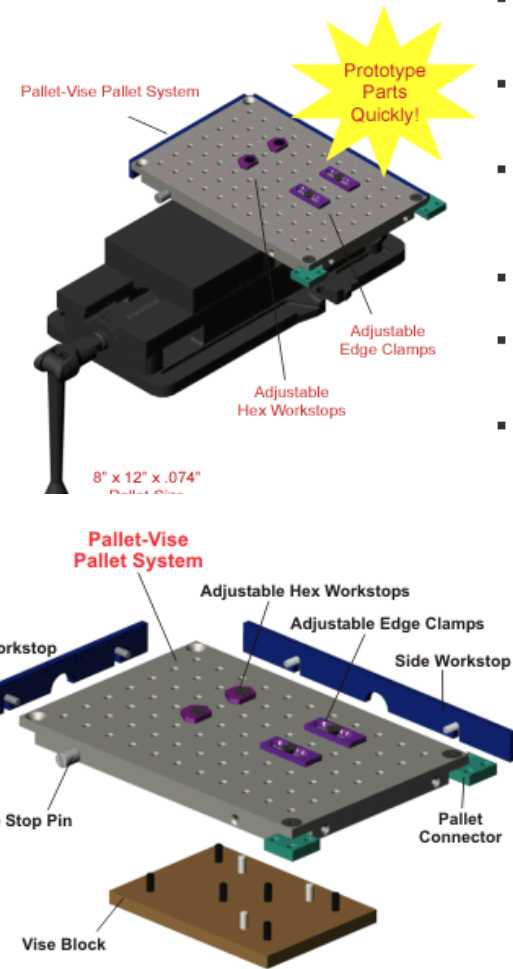
Angle Tooling Plates
Modular



Two-Sided Tooling Blocks
Modular



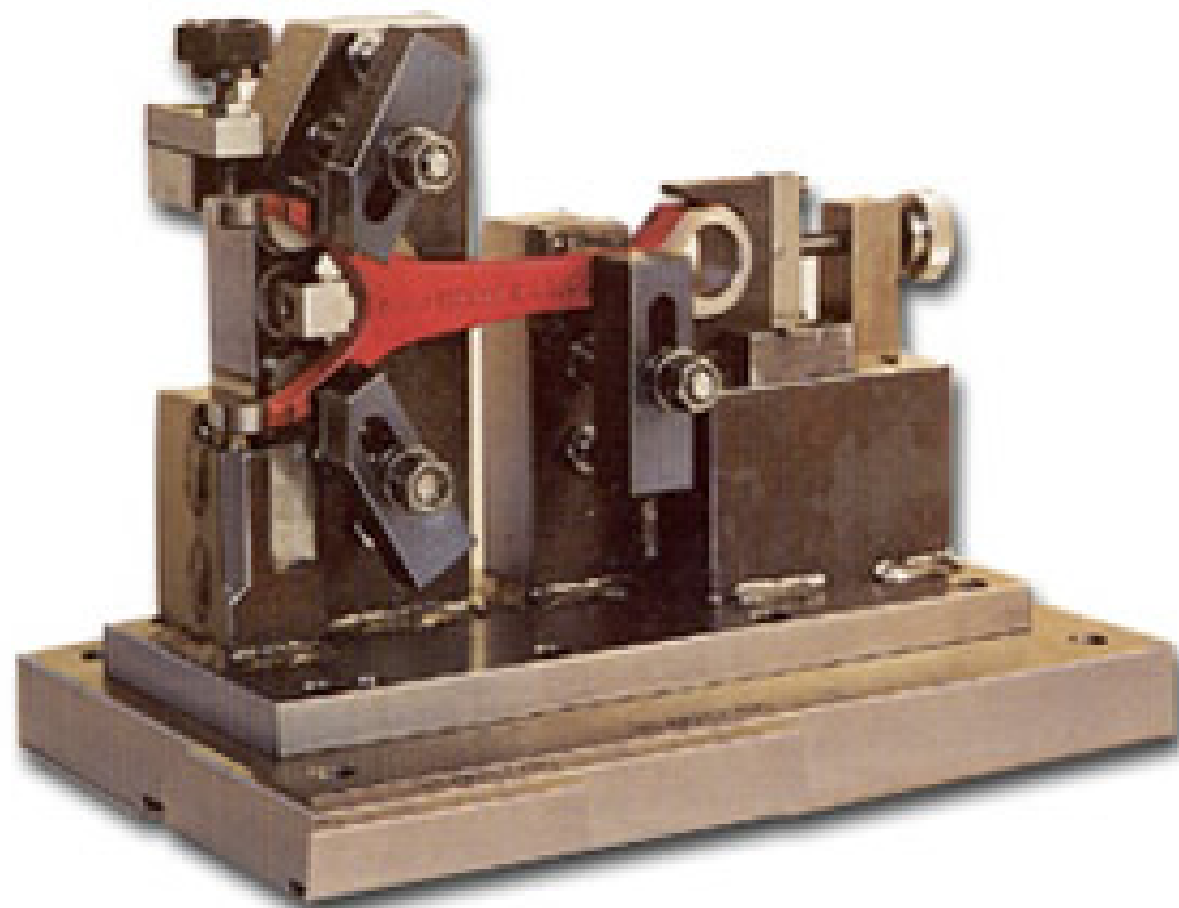
Four-Sided Tooling Blocks
Modular



Link: <http://www.carrlane.com/Catalog/index.cfm/>

http://www.2linc.com/Pallet_Vise_workholding.htm

DISPOSITIVO ESPECIAL



Placa de Fixação a Vácuo "VVC"



Placa Permanente tipo Monobloco



Link: <http://www.metalmag.com.br/placald01.htm>

Reference Free Part Encapsulation (RFPE)

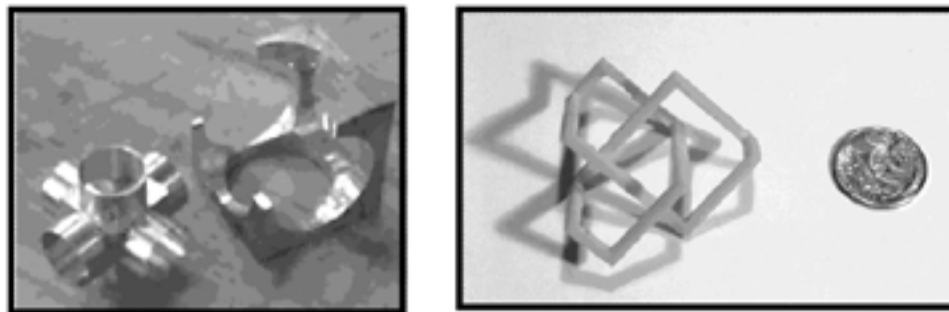
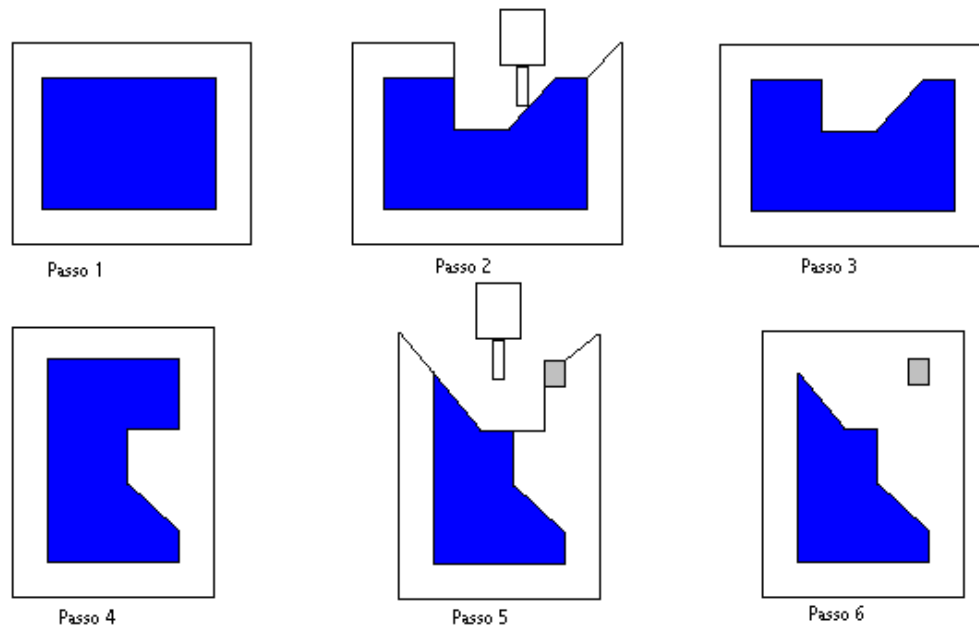
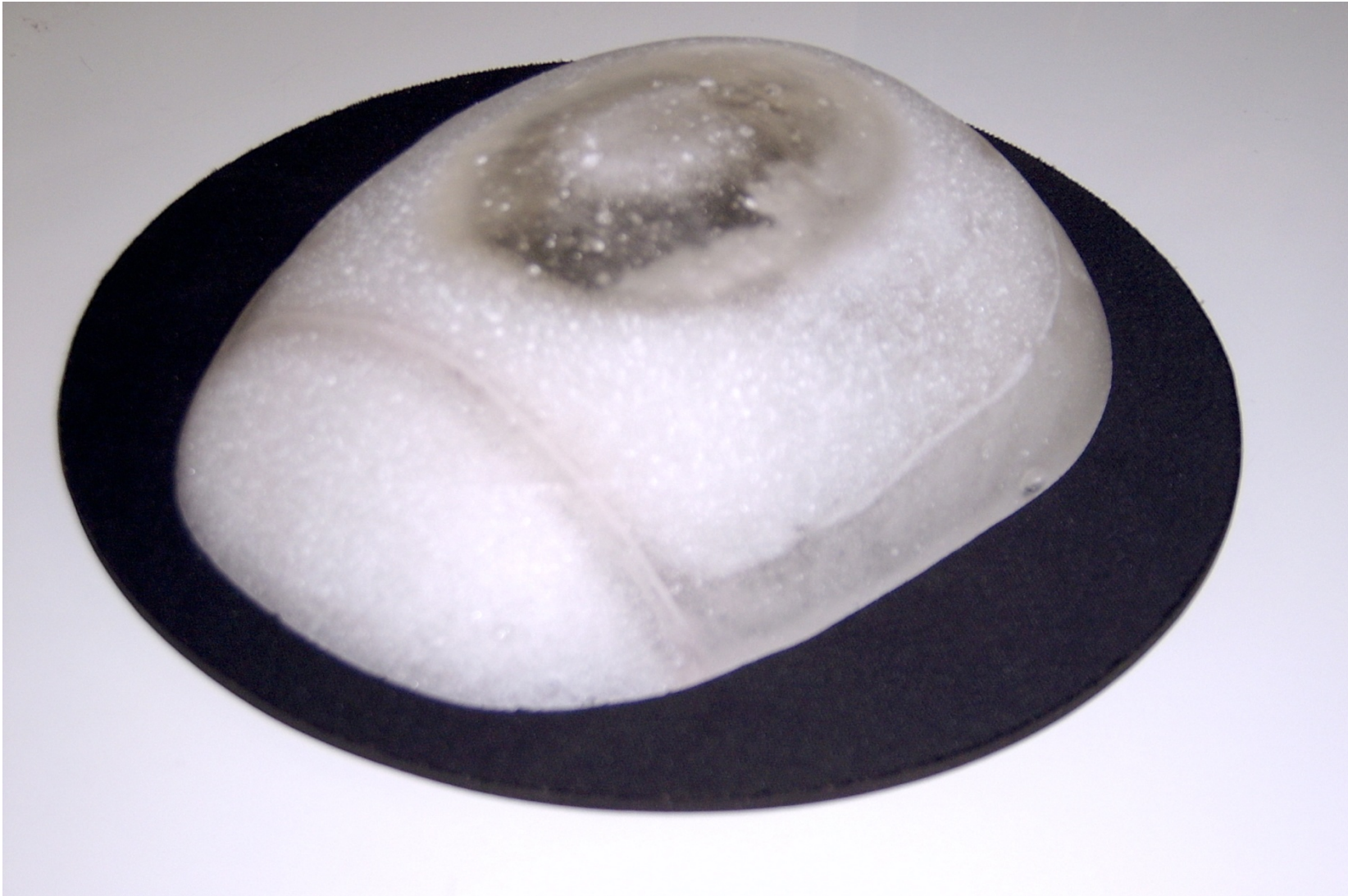


Figure2. Machined parts using RFPE. The tube walls are less than 1/32-in. thick. The overall dimension is 4x4x4 in. Also shown is the scrap block from which the part was machined.

Fonte: Sanjay Sarma

Fixação com material de sacrifício



Primeira fixação: dispositivo universal



Segunda fixação: pelo próprio material com auxílio de cola

