

# Planejamento de Processos Auxiliado Por Computador

**CAPP**

*(Computer Aided Process Planning)*

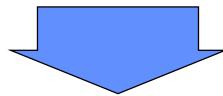
Prof. Roberto Rosso Jr., Ph.D.

UDESC/CCT

Departamento de Ciência da Computação

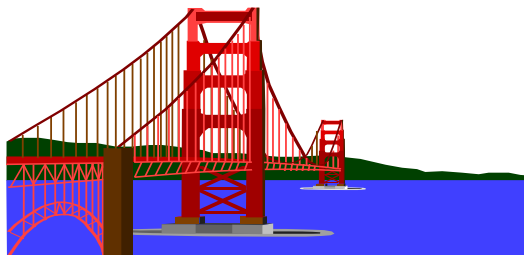


Planejamento



**CAPP**

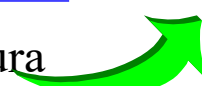
C  
A  
D



C  
A  
M



Projeto Manufatura

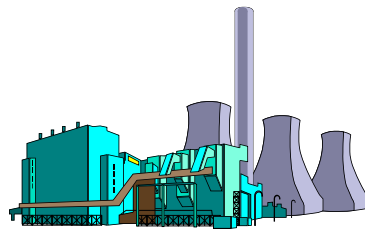


## Onde é USADO ?

- O CAPP é usado nas Atividades Industriais em especial:

### Usinagem dos metais,

Processo de Fundição,  
Conformação e  
Manufatura Aditiva.



## Terminologias Mais Usadas

- Planejamento de processos,
- Planejamento da manufatura,
- Processamento de materiais,
- Roteiro de usinagem.[1]

## Definições

- É o subsistema responsável pela conversão de dados de projeto em instruções de trabalho. [1]
- É a atividade que estabelece os processos de usinagem e os parâmetros de corte que serão usados para converter matéria bruta em peça acabada. [1,2]

## Definições

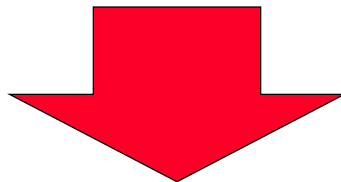
- É o ato de preparar o detalhamento das instruções de trabalho para produzir uma peça. [1,2]
- Coleção de atividades de planejamento, necessárias para converter um desenho de uma peça em um produto manufaturado. O seu objetivo é selecionar a sequência de operações e o processo de transformar a matéria prima em produto acabado. [1]

## Uma Definição mais Completa

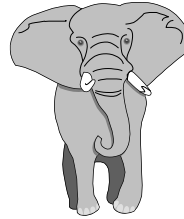
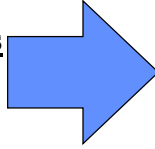
- Pode ser definido como a atividade responsável pela conversão de dados de um projeto em instruções de trabalho, detalhando sistematicamente a sequência de usinagem, os métodos e parâmetros de corte que serão usados para converter uma matéria bruta em peça acabada de maneira econômica e competitiva.

## Onde é USADO?

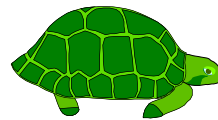
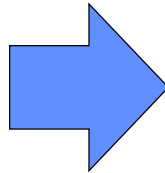
- O Homem das cavernas já planejava suas caçadas mesmo de maneira simples.



Precisa-se de muitos  
homens, armas  
fortes e velocidade.



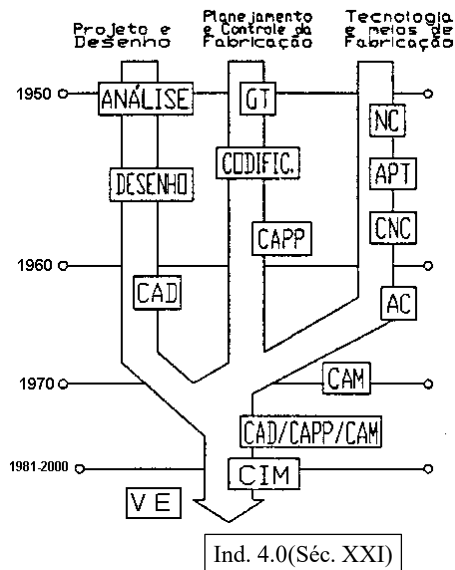
Não precisa correr  
muito, armas  
leves.



## CAPP - Histórico[2,3]

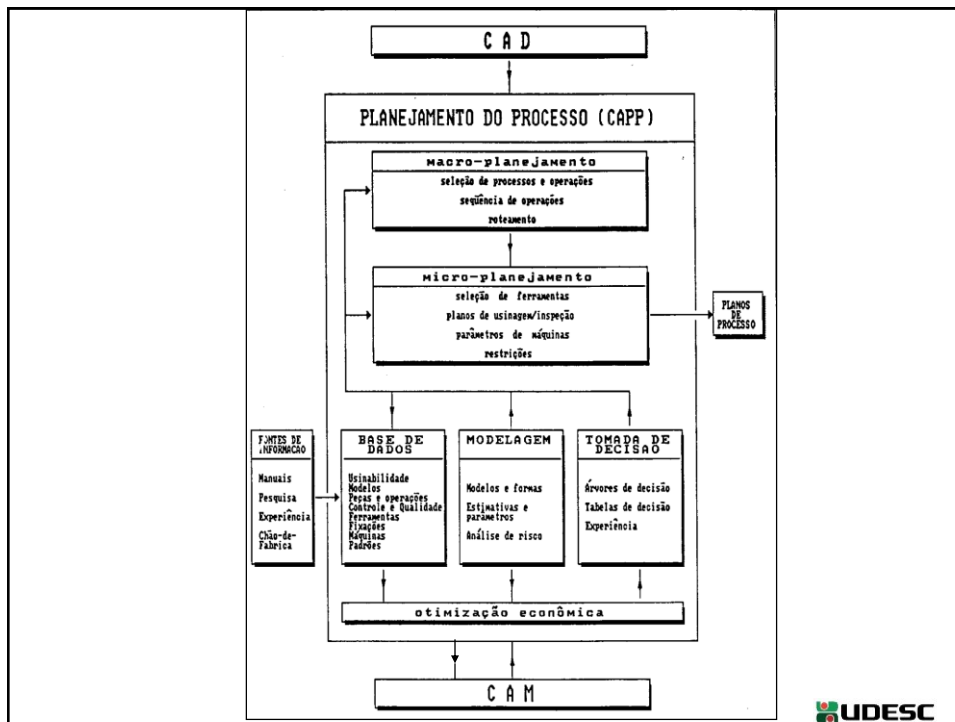
- Meados dos anos 60 do Séc. XX - Primeira tentativa com Niebel [11]
- 1966 -Schenck -Mostra a exequibilidade
- 1976 - Surgem : CAM- I , MIPLAN
- 1977 - APPAS(Wisk)
- .....AUTAP,AUTOCAP,GARI,CPPP.....
- Década 90- CAPPE - KSR - Brasil

## Evolução das Tecnologias CAD/CAPP/CAM

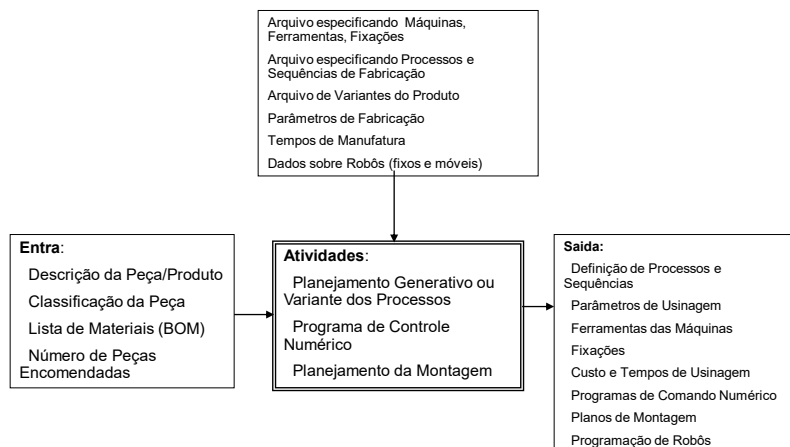


Adaptado de[4]





## Atividades do Planejamento de Processos (CAPP) e da Manufatura (CAM) (Adaptado de Rembld93:25)



## Macro Planejamento

(Macro Planning)

- Envolve atividades relacionadas ao planejamento do processo de fabricação de **uma determinada peça**.
- Inclui-se neste nível: seleção de matéria-prima, seleção dos processos e operações, desenvolvimento da sequência de operações e seleção das máquinas-ferramentas. [3]

## Micro Planejamento

(Micro Planning)

- Envolvendo o planejamento de detalhes relativos **a cada operação** individualmente.
- Incluem-se: determinação de planos de corte, cálculos dos parâmetros de corte, seleção das ferramentas e fixações, superfícies de referência e cálculo de tempos de usinagem.[3]



## Principais Etapas do P. de Processo.

- ANÁLISE DO DESENHO
- SELEÇÃO DE MATÉRIA - PRIMA
- SELEÇÃO DE OPERAÇÕES E PROCESSOS
- DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DE OPERAÇÕES
- SELEÇÃO DAS MÁQUINAS-FERRAMENTAS
- SELEÇÃO DE FERRAMENTAS
- DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE CORTE
- FIXAÇÃO DA PEÇA.
- SELEÇÃO DAS SUPERFÍCIES DE REFERÊNCIA

## Seleção de Operações e Processos

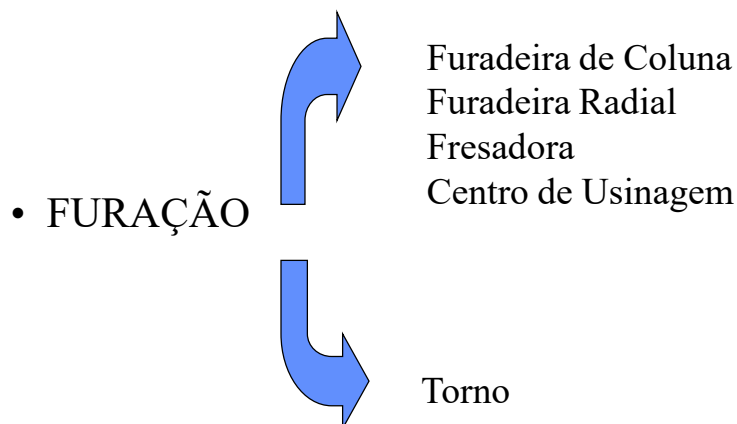
- Para executar um furo executa-se a operação de furação;
- Esta pode, por exemplo, ser um furo que , dependendo da situação poderá ser realizado por: furação com sequência de brocas, ciclo de furo profundo(pica-pau), Laser, jato d'água, etc;
- Cabe ao processista a decisão.

## DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DE OPERAÇÕES

No caso anterior, se optar por uma sequência de operações de furação, esta deverá obedecer uma ordem, na qual tem-se:

- a) broca de centro;
- b) brocas de diâmetros e comprimentos sucessivos e crescentes até;
- c) broca com o diâmetro de comprimento para obter o furo desejado.

## SELEÇÃO DAS MÁQUINAS-FERRAMENTAS



## Tipos de Planejamento

- Manual
- Auxiliados Por Computador



CAPP - Variante

Híbrido?

CAPP - Generativo

## Planejamento Manual

- **Vantagens:** Mais barato, independe de hardware ou software, flexível.
- **Desvantagens:** Fortemente dependente do ser humano e sua experiência, falta de padronização, demorado, tendendo a ser repetitivo e ENFADONHO, poucas chances de otimização.

## Vantagens do Planejamento de Processos Auxiliado por Computador - CAPP

- Pode reduzir a necessidade de experiência do Processista.
- Reduz o tempo de planejamento do processo.
- Pode reduzir custos de manufatura.
- Leva a criação de planos mais precisos e consistentes.
- Pode melhorar a padronização dos planos.
- Pode aumentar a Produtividade.



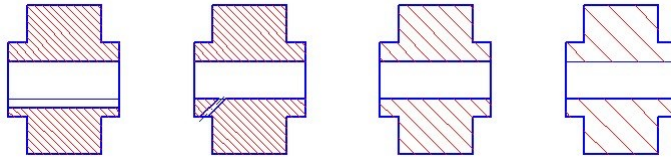
## CAPP - Forma Variante

- Uso de Tecnologia de Grupo-TG (ou Group Technology - GT) conceito praticado por TAYLOR no início do século e formalizado por Mitrovanov na década de 40/50.
- Técnicas de Classificação e Codificação para agrupar as peças em **FAMÍLIAS**.
- Famílias são criadas por similaridades de fabricação.
- Cada família tem um plano de processo padrão.



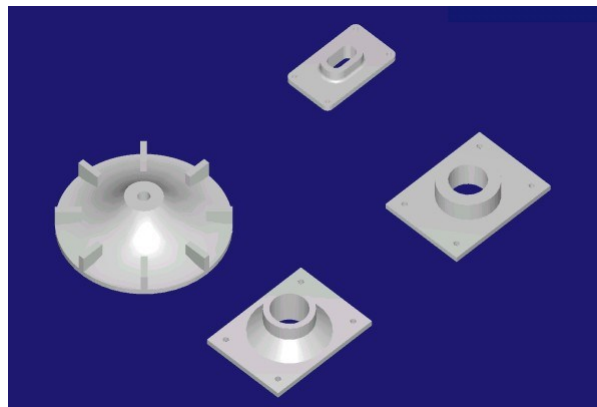
# Família de Peças

Agrupadas por Critério Geométrico

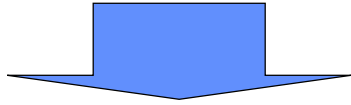


# Família de Peças

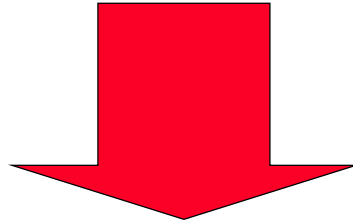
Agrupadas por Critério de Processo



O CAPP Variante é Implantado em dois  
estágios bem diferenciados

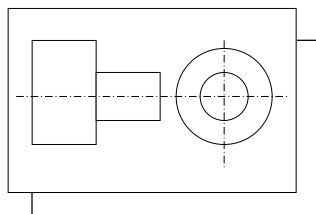


Estágio de Preparação

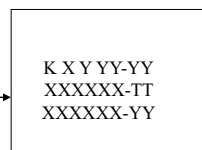


*Estágio de Produção*

## Estágio de Preparação



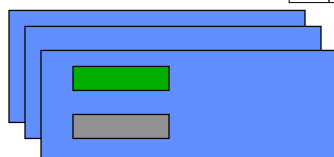
Projeto



Codificação

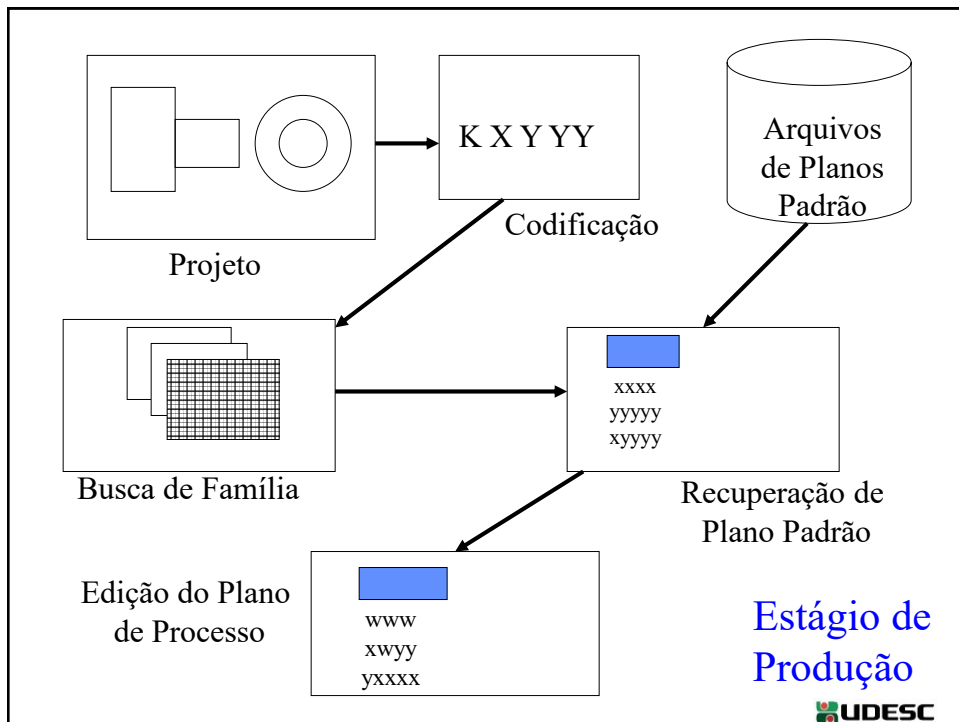
Formação de Família

Família A						
1	1		1		1	
	1		1			1
	1	1	1			1
			1		1	



Plano de Processo

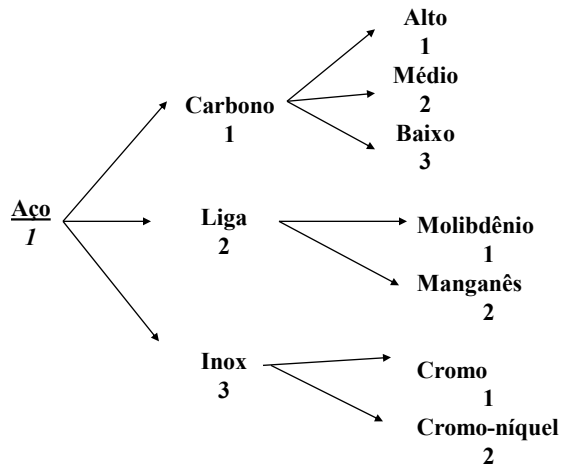




## Tipos de Códigos paraTG<sup>[2,5,6]</sup>

- **Monocódigos**(ou hierárquicos)-estrutura tipo árvore onde cada dígito ou caracter amplia a informação do anterior;
- **Policódigos** (ou em cadeia)-Neste tipo de código cada símbolo é independente do anterior;
- **Híbridos**- A maioria das estruturas dos sistemas de códigos é mista, ou seja são pequenos monocódigos interligados por policódigos.

## Exemplo de Estrutura Hierárquica ou Monocódigo<sup>[5]</sup>



## Matriz de fluxo peça-máquina<sup>[6]</sup>

Peças

Máquinas		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
	A-B								x	x		x		x	x	
	C								x	x	x	x				
	D		x		x			x								
	E-F			x		x				x	x					
	G	x					x						x			
	H-I	x	x	x	x	x	x						x	x	x	x
	J-K	x	x	x	x	x	x						x	x	x	x



# Matriz de fluxo peça-máquina

Peças

Máquinas

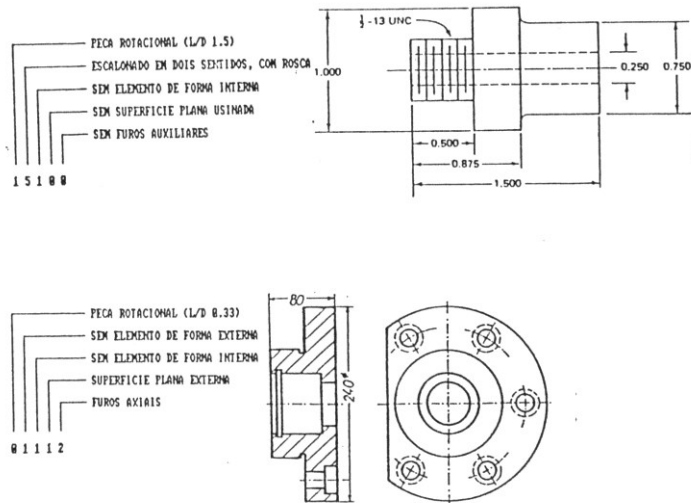
	a	f	l	o	b	d	g	c	e	h	i	j	k	m	n
AB										x	x		x	x	x
C										x	x	x	x		
D					x	x	x								
EF								x	x		x	x			
G	x	x	x												
HI	x	x	x	x	x	x		x	x					x	x
JK	x	x	x	x	x	x		x	x					x	x

Exemplo de policódigo para  
as máquinas a partir da  
matriz anterior<sup>[6]</sup>

Máquina Código

A-B ->FURADEIRA	1
C-> TORNO	2
D->PRENSA	3
E-F->FRESADORA	4
G-> POLITRIZ	5
H-I->RETÍFICA	6
J-K->SERRA	7

## Exemplo de Codificação de peça com OPITZ<sup>[5]</sup>



UDESC

## Exemplos de Sistemas de Codificação<sup>[2,5]</sup>

OPITZ	Aachen-RWTH
CODE(MDSI)	Manufacturing Data Systems, Inc.
MICLASS	TNO- Holanda
KK-3	Japan Soc. for the Promotion of Machine Industry(JPMSI)
SCC-GRUCON	UFSC- BRASIL

## CAPP - Forma Generativa

- Geração de um plano de trabalho a partir de informações contidas numa base de dados de manufatura **sem a intervenção humana**.
- Uma vez recebido o modelo do projeto, o sistema deve ser capaz de selecionar as operações e a sequência de trabalhos necessários para fabricar a peça.

## Principais vantagens

- É apto para trabalhar com sistemas de manufatura com muita variação nos itens de produção;
- Pode gerar planos consistentes rapidamente;
- Tem facilidade para produzir planos para novas peças;
- Pode ser interfaceado com outras atividades da empresa (CAD, CAE, CAM, Custos, etc.), desta forma recebendo e transmitindo informações atualizadas.

## Entradas de Dados

- Códigos de T.G.
- Linguagem descritiva
- Modelamento  
em sistemas CAD

## Entrada de dados via CAD

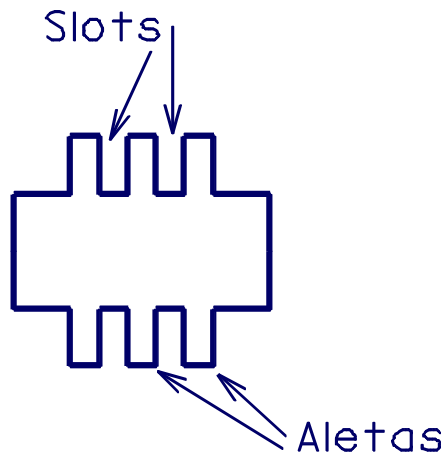


**Sistemas Paramétricos ou Não**



**Sistemas baseados em Features**

## CAD Baseado em Features<sup>[7]</sup>



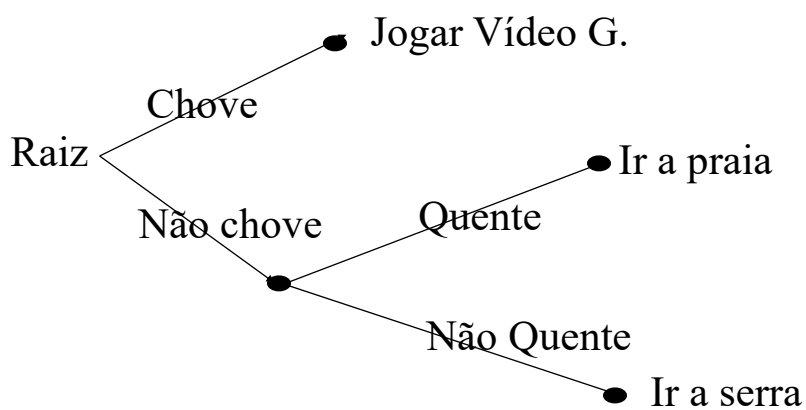
## Estruturas de Decisão

- Tabelas de Decisão
- Árvores de Decisão
- Inteligência Artificial

## Tabela de decisão<sup>[2]</sup>

Chovendo	V	F	F
Quente		V	F
Jogar Video	X		
Ir a praia		X	
Ir a serra			X

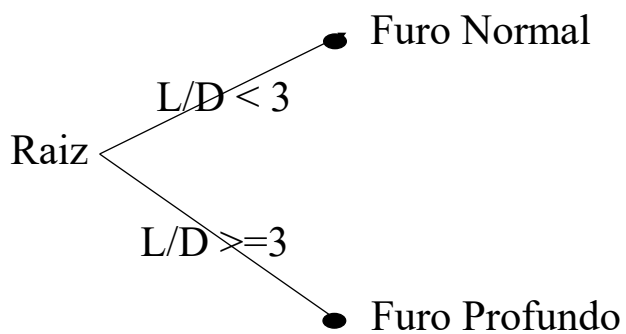
## Árvore de Decisão<sup>[2]</sup>



## Tabela de Decisão

$L/D \geq 3$	V	F	
$L/D < 3$	F	V	
Profundo	X		
Normal		X	
Cego			X

## Árvore de Decisão



## Tendências recentes

- Lógica fuzzy
- Uso de Redes Neurais Artificiais
- Algoritmos Genéticos
- STEP/STEP-NC
- Entre outras

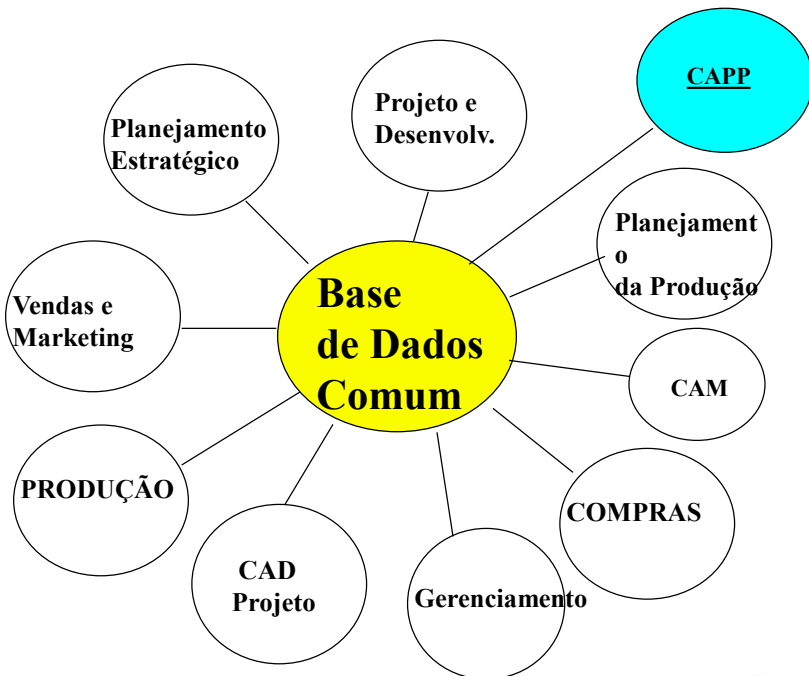
## CAPP - Forma Híbrida

- **Características** comuns a ambas as formas (variante e generativa);
- **Gera** os processos e pode recupera-los posteriormente;
- É bastante **interativa**.



## CAPP junto a outras tecnologias e sua Integração(CIM)

- A utilização de Tecnologias Auxiliadas por Computador pode ser potencializada caso sejam integradas.
- O CAPP é fundamental para o CIM e este é antes de tudo uma decisão estratégica, e não apenas econômica.
- O CAPP é uma das ILHAS a serem integradas numa estratégia CIM.[9]



# Bibliografia

- [1] EW, Alexandre Norman. O Planejamento do Processo Auxiliado por Computador com Exemplo de Aplicação em Operações de Furação. Dissertação, Mestrado em Engenharia Mecânica. UFSC, 1989.
- [2] CHANG, Tien-Chien; WYSK, Richard A. An Introduction to Automated Process Planning Systems. Englewood Cliffs:Prentice-Hall. 1985.
- [3] SILVA, Alexandre Dantas Pinheiro da. Uma Nova Estratégia de Programação NC em Ambiente CAD/CAPP/CAM. Dissertação, Mestrado em Engenharia Mecânica. UFSC, 1990.
- [4] DALLA ROSA, João Marcos. Uma contribuição a para a integração CAD/CAPP. Dissertação, Mestrado em Engenharia Mecânica. UFSC, 1989.
- [5] LORINI, Flavio José. Aplicação da tecnologia de grupo na organização de ambientes de manufatura. Dissertação, Mestrado em Engenharia Mecânica. UFSC, 1991.
- [6] LORINI, Flavio José. Tecnologia de grupo e organização da manufatura. Florianópolis: UFSC 1993.

# Bibliografia(continuação)

- [7] JOSHI, Sanjay. CAD Interface for Automated Process Planning. Tese Doutorado. Departamento de Engenharia Industrial. Purdue University, 1987.
- [8] HITOMI, K. Manufacturing Systems Engineering.: a unified approach to manufacturing technology and production management. Taylor & Francis : Londres. 1979.
- [9] BROWNE, Jimmie; HARHEN, John; SHIVNAN, James. Production Management Systems : a CIM perspective. Addison-Wesley: Wokingham. 1988.
- [10] REMBOLD, U.; NNAJI, B.O.; STORR, A. Computer Integrated Manufacturing and Engineering. Workingham: Addison-Wesley. 1993.
- [11] NIEBEL, B.W., Mechanised Process Selection for Planning New Designs, ASME Paper No. 737, 1965.