

# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- **Evolução do CAPP**

- CAD  $\Rightarrow$  CAPP  $\Rightarrow$  CAM

- Muitos esforços para criar sistemas CAPP  $\Rightarrow$  acadêmicos

- Atenção da indústria para o CAPP  $\uparrow$  :

- ◇ Qualidade dos planos de processo  $\leftarrow$  conhecimento (inteligência e experiência) do processista.

- \* Nº de indústrias necessitando da atividade de planejamento do processo  $\uparrow\uparrow\uparrow$ ; Nº processistas  $\uparrow$

- \* habilidade  $\uparrow \Rightarrow$  perda do conhecimento com a saída deste profissional, a menos que se encontre meios de preservar este conhecimento e experiência.



# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- **Evolução do CAPP**

- Tempo ↑ mesmo para um especialista :

- \* Nº de planos de processo ↑ (variedade de peças) ⇒ tarefa tediosa; decisão segundo um grupo padrão de processos, em vez de considerar cada alternativa e selecionar a melhor.
    - \* Pressões de datas de entrega ⇒ erros; sequência de operações que não seja muito eficiente ou econômica.



# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- ◇ Grau de variabilidade ↑
  - \* Amostra de 425 engrenagens relativamente simples, foram gerados manualmente 377 planos de processo diferentes, 54 tipos diferentes de máquinas, e 15 tipos diferentes de materiais.
- ◇ Atividade altamente subjetiva.
- ◇ Empresas → instalações integradas em níveis operacionais locais (p.ex. sistemas CAD, sistemas de gerenciamento de materiais), para uma integração progressiva de sistemas.
  - \* Pressões decorrentes de competição do mercado → CIM
- CAPP ⇒ área crucial para P&D



# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- Sistema CAPP completo deve incluir:
  - interface com o CAD,
  - seleção de materiais,
  - seleção de operações,
  - seqüência das operações,
  - seleção de máquinas,
  - seleção de ferramentas,
  - determinação das superfícies intermediárias,
  - seleção de dispositivos de fixação,
  - seleção de condições de fabricação,
  - estimativa de tempos e/ou custos.



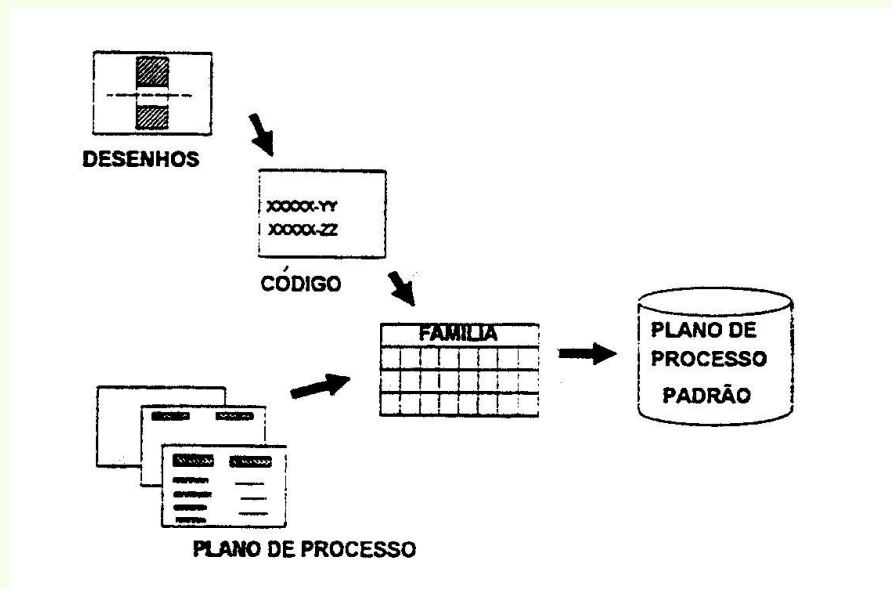
# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- **Abordagem Variante**

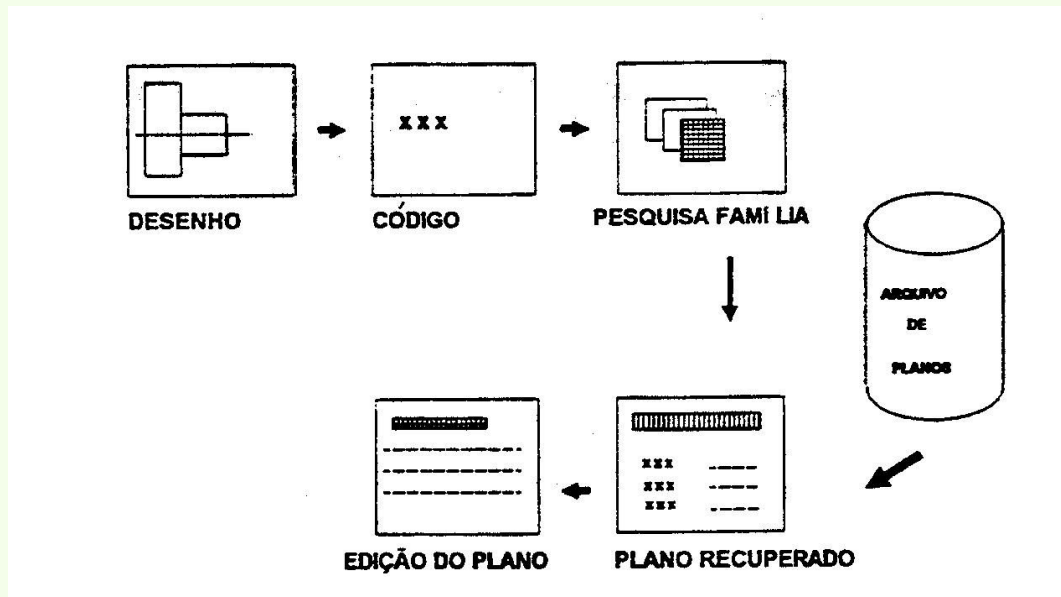
- Aplica-se a Tecnologia de Grupo (GT). Passos gerais de desenvolvimento:

- Estabelecer um esquema de codificação: oferece um modo relativamente fácil de identificar similaridades entre peças (existentes ou novas)
    - Há vários sistemas de C&C disponíveis → empresas podem adquirir um sistema C&C comercial sofisticado, mas a maioria delas prefere desenvolver o seu próprio
    - Sistema C&C (comercial ou não) deve abranger todas as peças, e aquelas que serão planejadas no futuro.





*Estágio preparatório*



*Estágio de produção*



# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- *Exemplo Simplificado de Sistema CAPP Variante*
  - Sistema de codificação simplificado será utilizado (ver figura) → este sistema C&C não é considerado apropriado para uma aplicação real, porém é suficiente para descrever os princípios de codificação para o planejamento do processo.
  - Código → “CODE”



		Dígito 1	Dígito 2		Dígito 3		Dígito 4
		<i>Forma Primária</i>	<i>Forma secundária</i>		<i>Forma auxiliar</i>		<i>Forma inicial</i>
<b>0</b>	Ro-	$L/D \leq 0,05$	Sem elemento de forma		Sem elemento de forma		Barra redonda
<b>1</b>	ta-	$0,05 < L/D < 3$	Degraus	Sem elemento de forma	F	Sem elemento de forma	Barra hexagonal
<b>2</b>	cio-	$L/D \geq 3$	com seção transversal	Com rosca	u	Com rosca	Barra quadrada
<b>3</b>	nal	$L/D \leq 2$ com elemento não-axisimétrico		Com rasgo	r	Com rasgo	Chapa
<b>4</b>		$L/D > 2$ com elemento não-axisimétrico	circular	Seção transversal rotacional	o	Furos com padrão	Chapa
<b>5</b>	Não-	Plana	Seção transversal retangular		s	Furos variados	Fundido ou forjado
<b>6</b>	Rota-	Longa	Retangular com chanfro		Superfície com degraus		Montagem soldada
<b>7</b>	cional	Cúbica	Barra hexagonal		Superfície curva		Pré-usinada

### O código CODE





<i>Código OP</i>	<i>Plano de Operações</i>	
01 SERRA01	Serrar no comprimento correto	
02 TORNO02	Facear Fazer furo de centro Fazer furo Alargar Mandrilar Tornear cilindro externo	Tornear rasgo Chanfrar Sangrar Virar peça Facear Chanfrar
03 RETIF05	Retificar	
04 INSP06	Inspeccionar cotas Inspeccionar rugosidade	
<p>Exemplo de seqüência de códigos OP:</p> <p>01 SERRA01 02 TORNO02 03 RETIF05 04 INSP06</p>		

*Plano de operações, código OP e seqüência de códigos OP*



<i>Peça</i>	<i>Código</i>	<i>Seqüência de códigos OP</i>
A112	1110	SERRA01, TORNO02, RETIF05, INSP06
A115	6514	FRESAR02, FURAR01, INSP03
A120	2110	SERRA01, TORNO02, RETIF05, INSP06
A123	2010	SERRA01, TORNO01, INSP06
A131	2110	SERRA01, TORNO02, INSP06
A212	7605	FRESAR05, INSP03
A230	6604	FRESAR05, INSP03
A432	2120	SERRA01, TORNO02, INSP06
A451	2130	SERRA01, TORNO02, INSP06
A510	7654	FRESAR05, FURAR01, RETIF06, INSP06

*Tabela contendo as seqüência de códigos OP para as peças fabricadas na fábrica*



**Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP**



**João Carlos E. Ferreira**  
**GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC**  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)



	<i>A112</i>	<i>A115</i>	<i>A120</i>	<i>A123</i>	<i>A131</i>	<i>A212</i>	<i>A230</i>	<i>A432</i>	<i>A451</i>	<i>A510</i>
<i>SERRA01</i>	1		1	1	1			1	1	
<i>TORNO01</i>				1						
<i>TORNO02</i>	1		1		1			1	1	
<i>FURAR01</i>		1								1
<i>FRESAR02</i>		1								
<i>FRESAR05</i>						1	1			1
<i>RETIF05</i>	1		1							
<i>RETIF06</i>										1
<i>INSP03</i>		1				1	1			
<i>INSP06</i>	1		1	1	1			1	1	1

*Armazenando-se estas informações sob a forma de matriz operação-peça,  
tem-se a matriz acima*



Armazenando-se estas informações sob a forma de matriz operação-peça, tem-se a seguinte matriz:

	A112	A115	A120	A123	A131	A212	A230	A432	A451	A510
<b>SERRA01</b>	1		1	1	1			1	1	
<b>TORNO01</b>				1						
<b>TORNO02</b>	1		1		1			1	1	
<b>FURAR01</b>		1								1
<b>FRESAR02</b>		1								
<b>FRESAR05</b>						1	1			1
<b>RETIF05</b>	1		1							
<b>RETIF06</b>										1
<b>INSP03</b>		1				1	1			
<b>INSP06</b>	1		1	1	1			1	1	1

Aplicando o método ROC a esta matriz, obtém-se a seguinte matriz final:

	A123	A120	A131	A432	A451	A112	A115	A212	A230	A510
<b>TORNO01</b>	1									
<b>RETIF05</b>		1				1				
<b>TORNO02</b>		1	1	1	1	1				
<b>SERRA01</b>	1	1	1	1	1	1				
<b>FRESAR02</b>							1			
<b>RETIF06</b>										1
<b>FURAR01</b>							1			1
<b>FRESAR05</b>								1	1	1



# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- Conclui-se que haverá 2 famílias:
  - peças A123, A120, A131, A432, A451, A112,
  - peças A115, A212, A230 e A510.



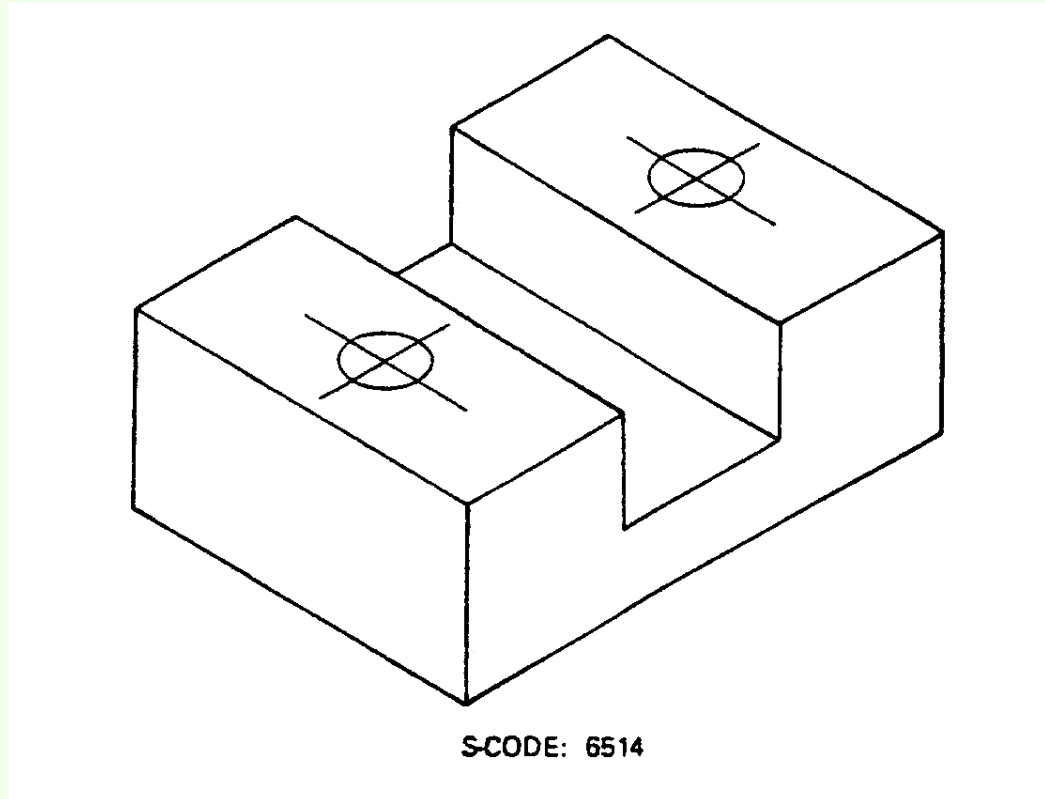
	<i>Posição</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>0</i>		1		1
<i>1</i>	1	1	1	
<i>2</i>	1		1	
<i>3</i>			1	
<i>4</i>				
<i>5</i>				
<i>6</i>				
<i>7</i>				

<u>k</u>	<u>Peça</u>	<u>Código</u>		
1	A123	2010		
2	A120	2110	$C_{1}^{11} = 2$	$C_{1}^{21} = 2$
3	A131	2110	$C_{2}^{11} = 0$	$C_{2}^{21} = 1$
4	A432	2120	$C_{3}^{11} = 1$	$C_{3}^{21} = 1$
5	A451	2130	$C_{4}^{11} = 0$	$C_{4}^{21} = 0$
6	A112	1110		

### *Matriz de família de peças*







S-CODE: 6514

*Peça a ser planejada*



**Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP**



**João Carlos E. Ferreira**  
**GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC**  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)





# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- *Edição do Plano*
  - Plano de processo deve ser modificado antes de ser enviado para o chão de fábrica.
  - Há 2 tipos de edição:
    - edição do plano para a peça específica → mudança temporária e portanto ela não afeta nenhuma outra peça na família.
    - edição do próprio plano padrão → mudança permanente no arquivo de planos padrão → deve ser feita com muito cuidado, pois a eficiência de um plano padrão afeta os planos obtidos para toda uma família de peças.



# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- **Abordagem Generativa**

- **CAPP generativo** → sistema que sintetiza a informação dos processos visando gerar automaticamente um plano de processo para uma nova peça → **lógica de decisão** e **fórmulas de otimização** são codificadas no próprio sistema, reduzindo-se ao mínimo a intervenção humana.
- Produz um **plano de processo completo**, iniciando-se com os dados de projeto advindos do desenho da peça, e continuando através do conhecimento completo dos processos de manufatura.



# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- Vantagens em relação à abordagem variante:
  - Pode gerar planos de processo consistentes rapidamente;
  - Novas peças podem ser planejadas tão facilmente como peças já existentes.



# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- Componentes funcionais básicos essenciais:
  - Descrição da peça: **features**, cotas e tolerâncias, qualidade superficial, e outras especificações.
  - Seleção das operações e de sua seqüência: manipulações e cálculos para gerar as informações sobre as operações.
  - Construção da base de dados de máquinas e ferramentas: Máquinas e ferramentas disponíveis são introduzidas na base de dados para serem acessadas pelo sistema CAPP.
  - Seleção de condições de usinagem: velocidade de corte, avanço, profundidade de corte, fluido de corte.
  - Geração de relatório: Esta função prepara a documentação final do plano de processo.



# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- Tomada de decisões por estes sistemas ainda é um **grande obstáculo** para que eles tornem-se efetivamente operacionais numa fábrica:
  - Lógica do processista deve ser identificada e capturada;
  - Peça a ser produzida deve ser claramente e precisamente definida num formato compatível com o computador.

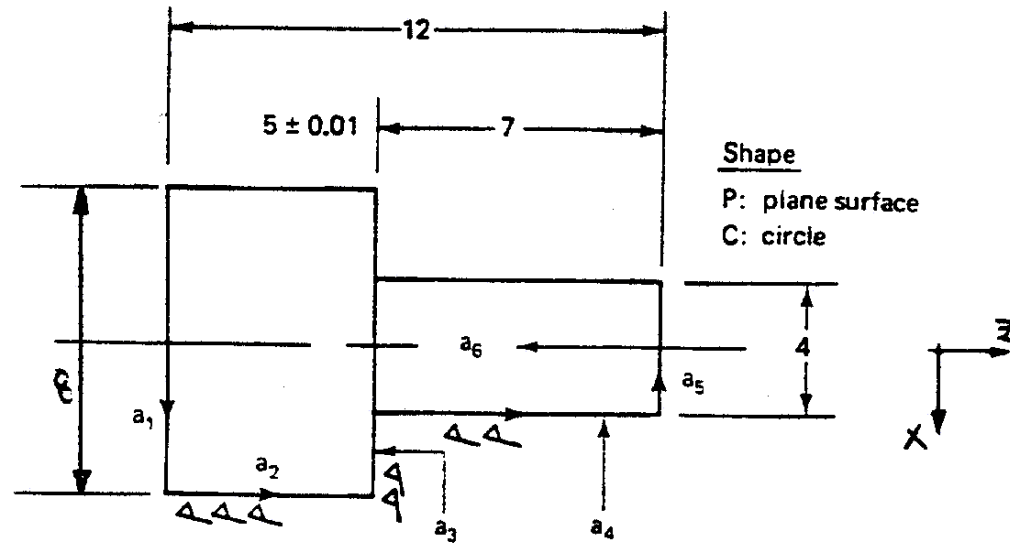


# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- ***Formato de Representação da Peça***
  - Código
  - Linguagem
  - Modelagem Geométrica:
    - Wireframe
    - Superfícies
    - CSG
    - B-rep
    - Representação Híbrida
  - Reconhecimento de Features
  - Modelagem baseada em Features



- **LINGUAGEM:**

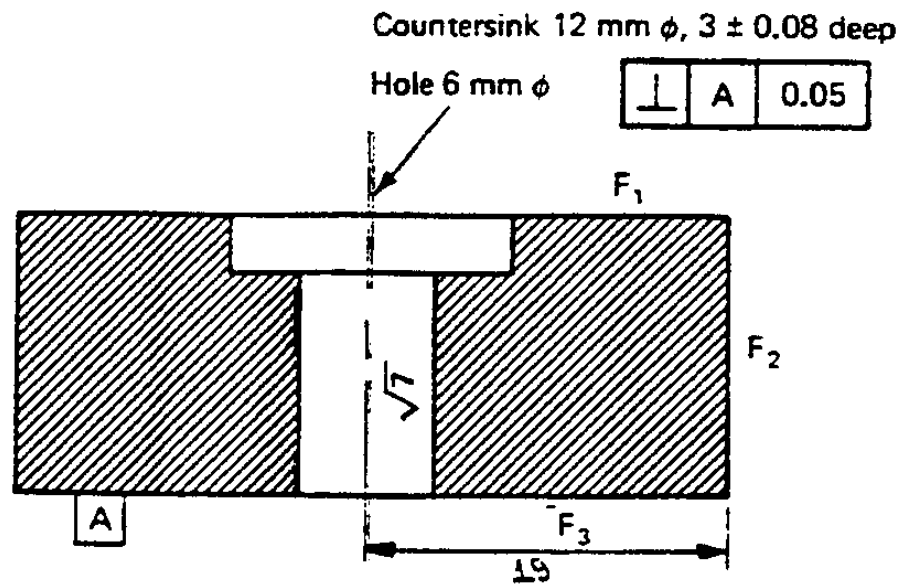


CIMS/DEC  
(1977)

	Shape code	Dimensions		S.F.	Tol.	Adjacent shape
		$\bar{z}$	$\lambda$			
$w_1$	P	0	4		$\pm 0.01$	$a_6$
$w_2$	C	5	0	P P P		$a_1$
$w_3$	P	0	-2	P P		$a_2$
$w_4$	C	7	0	P P		$a_3$
$w_5$	P	0	-2			$a_4$
$w_6$	*	-12	0			$a_5$



- **LINGUAGEM:**



- ( H ( type countersink-hole )
- ( starting from F<sub>1</sub> )
- ( opening on F<sub>3</sub> )
- ( diameter 6 )
- ( countersink-dia. 12 )
- ( surface-finish 7 )
- ( distance H F<sub>2</sub> 19 )
- ( countersink-depth H F<sub>1</sub> 3  $\pm$  80 )
- ( perpendicularity H F<sub>3</sub>  $\pm$  50 )

GARI  
(1981)







# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- Modelagem geométrica

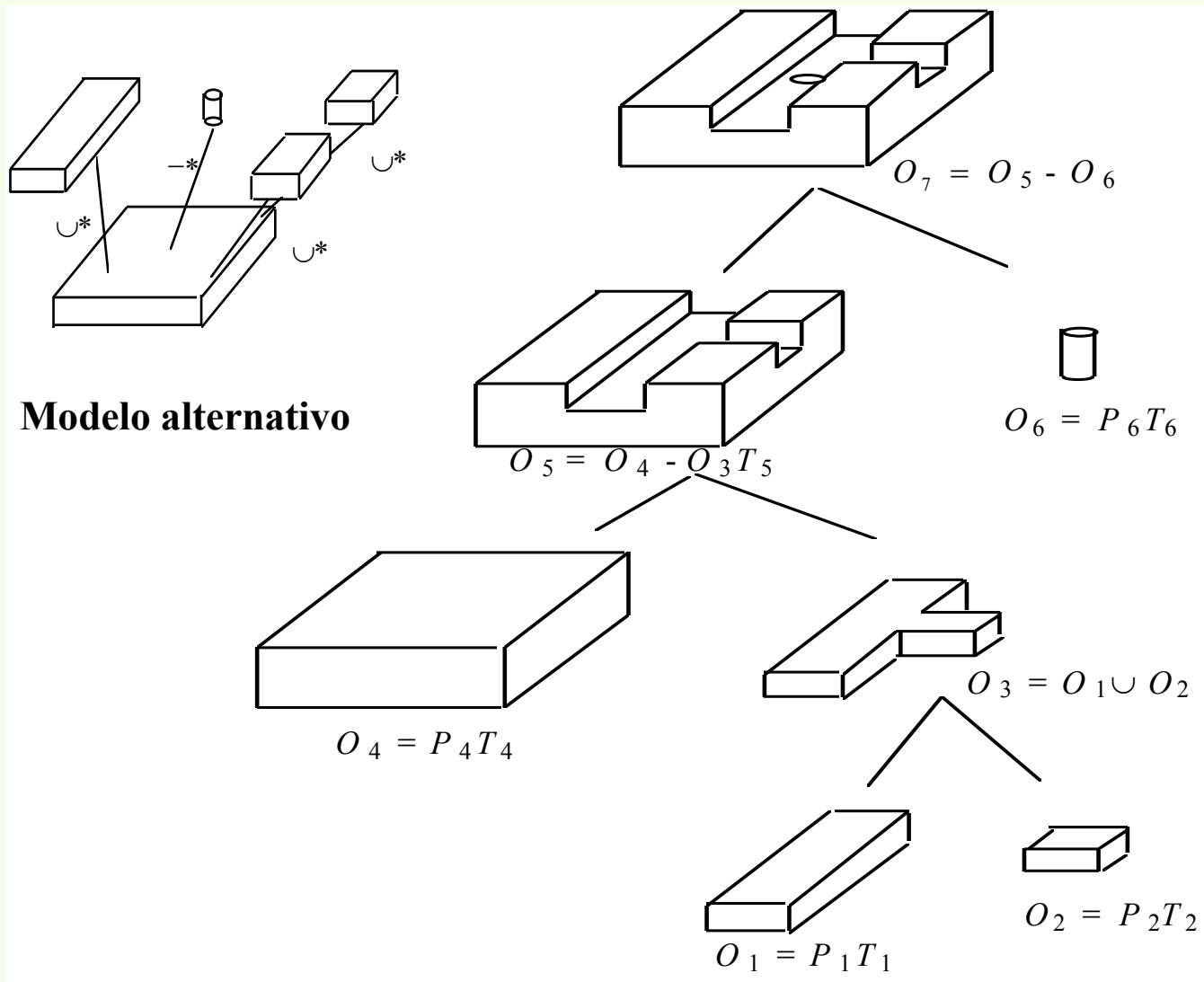
- Uso do computador para empregar uma descrição matemática da geometria de um objeto na representação de um objeto.
- Normalmente → objeto é simplificado e somente suas características essenciais são representadas.
- Estas descrições matemáticas possibilitam:
  - imagem do objeto ser mostrada na tela gráfica;
  - objeto pode ser animado para mostrar suas características operacionais.



# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- **Representação CSG (“Constructive Solid Geometry”)**
  - árvore binária (ver figura).
    - nós não-terminais → operadores → podem ser:
      - movimentos rígidos;
      - operações booleanas (união, interseção e diferença).
    - nós terminais podem ser primitivas (sólidos) ou movimentos rígidos.

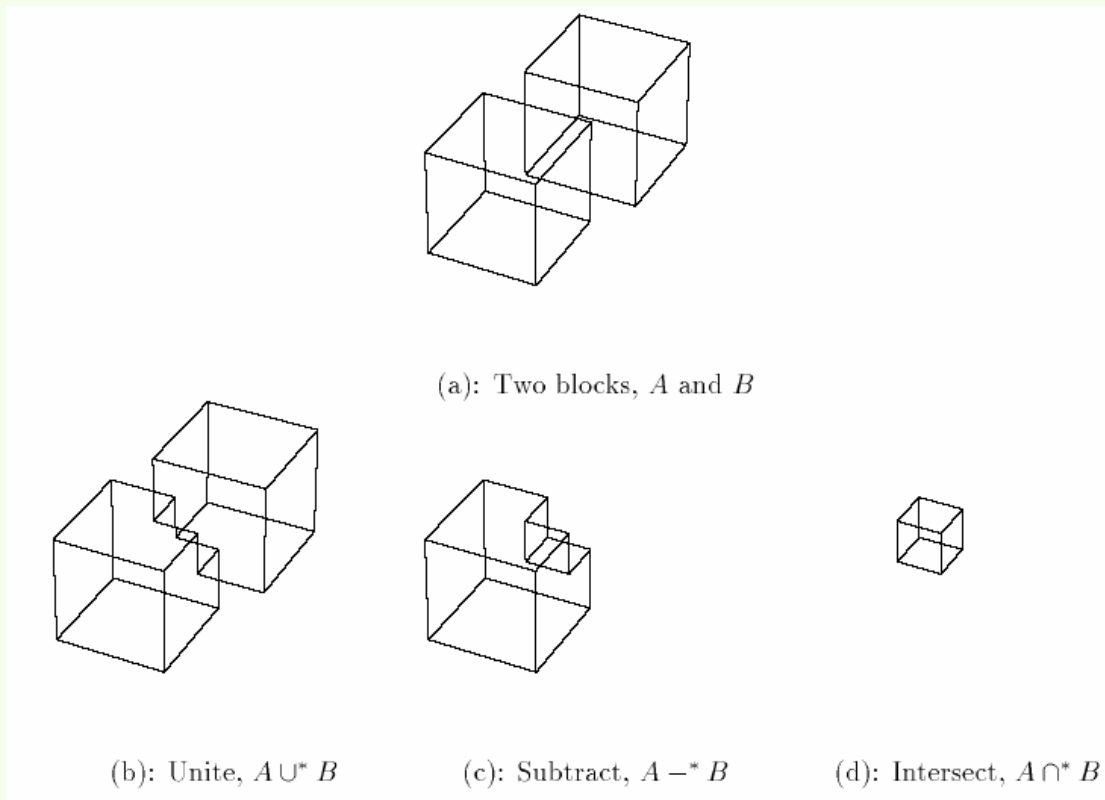




*Outro exemplo de representação CSG, e um modelo alternativo*



# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)



*Operações  
boleanas*

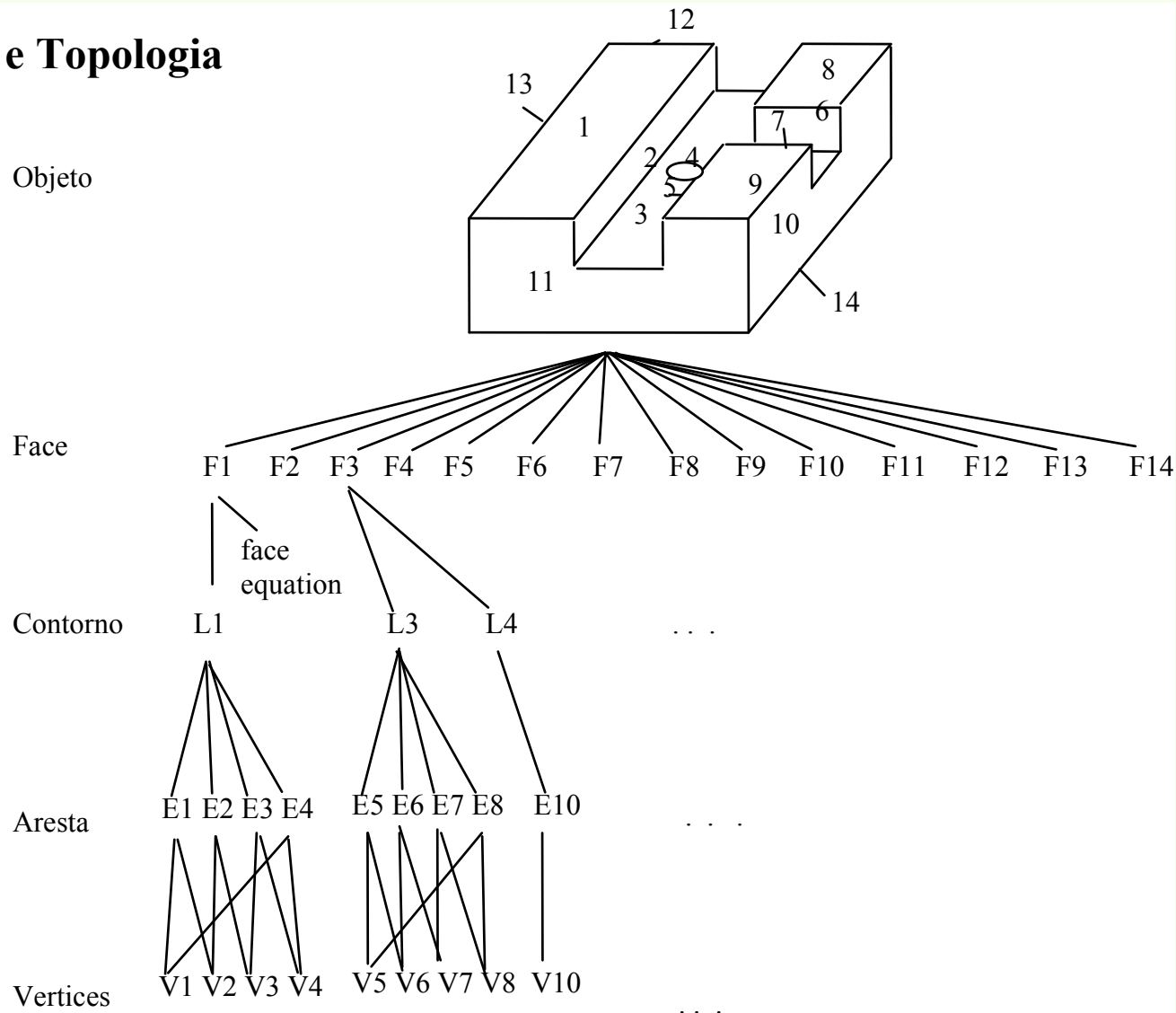


# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- **Representação B-rep (“Boundary Representation”)**
  - Representa um sólido segmentando o seu contorno num número finito de subconjuntos interligados normalmente chamados faces (ou “patches”), e representando cada face por suas arestas (que compõem um contorno) e vértices.

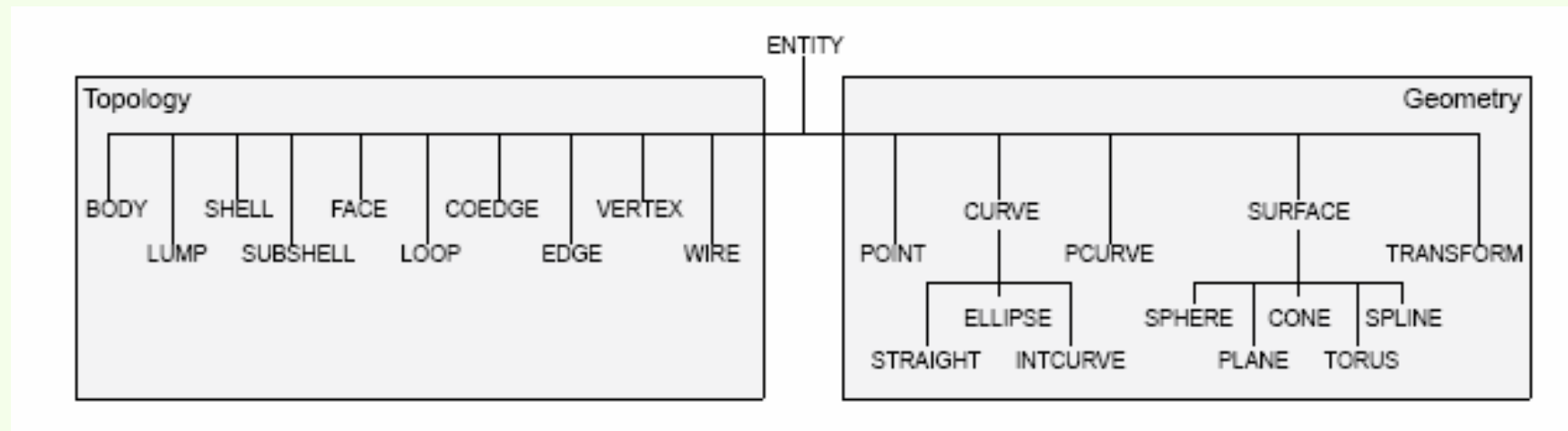


# Geometria e Topologia



*Exemplo de  
representação  
B-rep*





*Topologia X Geometria numa representação B-rep*

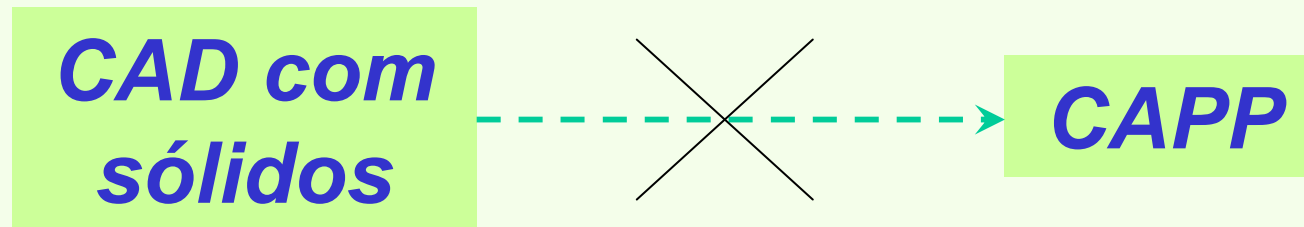




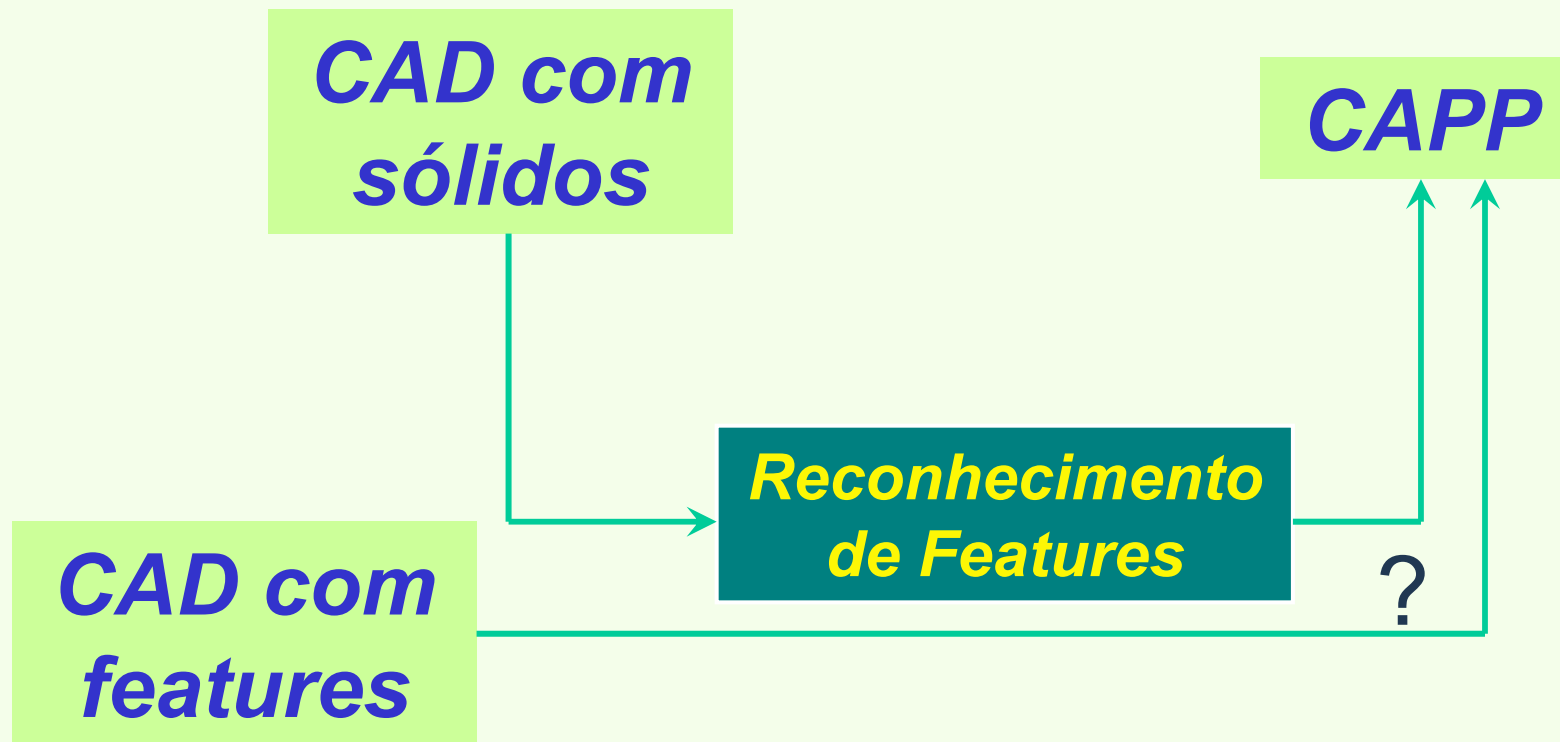
# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)



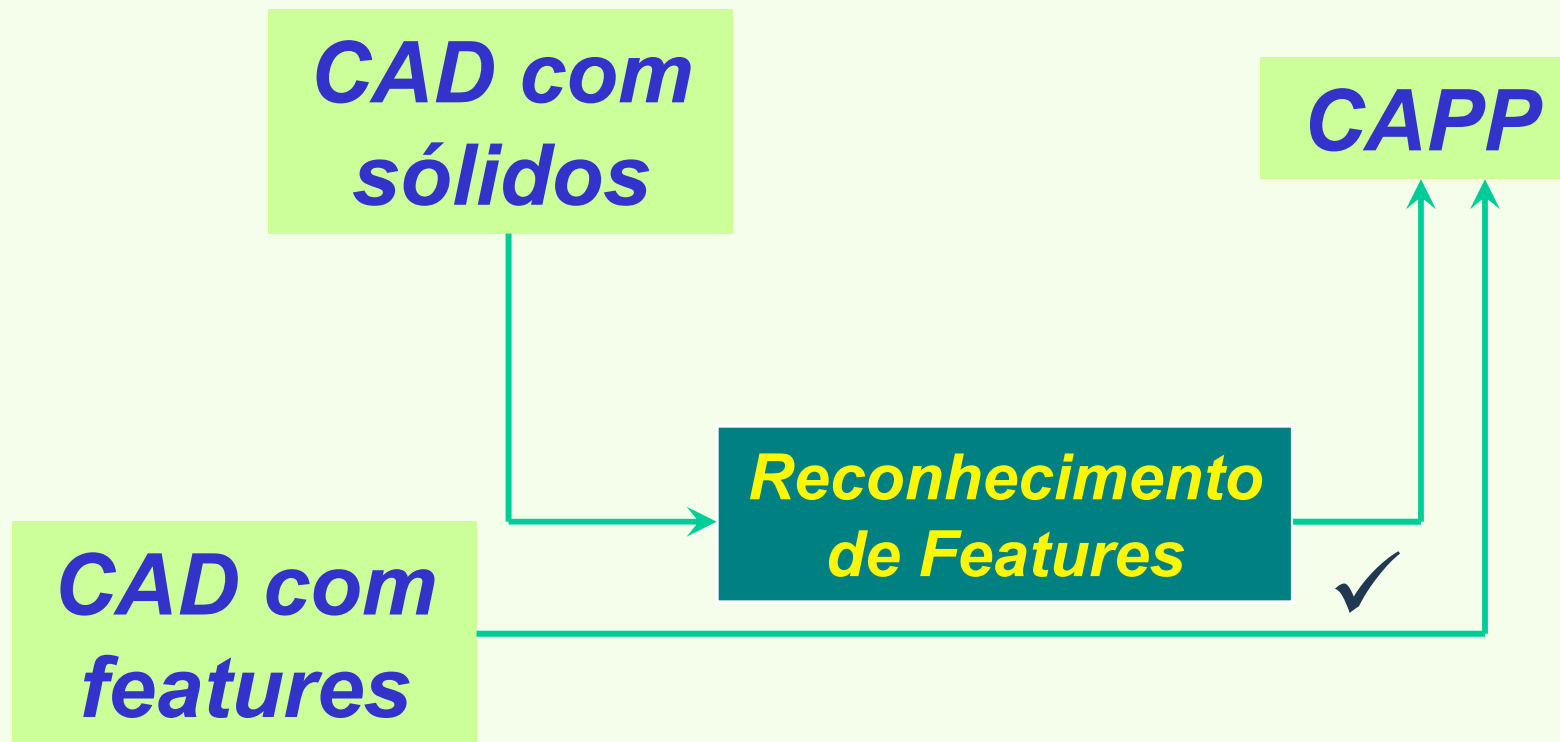
# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

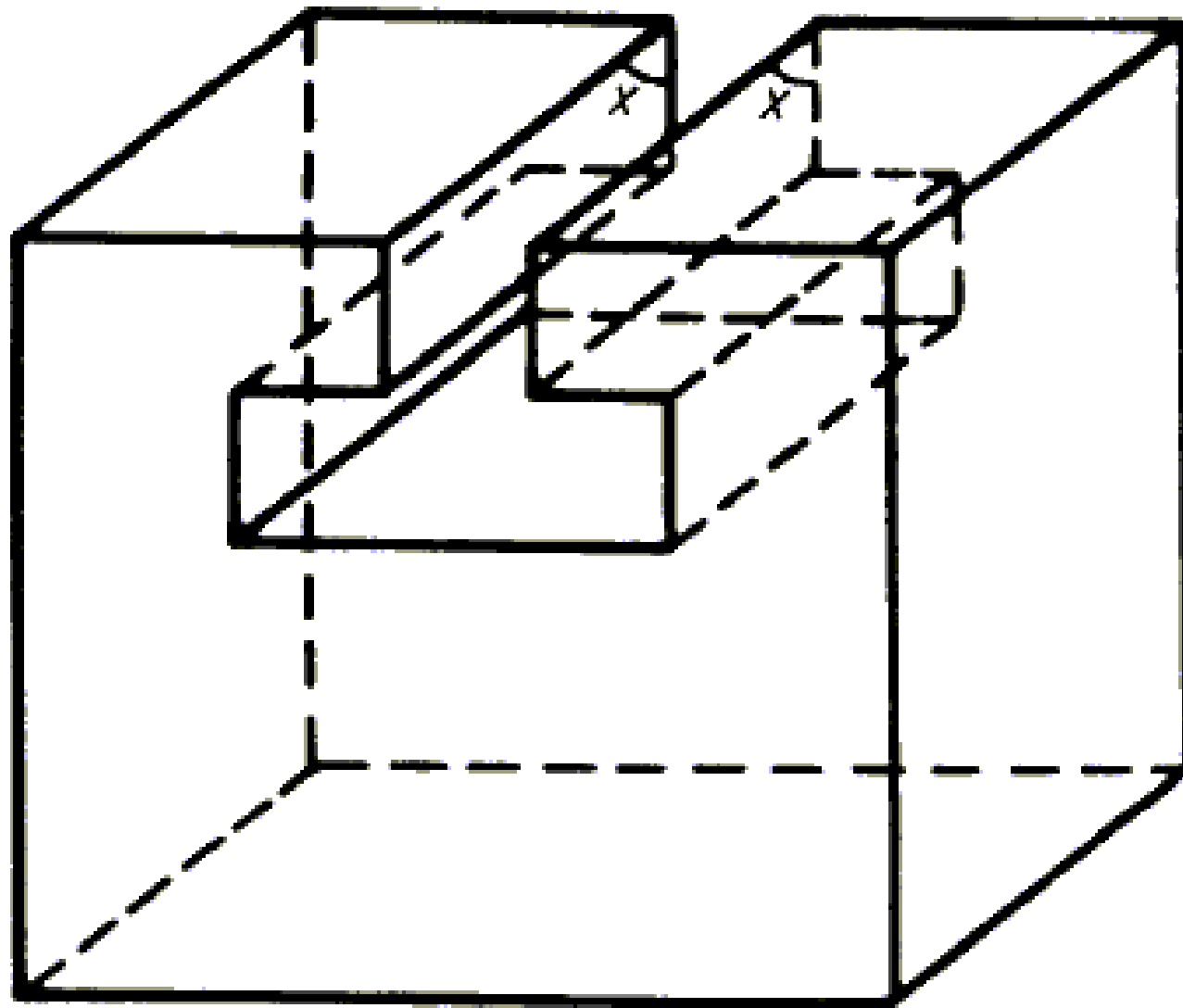


# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)



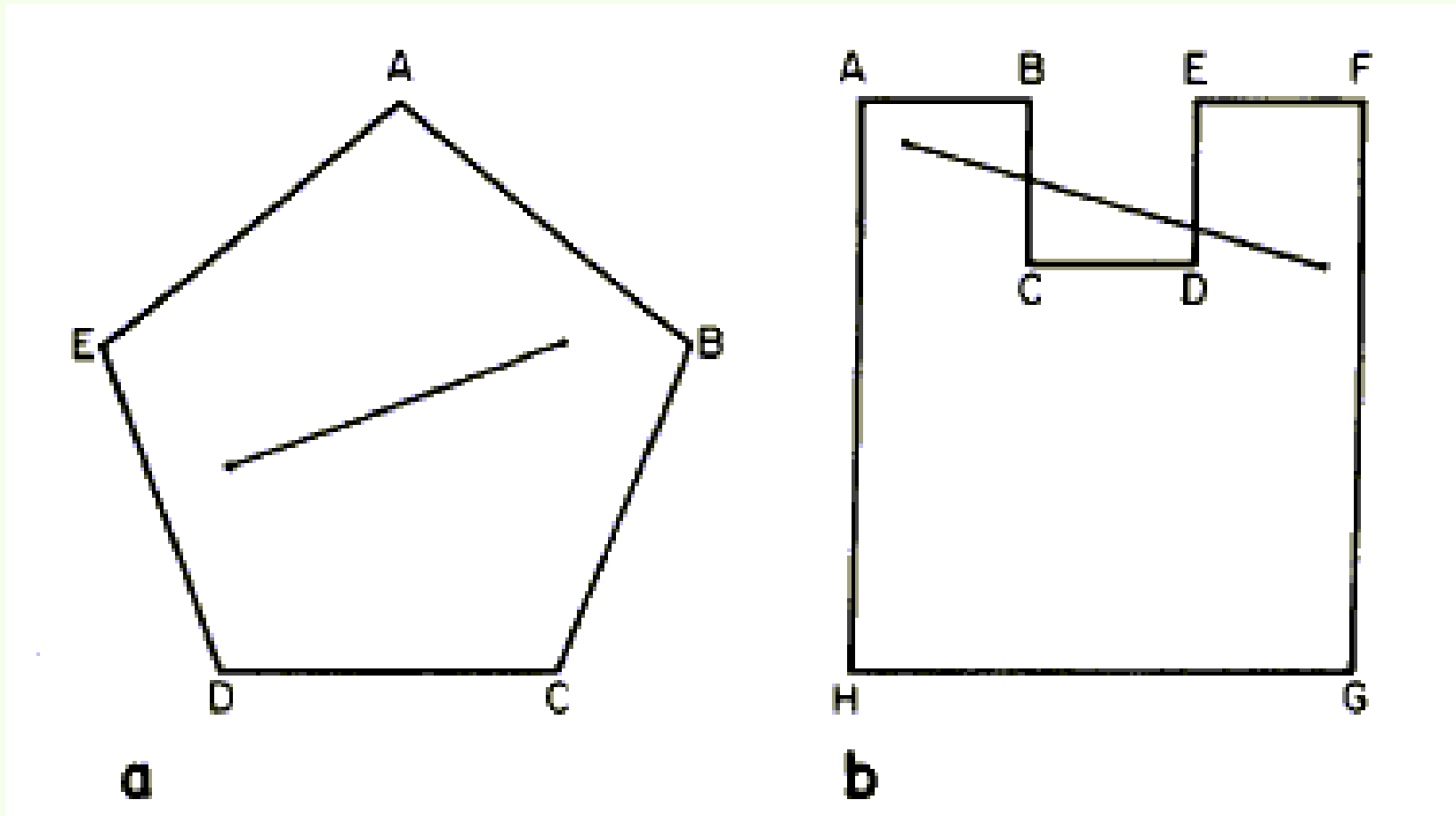
# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)





Uma Ranhura  
em "T"

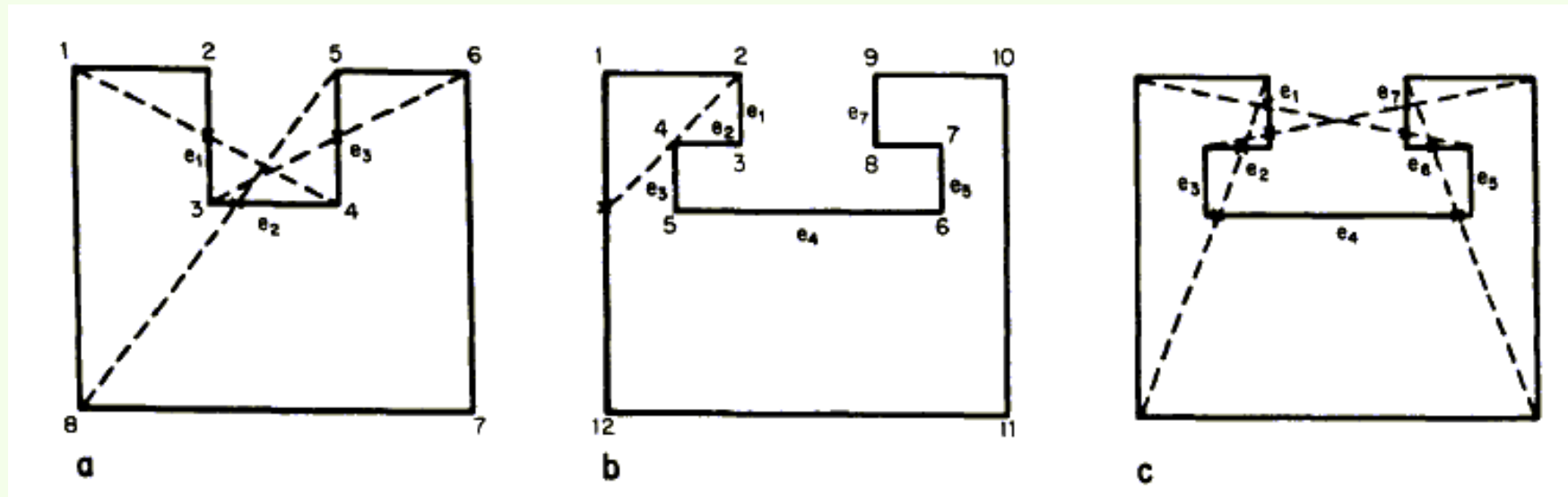




(a) Face convexa; (b) Face não-convexa

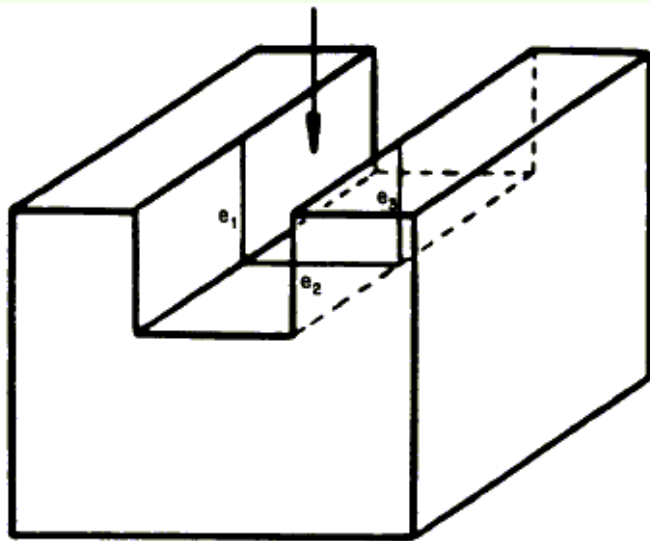


# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)



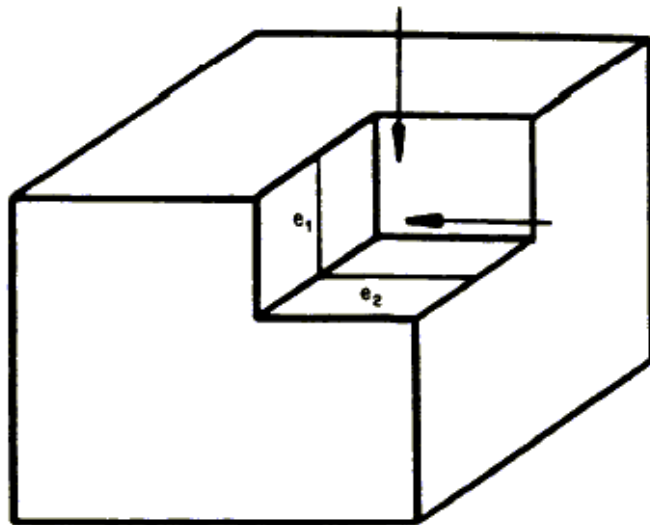
*Arestas no interior do “casco convexo”*





a

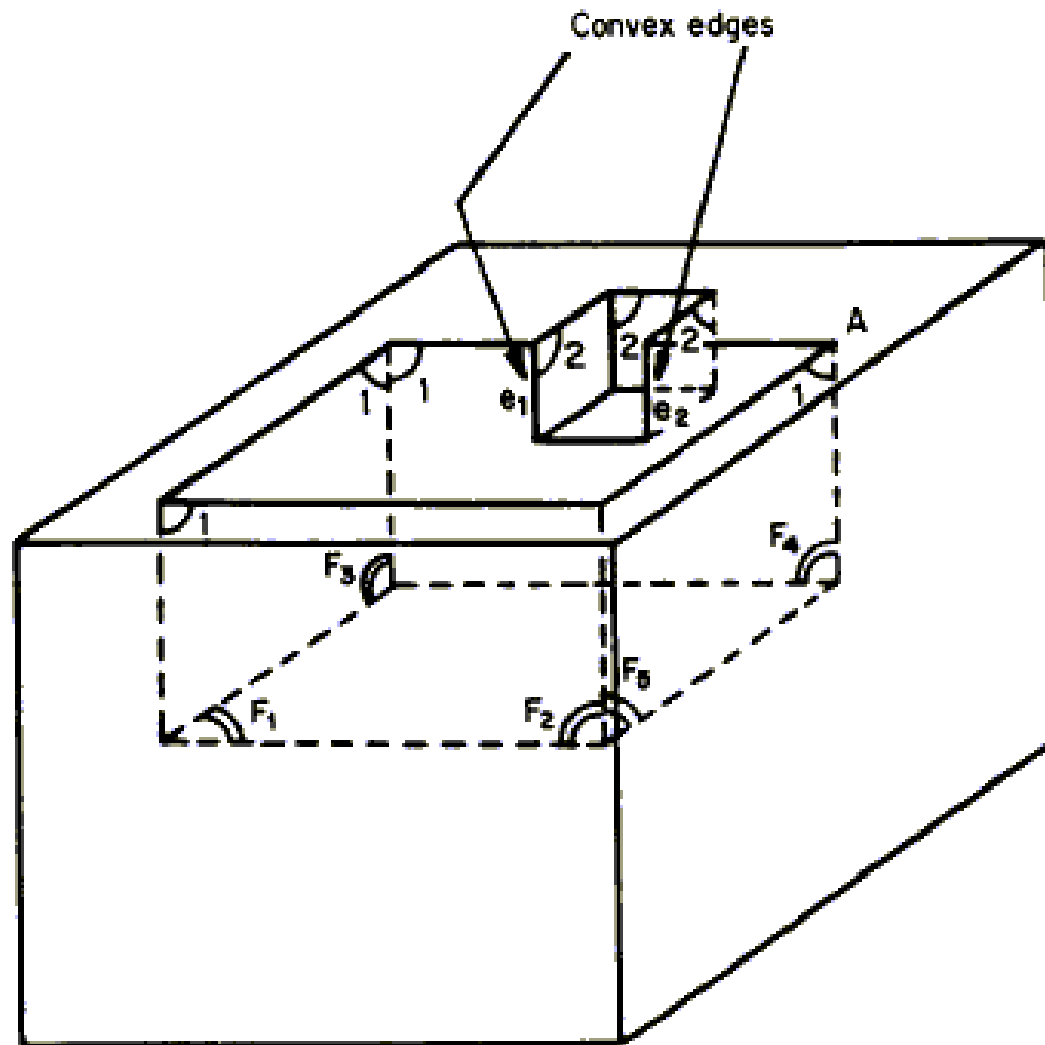
*Seção transversal  
da feature*



b

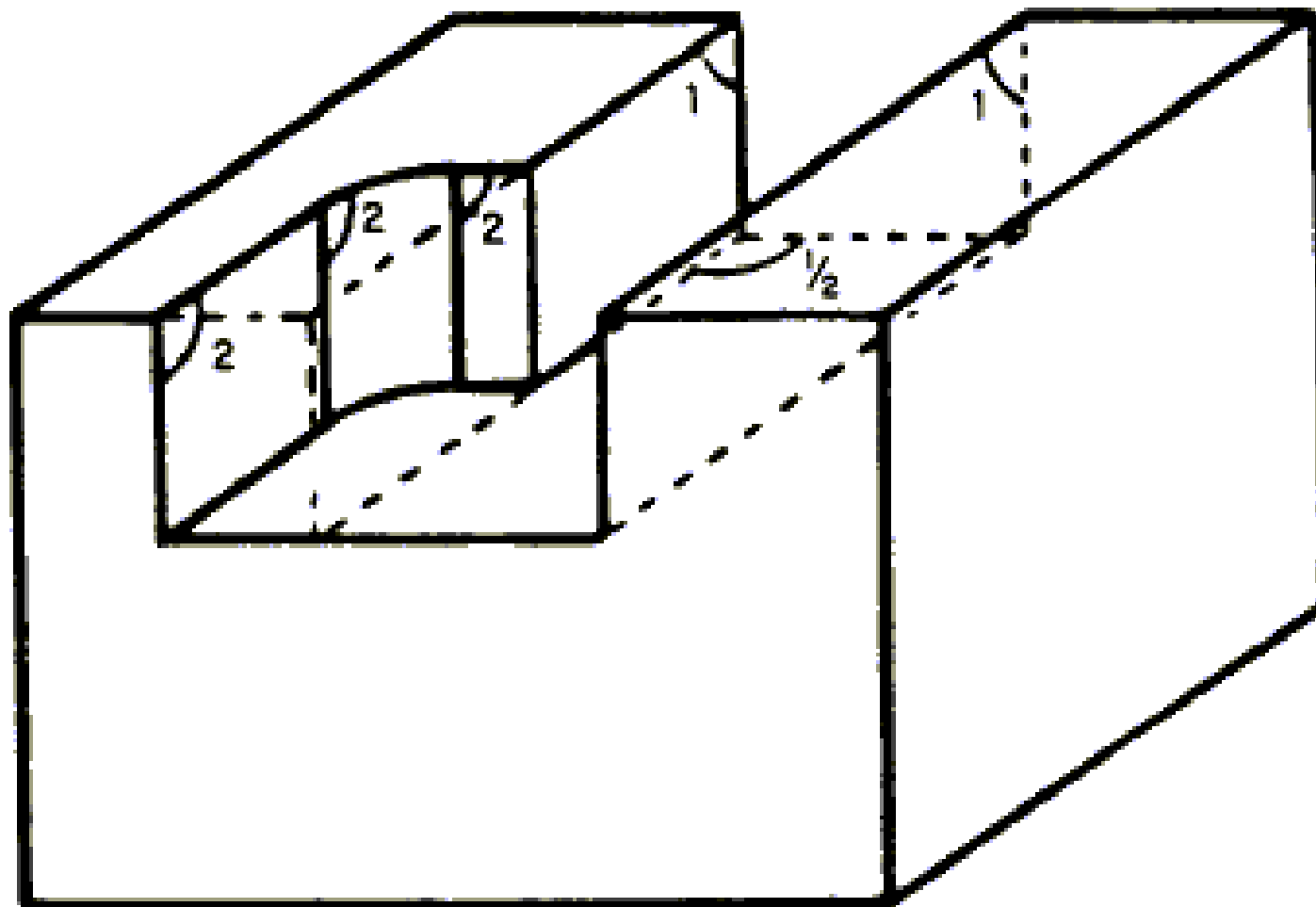






*Diferentes features  
numa cavidade*

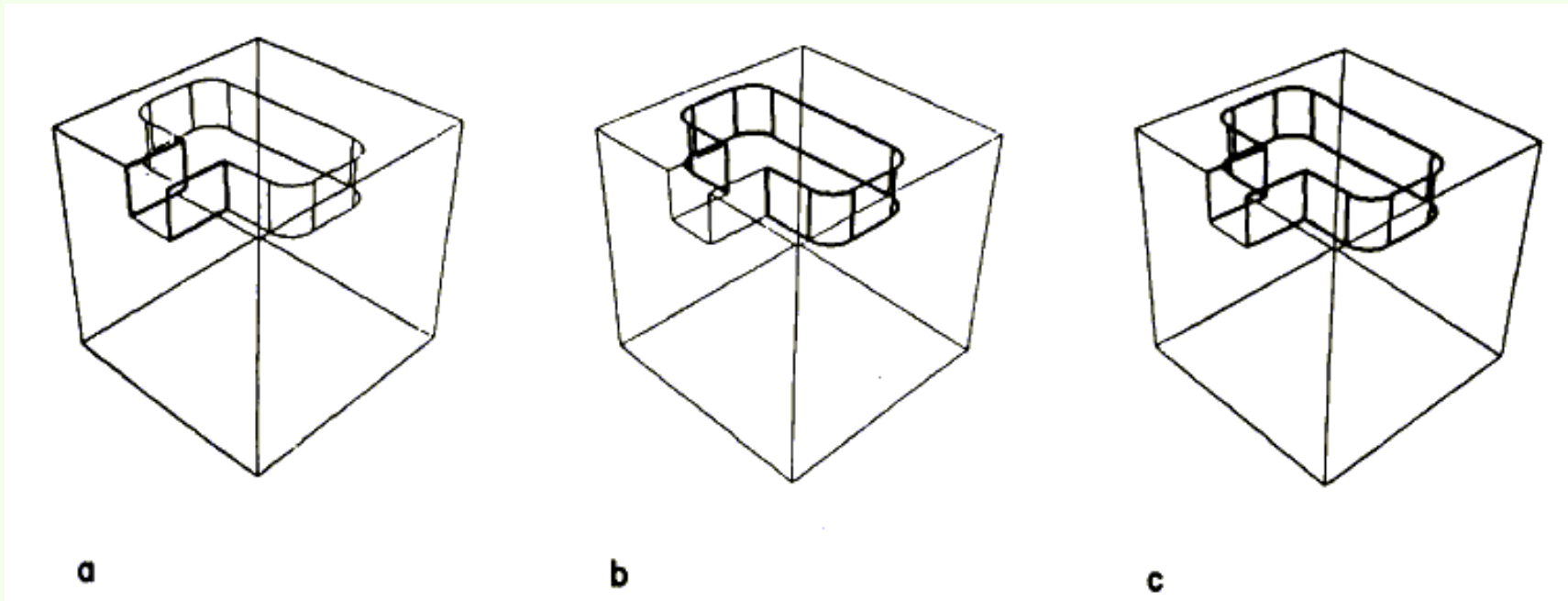




*Diferentes features numa ranhura*



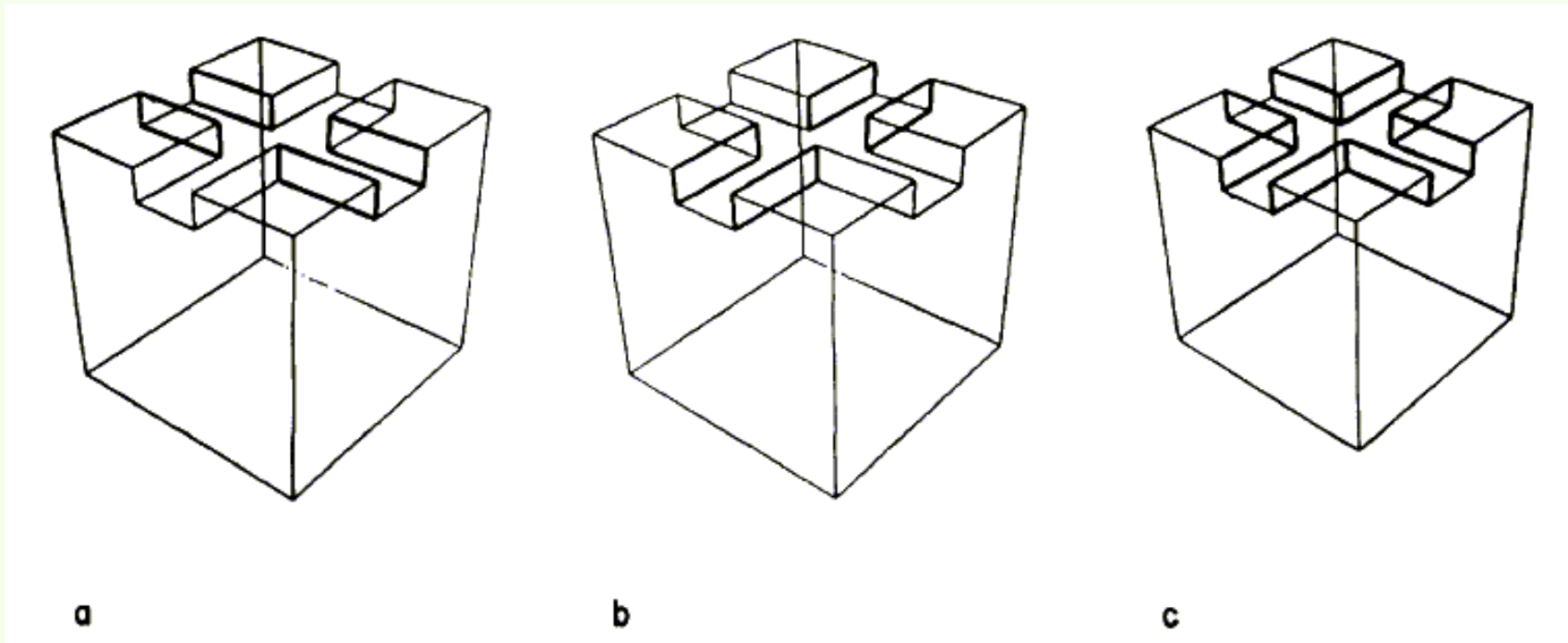
# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)



*Peça 1: Resultados*



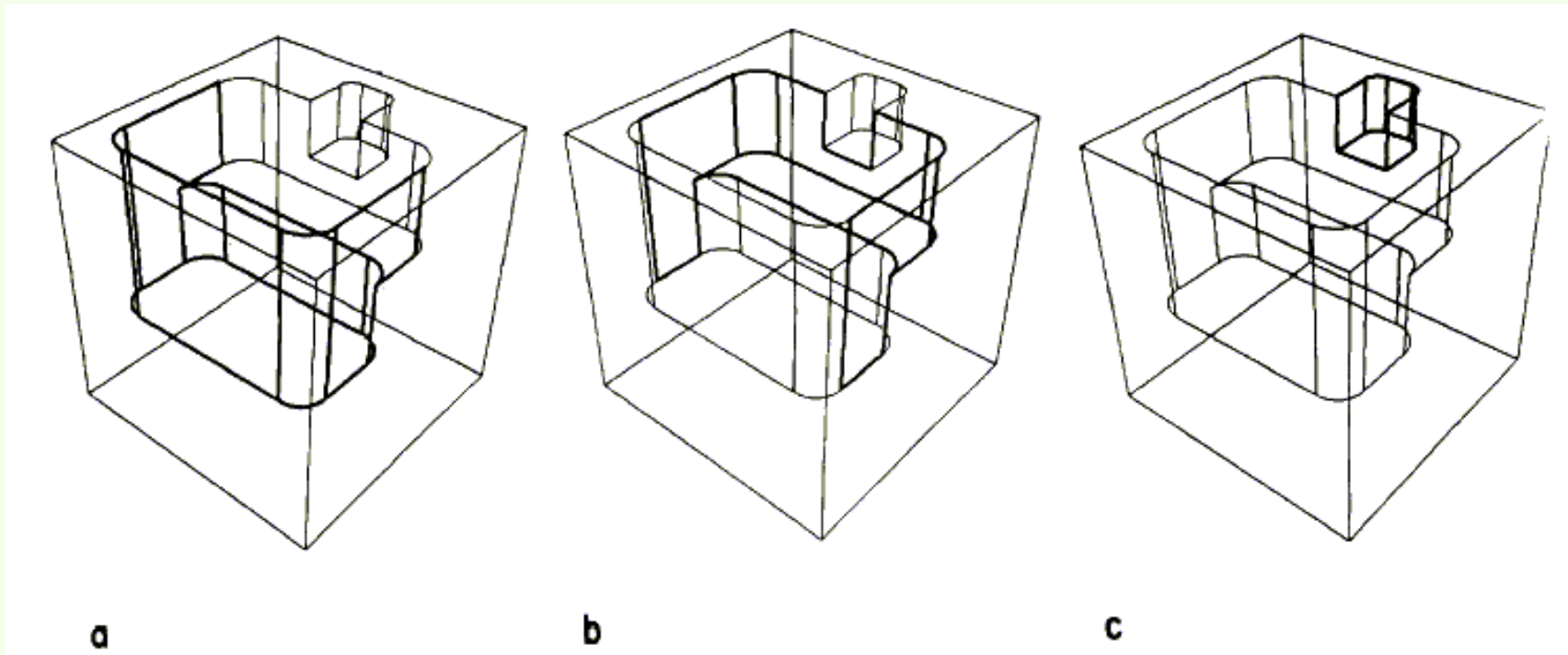
# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)



*Peça 2: Resultados*

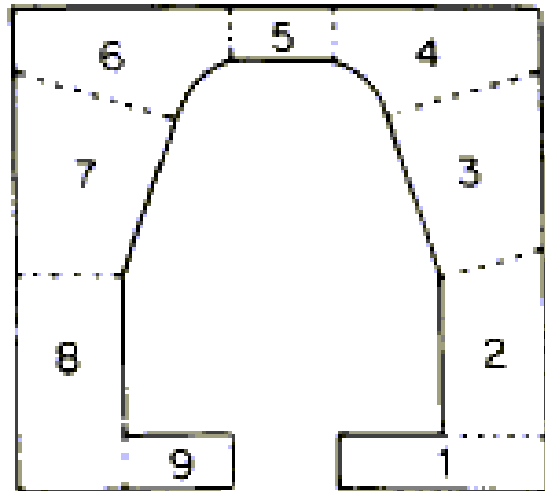


# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

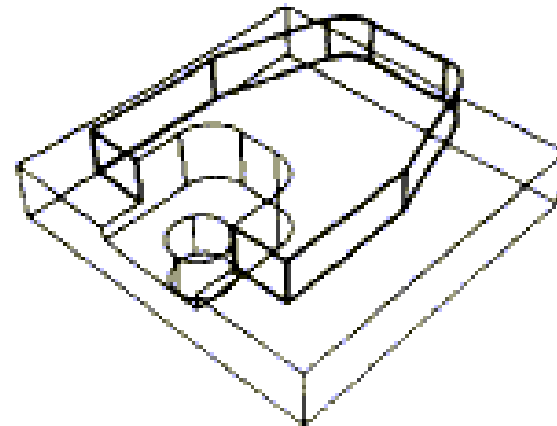


*Peça 3: Resultados*

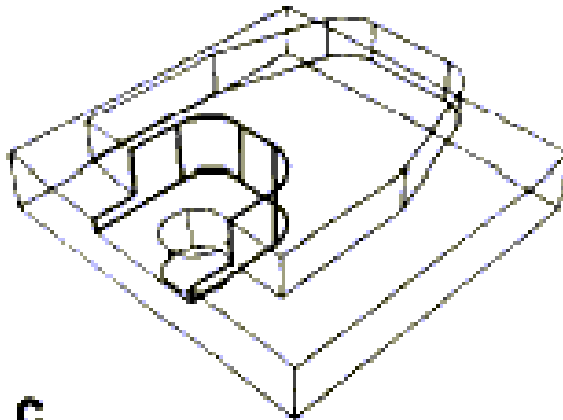




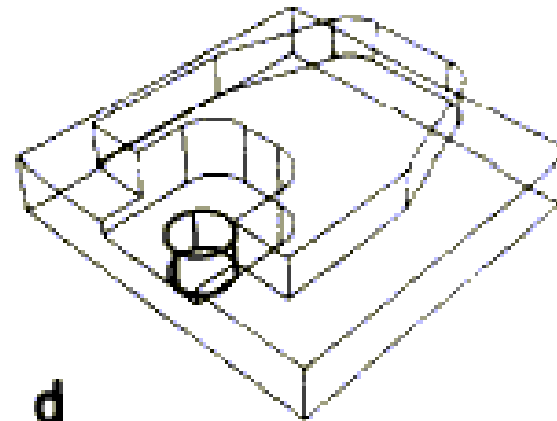
**a**



**b**



**c**



**d**

*Peça 4:  
Resultados*



*Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP*



*João Carlos E. Ferreira  
GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)*



# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- *Features*

- Constrói-se a peça (ou produto) diretamente a partir de *features*, que são os “tijolos” da construção → em vez de utilizar-se formas analíticas como paralelepípedos e cilindros, o usuário cria a peça com “primitivas de um nível mais alto”, que são mais relevantes para uma aplicação específica.
- Definições diferentes de features:
  - “qualquer entidade com atributos tanto de forma quanto de função” (Dixon, 1988);
  - “conjunto de informações sobre o produto, ou padrões de informação relacionados com a descrição de uma peça” (Shah, 1988);
  - “conjunto de elementos geométricos que formam uma unidade de interesse” (Prinz et al, 1989).

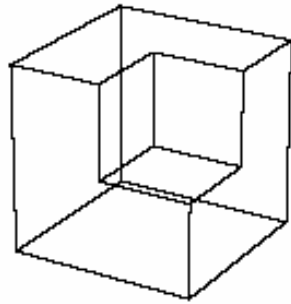


# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

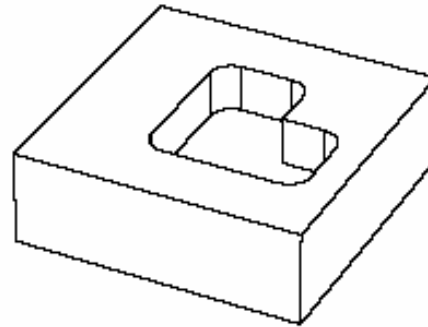
- Nesta apresentação → *features* são "regiões ou volumes em peças usinadas, que são importantes para o projeto, planejamento do processo e outras atividades" .
- Exemplos de *features*: eixos, furos, chanfros, ranhuras, etc.
- 2 vantagens do projeto baseado em *features*:
  - *Features* → elementos que contêm informações geométricas, funcionais e tecnológicas → portanto o projetista está mais habituado a elas;
  - *Features* → facilitam o raciocínio sobre a manufaturabilidade da peça → conseqüentemente o seu planejamento do processo.



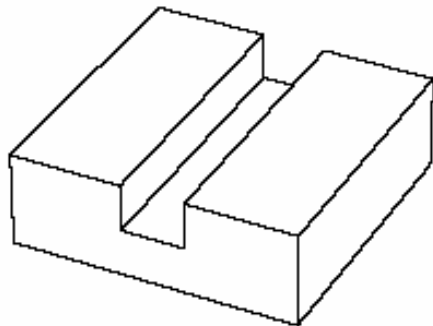




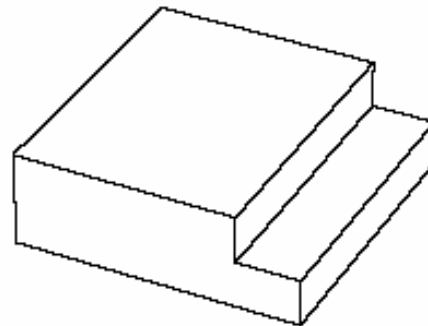
(a): notch



(b): pocket



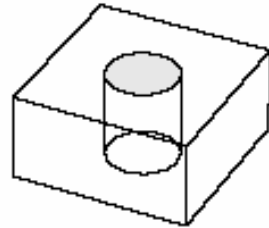
(c): slot



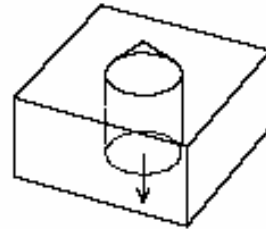
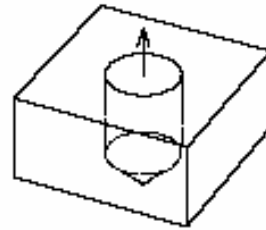
(d): shoulder

*Exemplos de  
features de  
projeto*

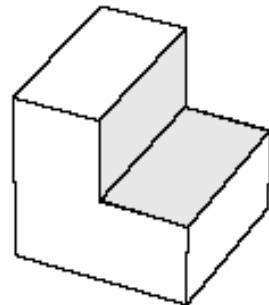




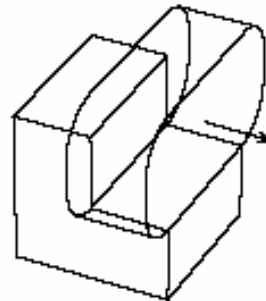
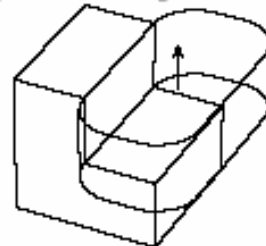
(a): form feature: hole



(b): drilling features



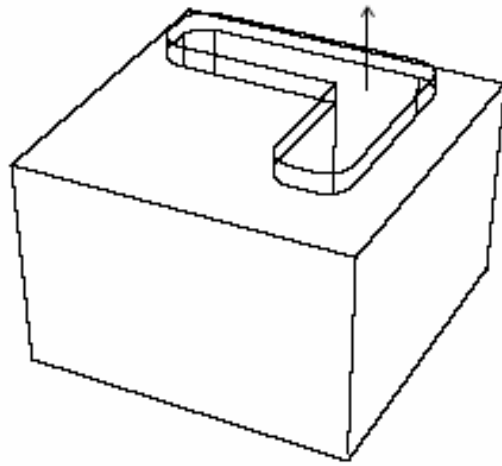
(c): form feature: shoulder



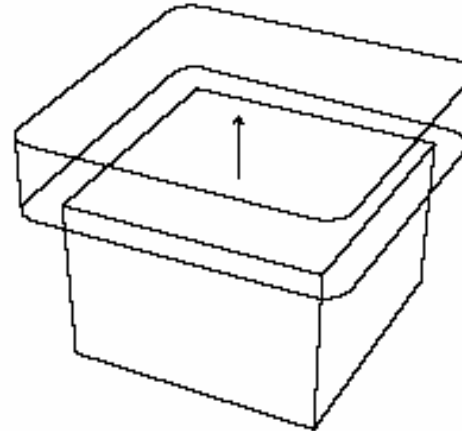
(d): milling features

*Exemplos de  
features de  
projeto e de  
manufatura*

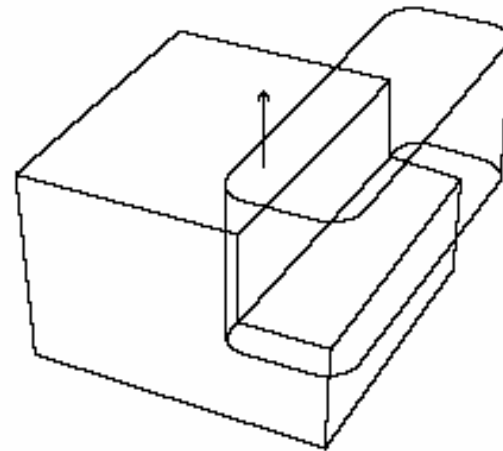




(a):pocket-milling feature



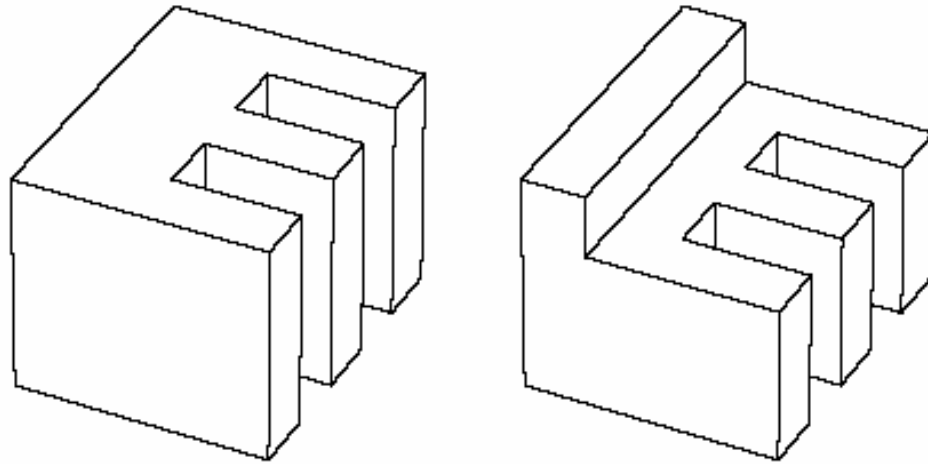
(b):face-milling feature



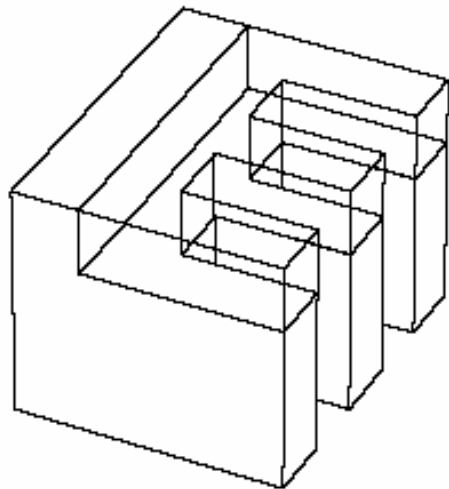
(c):step-milling feature

*Exemplos de  
features de  
projeto e de  
manufatura*

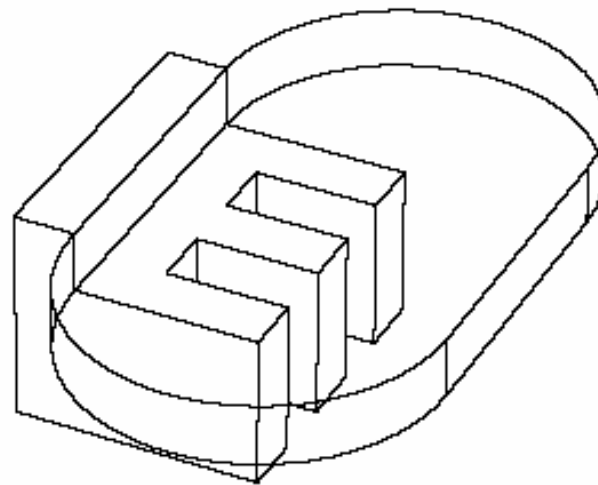




(a): stock and part



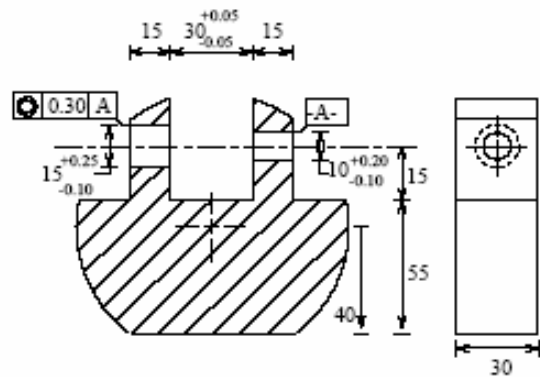
(b): feature



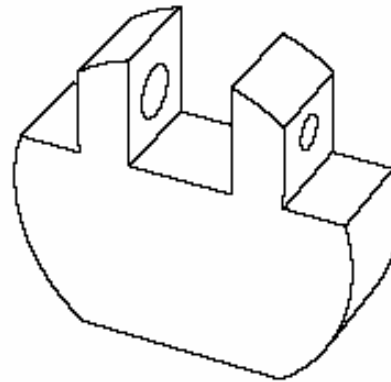
(c): offset feature

*Exemplos de  
features de  
projeto e de  
manufatura*

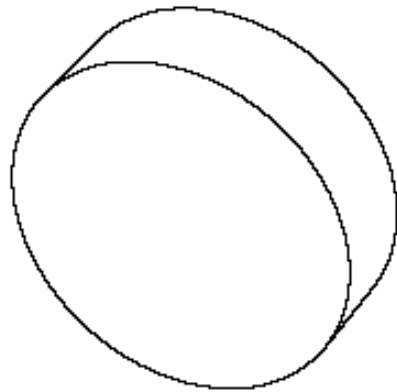




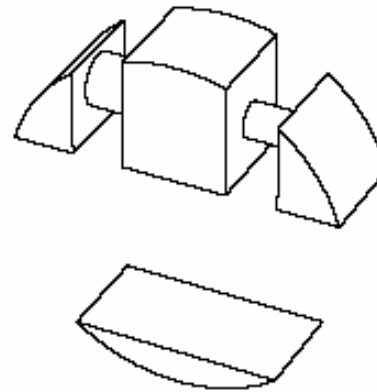
(a): design of a simple bracket



(b): part (after machining)



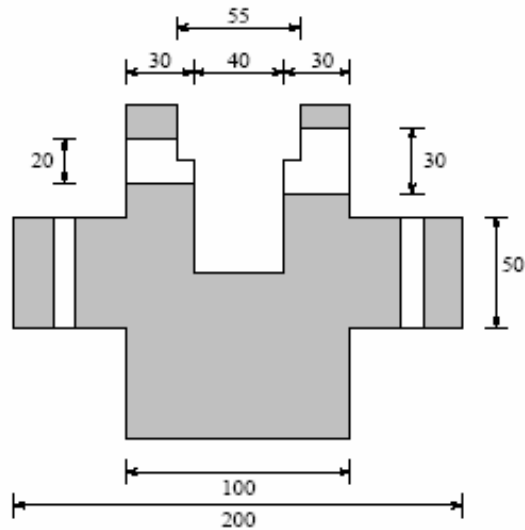
(c): stock (before machining)



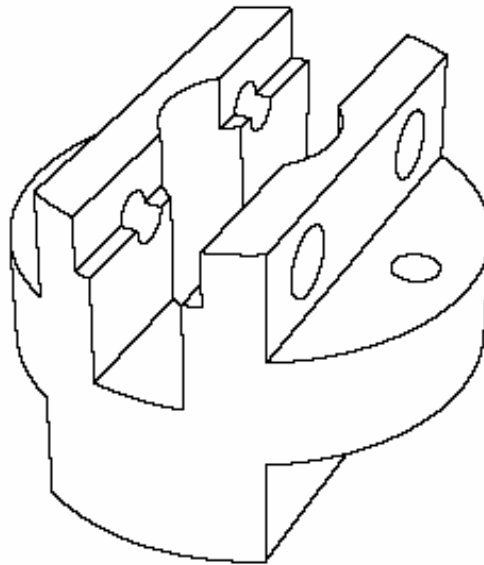
(d): the delta volume

*Exemplos de  
features de  
projeto e de  
manufatura*

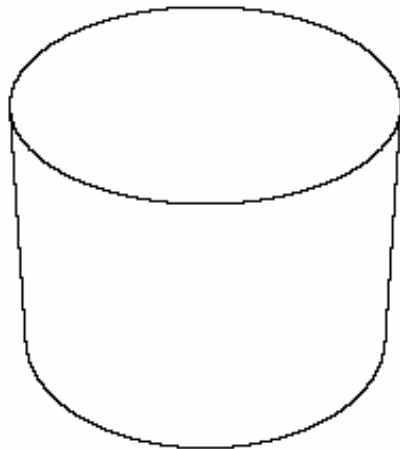




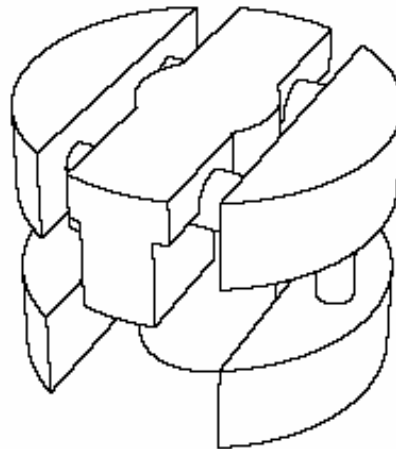
(a): design of a socket



(b): part (after machining)



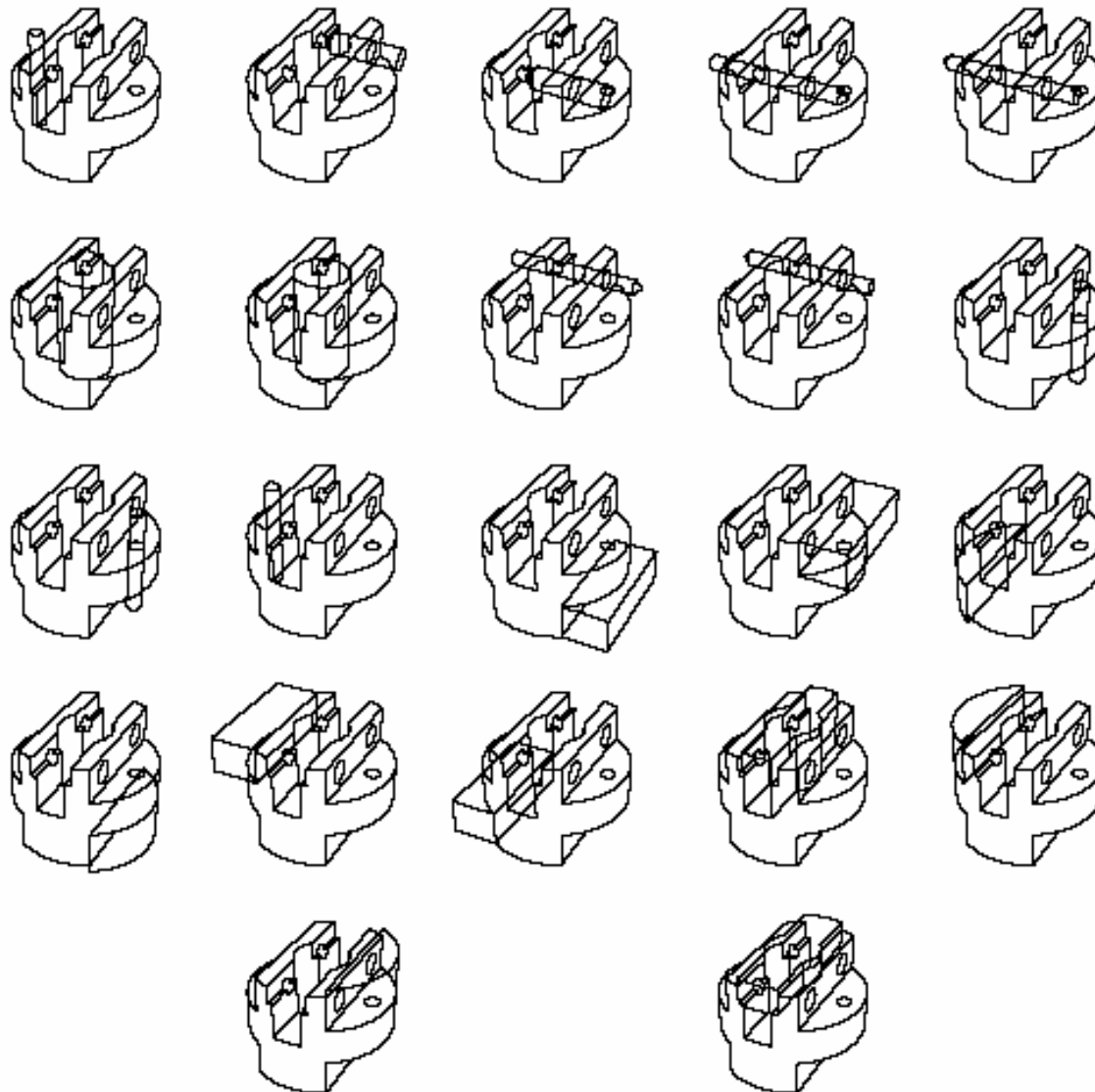
(c): stock (before machining)



(d): the delta volume

*Features de projeto e  
manufatura identificadas  
numa peça modelada por  
sólidos (I)*





*Features de projeto e  
manufatura identificadas  
numa peça modelada por  
sólidos (II)*

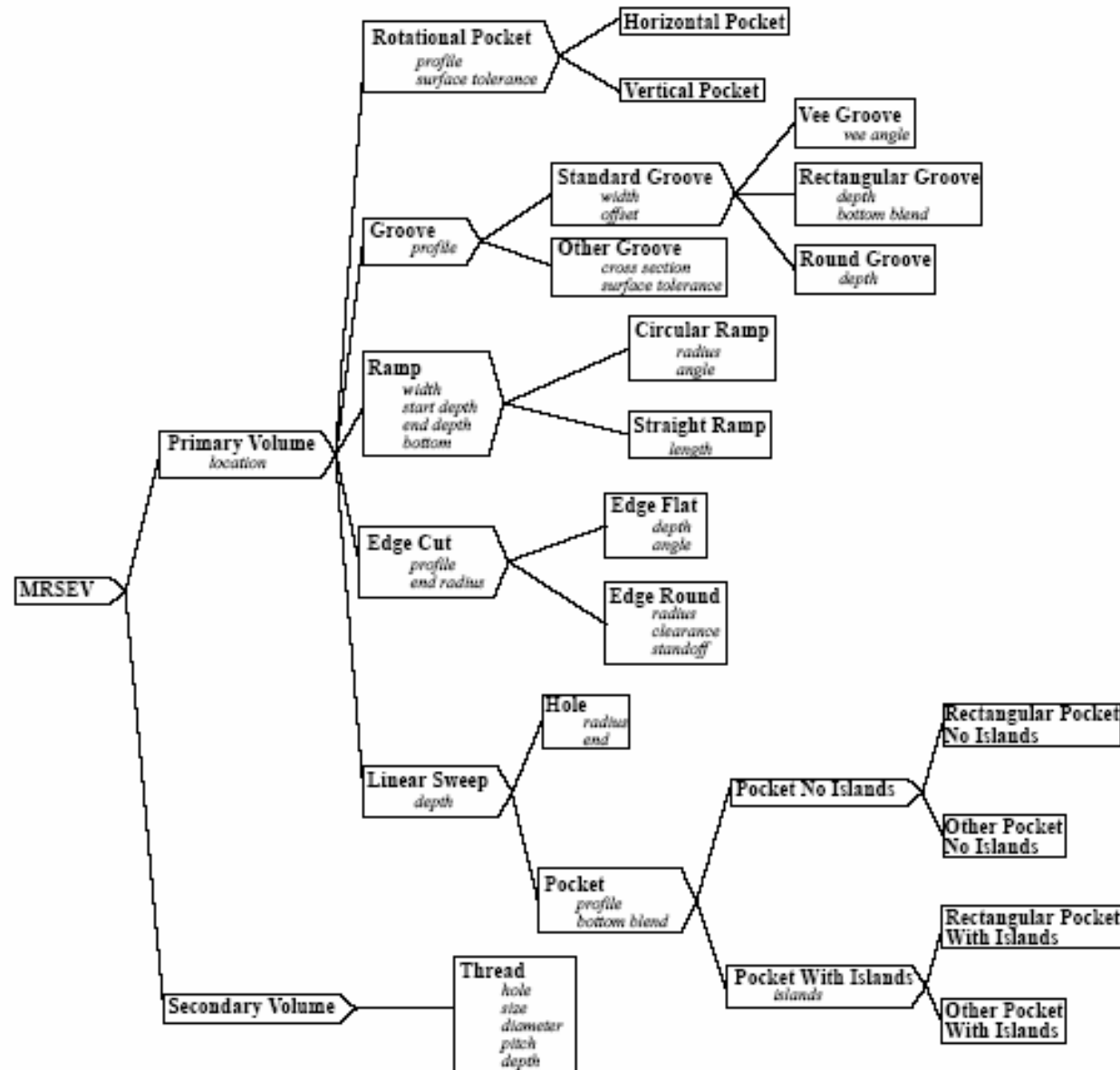


**Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP**



**João Carlos E. Ferreira**  
**GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC**  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)





Uma proposta de  
classificação de  
features



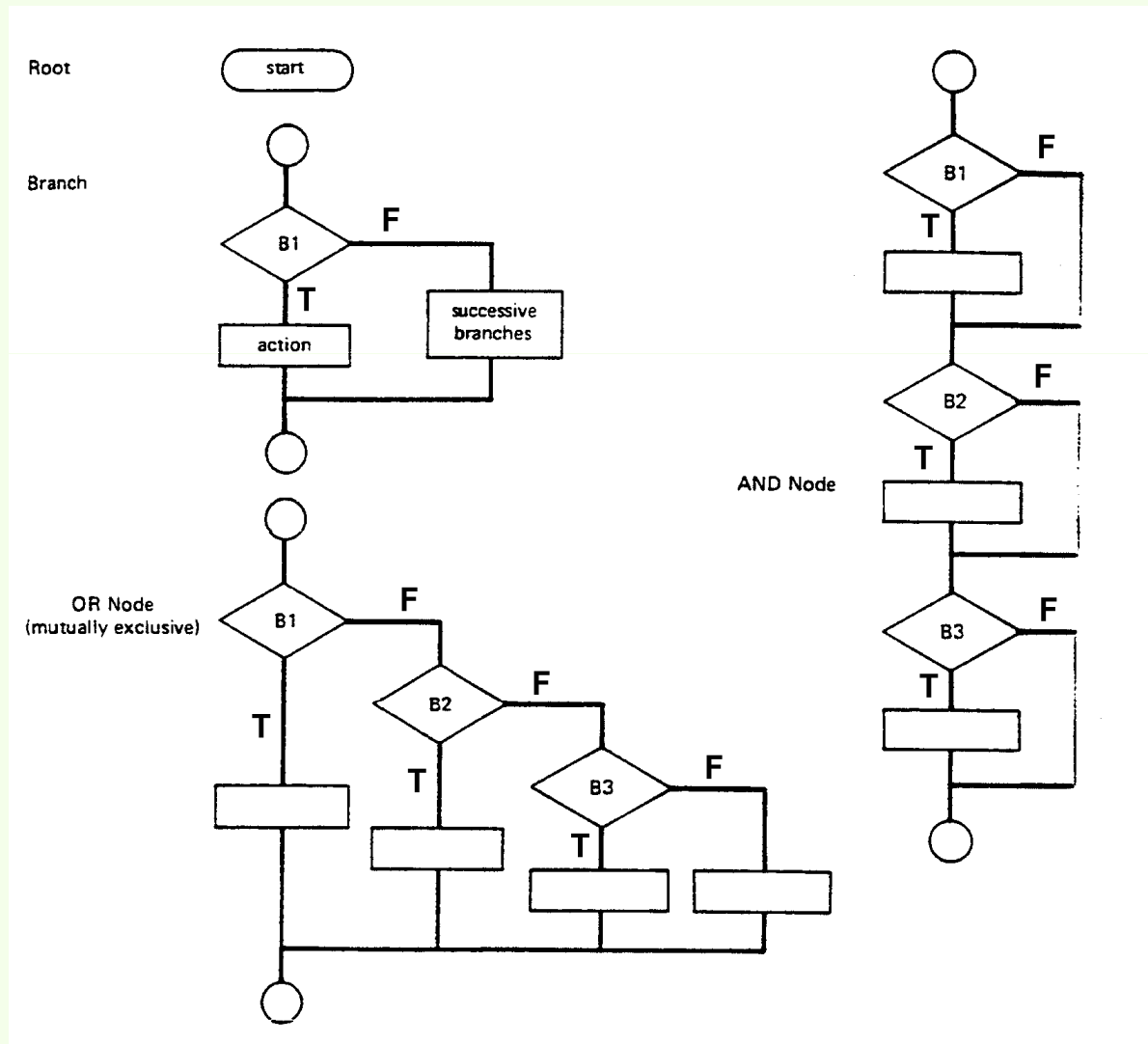


# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- *Lógica de Decisão*
  - Determina como um processo é selecionado.
  - Coração do software; direciona o fluxo do programa.
  - Combina as capacidades dos processos com as especificações de projeto.
  - Capacidades de processo podem ser descritas como regras do tipo “IF...THEN...”.
- Há vários métodos para descrever-se a estrutura de decisão no planejamento do processo: *árvores de decisão, tabelas de decisão e inteligência artificial.*

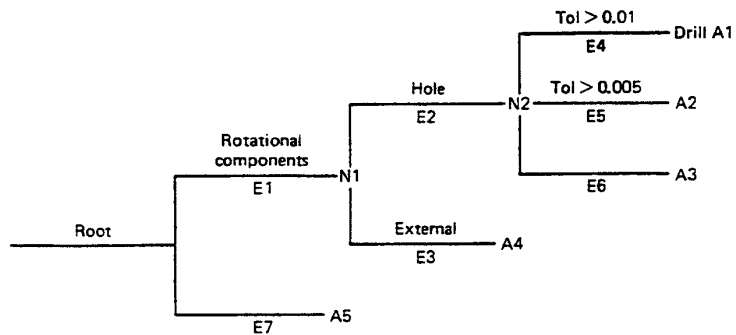


- *Árvores de Decisão*

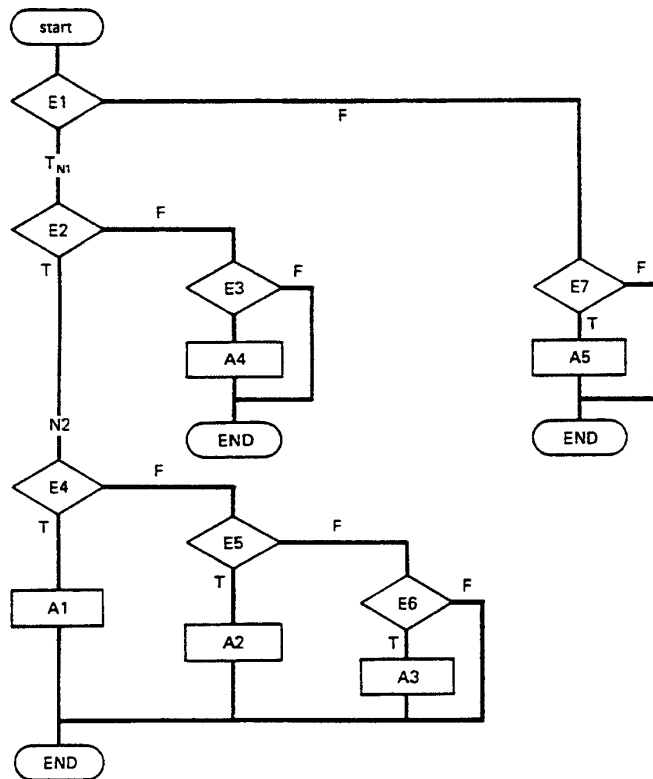


*Fluxograma estruturado que corresponde a uma árvore de decisão*





E<sub>i</sub> represents an expression or a series of expressions  
 A<sub>i</sub> represents an action



```

; raiz
if E1 then N1
      else if E7 then A5
  
```

```

; nó N1
procedure N1
if E2 then N2
      else if E3 then A4
  
```

```

; nó N2
procedure N2
if E4 then A1
      else if E5 then A2
      else if E6 then A3
  
```

*Implementação de uma árvore de decisão num programa*



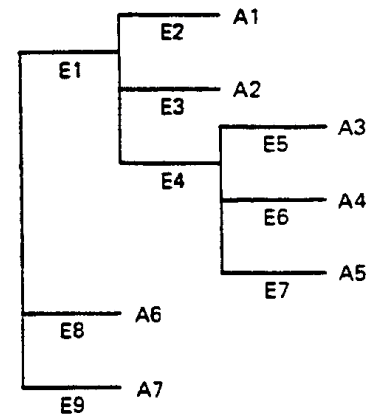
Expression definition

- Q1 Hole diameter ?
- E1  $&1 > 0.0$
- Q2 True position ?
- E2  $&1 \leq 0.002$
- E3  $(\&1 \leq 0.01) . \text{AND} . (0.002 < \&1)$
- E4  $&1 > 0.01$
- Q5 Tolerance ?
- E5  $&1 \leq 0.002$
- E6  $(\&1 \leq 0.01) . \text{AND} . (0.002 < \&1)$
- E7  $0.01 < \&1$
- A1 Rapid travel out, true position = 0.01
- A2 Finish bore, true position = 0.02
- A3 Finish bore, tolerance = 0.01
- A4 Semifinish bore, tolerance = 0.02
- A5 Drill, diameter = 0
- Q8 Slot ?
- Q9 Internal thread ?
- E8  $\&1$
- E9  $\&1$
- A6 Mill
- A7 Tap

Tree structure definition

- O – OR (E1 E8 E9)
- E1 – AND (E2 E3 E4)
- E2 – A1
- E3 – A2
- E4 – AND (E5 E6 E7)
- E5 – A3
- E6 – A4
- E7 – A5
- E8 – A6
- E9 – A7

Decision tree



- *Tabelas de Decisão*

Hole	X	X	X	X	X		
Diameter > 0.0	X	X	X	X	X		
Slot						X	
Internal thread							X
T.P. ≤ 0.002	X						
0.002 < T.P. ≤ 0.01		X					
0.01 < T.P.			X	X	X		
Tol ≤ 0.002			X				
0.002 < Tol ≤ 0.01				X			
0.01 < Tol					X		
Rapid travel out	X						
Finish bore		X	X				
Semifinish bore				X			
Drill					X		
Mill						X	
Tap							X
T.P. = 0.01	X						
T.P. = 0.02		X					
Tol = 0.01			X				
Tol = 0.02				X			
Diameter = Ø					X		



# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- *Inteligência Artificial*
  - Programas tradicionais (procedurais) de computador → usados para resolver problemas formalizados, princípios bem entendidos.
  - Problemas menos formalizados e menos entendidos → Inteligência Artificial (“IA”), particularmente sob a forma de Sistemas baseados no Conhecimento (ou Sistemas Especialistas, “SE”).
  - IA → desenvolvida visando simular a inteligência do ser humano no computador → procura adaptar e acumular a sabedoria de um profissional, podendo aprender e até criar com base naquele conhecimento.



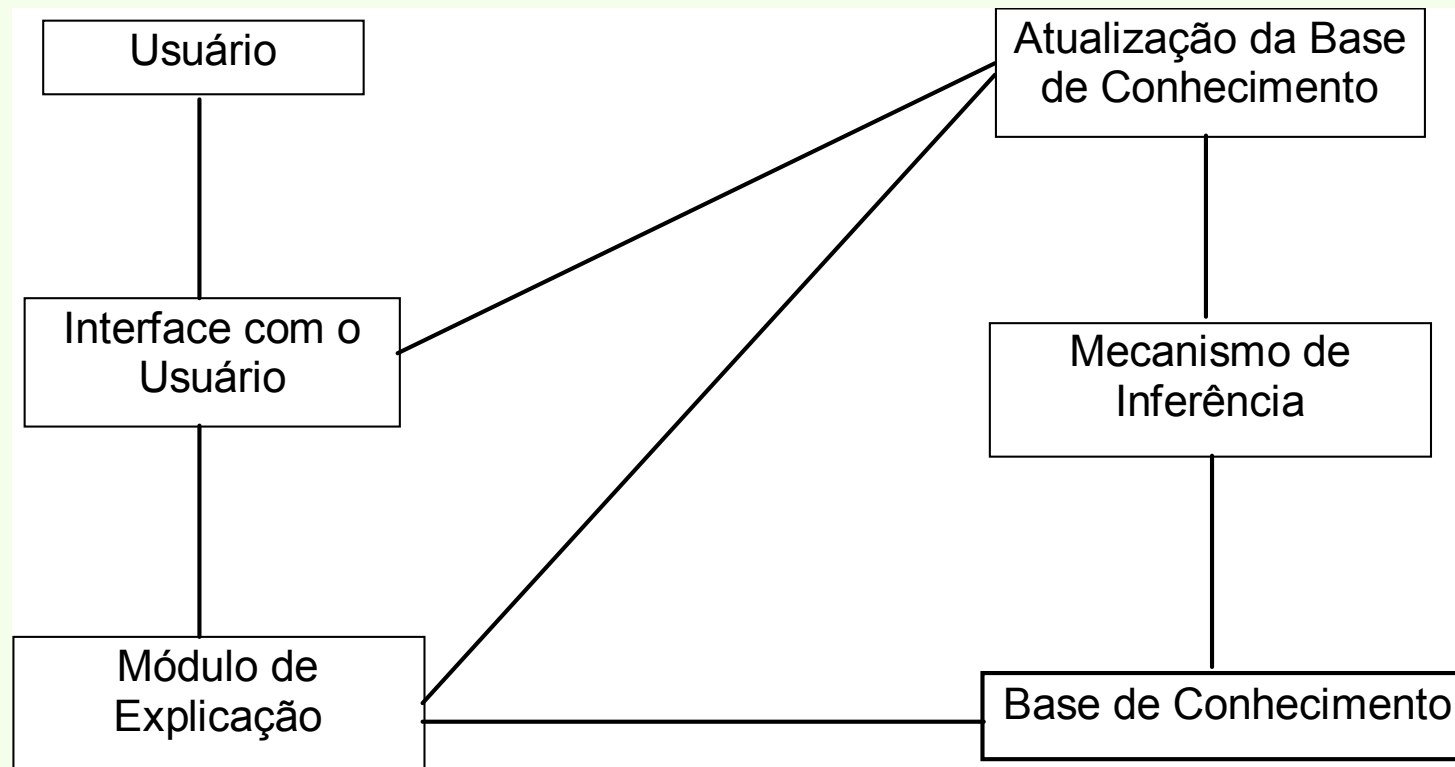
# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- Primeiros SE → área médica (p.ex. MYCIN), visando o diagnóstico de doenças infecciosas.
- Outras aplicações iniciais de SE → interpretação de informações geológicas (PROSPECTOR); planejamento de experimentos em genética molecular (MOLGEN).
- Aparecimento de muitos *shells* comerciais para o desenvolvimento de SE (p.ex. CLIPS).



# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- *Arquitetura de SE*





# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- Base de conhecimento: contém os fatos (parte dinâmica) e o conhecimento (parte estática, referente às relações entre os fatos) associados ao domínio do SE → ela deve ser atualizada ao longo de sua expansão.
- Mecanismo de inferência: Não basta possuir uma base de conhecimento. É necessário fazê-la funcionar. O mecanismo de inferência contém o mecanismo de controle e pode ser usado para modificar, expandir e atualizar a base de conhecimento.
- Módulo de explicação: usado para rastrear a ordem da lógica e responder a perguntas sobre a lógica por trás do procedimento de solução. O usuário pode perguntar ao SE “por quê?” sobre uma certa decisão do sistema. O SE então responde sobre o motivo daquela decisão.
- Interface com o usuário: responsável pela comunicação do usuário com o SE e vice-versa.



# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- *Representação do Conhecimento*
  - Esquemas de representação são classificados em: (i) declarativos, e (ii) procedurais.
  - Conhecimento Declarativo
    - Esquemas de representação declarativa incluem: 1) cálculo de predicado, 2) redes semânticas, 3) *frames*.
    - *Cálculo de Predicado*:
      - Exemplo 1 → “*todos os furos cegos são furos*”:  
$$\forall X (\text{furo\_cego}(X) \Rightarrow \text{furo}(X)).$$



– Exemplo 2:

- » *Uma broca helicoidal é uma broca.*
- » *Brocas são feitas de diferentes materiais; aço rápido, metal duro, etc.*
- » *Uma broca helicoidal é especificada pelo seu diâmetro e comprimento.*
- » *A broca helicoidal nº 1 é feita de aço rápido.*
- » *A broca helicoidal nº 1 tem diâmetro = 1/4” e comprimento = 1”.*

- $\forall X (\text{broca\_helicoidal}(X) \Rightarrow \text{broca}(X)).$
- $\forall X (\text{broca}(X) \Rightarrow \text{feita\_de}(X, AR) \vee \text{feita\_de}(X, MD), \dots).$
- $\forall X (\text{broca\_helicoidal}(X)) \wedge \exists Y (\text{diâmetro}(Y)) \Rightarrow \text{diâmetro\_broca\_helicoidal}(X, Y).$
- $\forall X (\text{broca\_helicoidal}(X)) \wedge \exists Y (\text{comprimento}(Y)) \Rightarrow \text{comprimento\_broca\_helicoidal}(X, Y).$
- $\forall X (\text{feita\_de}(\text{broca\_helicoidal\_1}, AR)).$
- $\forall X (\text{diâmetro\_broca\_helicoidal}(\text{broca\_helicoidal\_1}, 0.25)).$
- $\forall X (\text{comprimento\_broca\_helicoidal}(\text{broca\_helicoidal\_1}, 1.0)).$



# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- *Redes Semânticas*

- Descrevem o mundo em termos de objetos (nós) e relações (arestas rotuladas).

- » *é\_uma (broca\_helicoidal, broca).*

- » *tem\_propriedade (material, (AR, MD, ...), broca).*

- » *tem\_propriedade (diâmetro, broca\_helicoidal).*

- » *tem\_propriedade (comprimento, broca\_helicoidal).*

- » *é\_uma (broca\_helicoidal\_1, broca\_helicoidal).*

- » *tem\_propriedade (material, AR, broca\_helicoidal\_1).*

- » *tem\_propriedade (diâmetro, 0.25, broca\_helicoidal\_1).*

- » *tem\_propriedade (comprimento, 1.0, broca\_helicoidal\_1).*



# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- *Frames*

- *nome: broca*
- *feita\_de: AR, MD, ...*
- *nome: broca\_helicoidal*
- *é\_uma: broca*
- *tem\_propriedade: diâmetro, comprimento*
- *nome: broca\_helicoidal\_1*
- *é\_uma: broca\_helicoidal*
- *feita\_de: AR*
- *diâmetro: 0.25*
- *comprimento: 1.0*



- *Frames*

A Frame for a Twist Drill Process to Create a Hole H
<i>frame for a process to create a hole H</i> <i>process name:twist-drill</i>
<i>list of restrictions</i> 1.diameter(H) > .063 COMMENT: diameter(H) refers to the value in the diameter slot of the frame for hole H. The meanings of the other functions below are analogous. 2.diameter(H) < 2 3.length(H) < 12 * diameter(H) 4.pos-diam-tol(H) > (.007 * diameter(H)) ** 0.5 + .003 5.neg-diam-tol(H) > (.007 * diameter(H)) ** 0.5 6.loc-tol(H) > .008 7.straightness(H) > (.0005 * length(H)/diameter(H)) ** 3 + 0.002 8.straightness(H) > (.001 * length(H)/diameter(H)) ** 3 + 0.003 9.roundness(H) > .004 10.surface-finish(H) > 100
<i>list of conditions</i> 1.either one of the following: 1a.list of preconditions: type(on-surface(H)) = flat-surface x-angle(on-surface(H)) = x-angle(H) z-angle(on-surface(H)) = z-angle(H) 1b.spot-face F hole(F) = H 2.hole-workspace C x-location(C) = x-location(H) y-location(C) = y-location(H) z-location(C) = z-location(H) x-angle(C) = x-angle(H) z-angle(C) = z-angle(H)



– Conhecimento Procedural

• *Regras de Produção*

- Regras na forma de pares condição-ação:
  - » *IF <antecedente> THEN <conseqüente>, ou*
  - » *WHEN <premissa> BEGIN <ação>.*
- Antecedente ou Condição → conjunto de parâmetros para combinar;
- Conseqüente ou Ação → lista de tarefas para executar.

***Se***

*existe uma feature furo cilíndrico  
passante com*

*orientação “radial”*

*diâmetro “D”*

*profundidade “P”*

***Então***

*Associe esta feature a uma  
operação com*

*Nome: “furar”*

*Direção: “transversal”*

*Diâmetro: “D”*

*Profundidade : “P+5”*



# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- *Mecanismos de Inferência*
  - Encadeamento para a frente → adequado para determinar quais são as conseqüências de um dado fato ocorrido num dado sistema.
  - Interpretador → monitora a base de fatos e a base de regras com o objetivo de construir uma lista das regras que têm sua premissa satisfeita pelos fatos já existentes.
  - Regra colocada no topo da lista será a primeira a ser executada → a ordem em que as regras são colocadas na lista e a sua execução são ditadas pela estratégia adotada pelo controlador → execução em largura ou em profundidade





# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

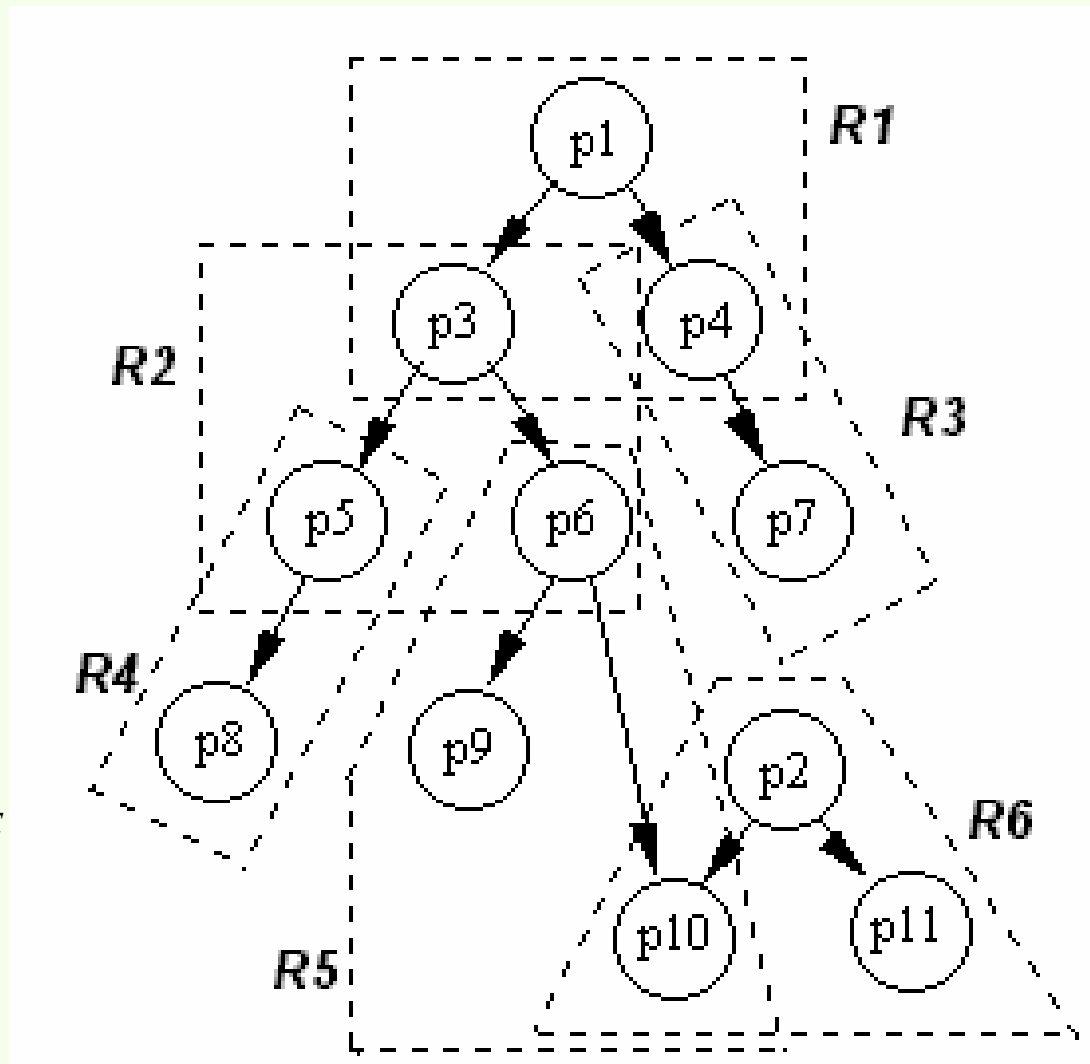
- Exemplo → regras R1 e R2 com premissas satisfeitas por um fato A → estas regras são então colocadas na lista.
- Execução de R1 leva à criação do fato B, que satisfaz as regras R3 e R4 → estas regras (R3 e R4) são agora colocadas na lista:
  - Se R3 e R4 são colocadas acima de R2, então tem-se uma execução em profundidade.
  - Se R3 e R4 são colocadas depois de R2, então tem-se uma execução em largura.



- Encadeamento para trás → adequado para determinar quais são as causas que levaram a um dado fato, num dado sistema, ou simplesmente para verificar se uma determinada hipótese se sustenta, com base nos fatos já conhecidos.
- Interpretador recebe um fato (uma hipótese que deve ser provada) e verifica se este já existe na base de fatos:
  - Se sim → hipótese é imediatamente provada.
  - Se não → interpretador verifica na base de regras quais as regras que têm como conclusão aquele fato.
    - Os fatos que estão nas premissas dessas regras passam então a ser hipóteses intermediárias que devem ser provadas.
  - Processo termina quando um fato presente na base de fatos dá suporte ao raciocínio desenvolvido, ou quando não há mais caminhos para tentar provar a hipótese.



*R1: SE p1 é "verdadeira"*  
*ENTÃO p3 é "verdadeira" E*  
*p4 é "verdadeira"*  
*R2: SE p3 é "verdadeira"*  
*ENTÃO p5 é "verdadeira" E*  
*p6 é "verdadeira"*  
*R3: SE p4 é "verdadeira"*  
*ENTÃO p7 é "verdadeira"*  
*R4: SE p5 é "verdadeira"*  
*ENTÃO p8 é "verdadeira"*  
*R5: SE p6 é "verdadeira"*  
*ENTÃO p9 é "verdadeira" E*  
*p10 é "verdadeira"*  
*R6: SE p2 é "verdadeira"*  
*ENTÃO p10 é "verdadeira" E*  
*p11 é "verdadeira"*

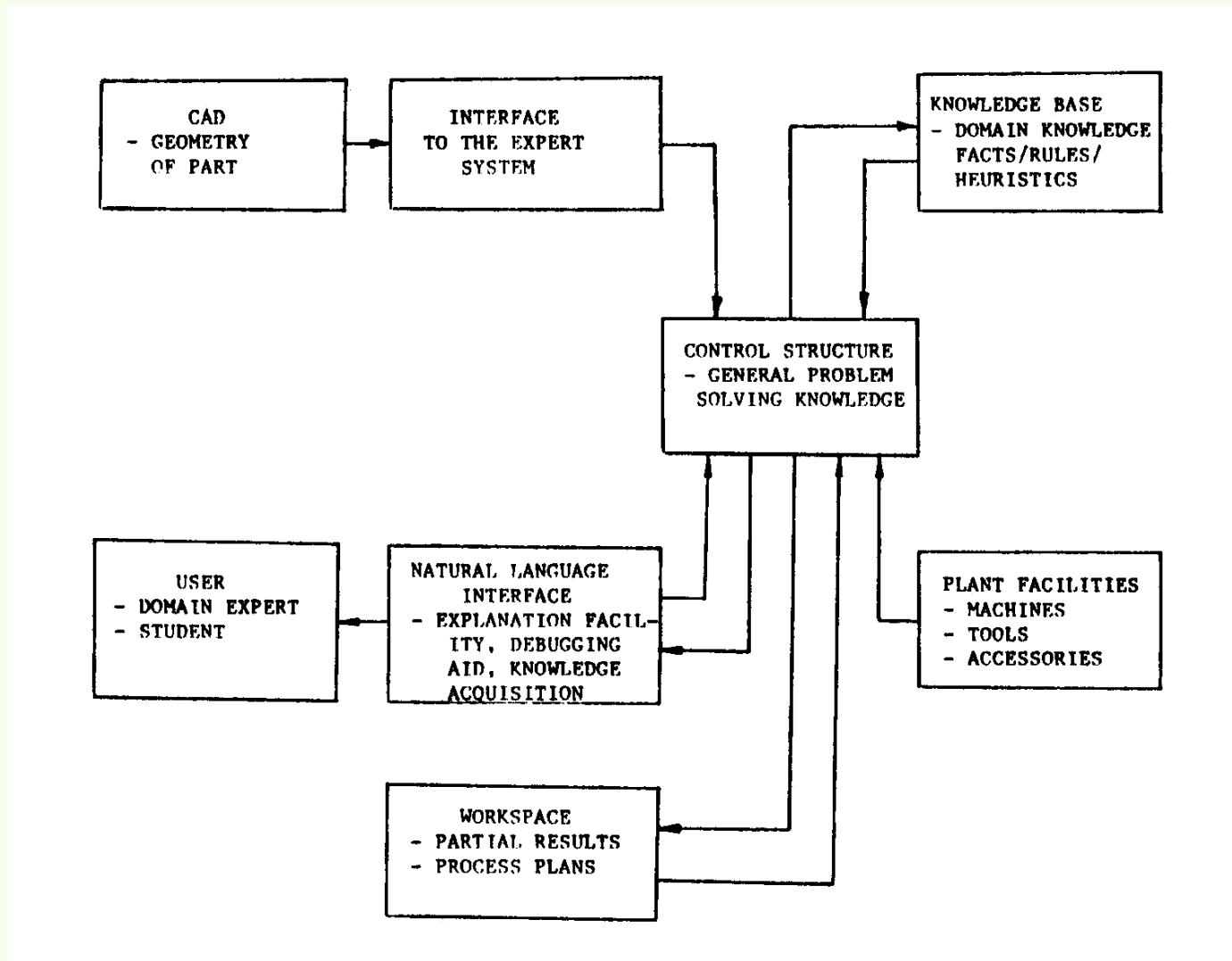


<i>Encadeamento para a frente</i>	<i>Encadeamento para trás</i>
<p>p1 é “verdadeira” (entrada do usuário)  lado esquerdo de R1 é satisfeito  R1 é disparada (i.e. executada)  p3 é “verdadeira” (de R1)  Identificar regras com p3; lado esquerdo de R2 é satisfeito  p4 é “verdadeira” (de R1)  Identificar regras com p4; lado esquerdo de R3 é satisfeito  R2 é disparada  p5 é “verdadeira” (de R2)  Identificar regras com p5; lado esquerdo de R4 é satisfeito  p6 é “verdadeira” (de R2)  Identificar regras com p6; lado esquerdo de R5 é satisfeito  R3 é disparada  p7 é “verdadeira” (de R3)  Identificar regras com p7; nenhuma é encontrada  R4 é disparada  p8 é “verdadeira” (de R4)  Identificar regras com p8; nenhuma é encontrada  R5 é disparada  p9 é “verdadeira” (de R5)  Identificar regras com p9; nenhuma é encontrada  p10 é “verdadeira” (de R5)  Identificar regras com p10; nenhuma é encontrada  Fim da procura</p>	<p>Determinar p10 (objetivo principal)  Tentar R5 (primeira regra para p10)  p6 é desconhecido (p6 = objetivo temporário)  Tentar R2 (primeira regra para p6)  p3 é desconhecido (p3 = objetivo temporário)  Tentar R1 (primeira regra para p3)  p1 é desconhecido (p1 = objetivo temporário)  Perguntar ao usuário (nenhuma regra para p1)  Entrada do usuário → p1 é “verdadeira”  O sub-objetivo p1 é completado  Determinar p3 (sub-objetivo)  p3 é “verdadeira”; p4 é “verdadeira” (de R1)  O objetivo temporário p3 é satisfeito (p4 é “efeito colateral”)  determinar p6 (sub-objetivo)  p5 é “verdadeira”; p6 é “verdadeira” (de R2)  O objetivo temporário p6 é satisfeito (p5 é “efeito colateral”)  Determinar p10 (objetivo principal)  p9 é “verdadeira”; p10 é “verdadeira” (de R5)  O objetivo temporário p10 é satisfeito (p9 é “efeito colateral”)    Fim da procura</p>

### *Exemplos de rastreamento pelos encadeamentos para a frente e para trás*



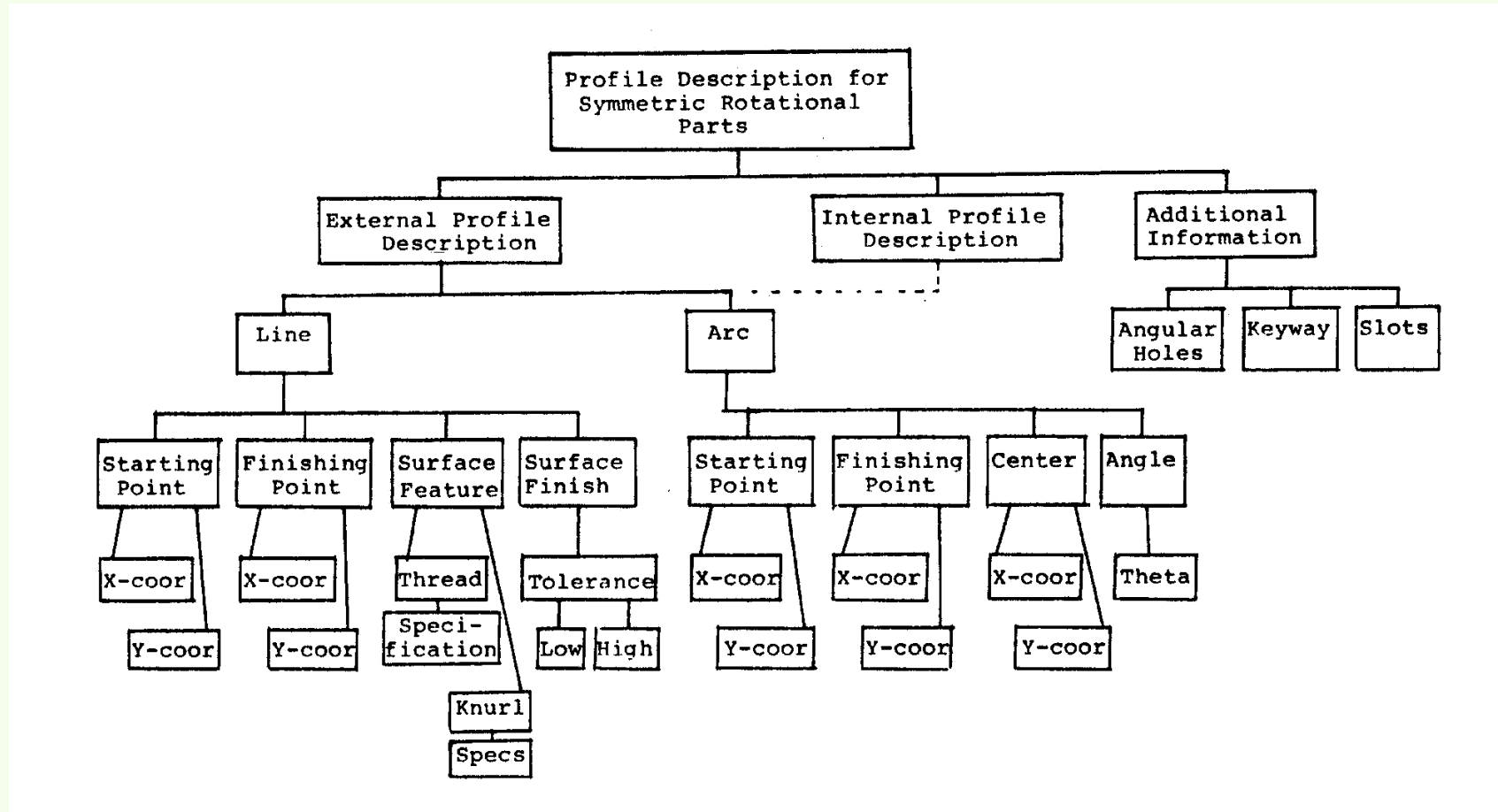
- Sistema *PROPLAN*



Arquitetura do sistema *PROPLAN*



- Sistema *PROPLAN*



*Esquema de descrição de perfis para peças cilíndricas*



- Sistema *PROPLAN*

**PART REPRESENTATION:**

```
PART -----> <VIEW1> <VIEW2> <VIEW3> ...
VIEW -----> <EXTERNAL_PROFILE> <INTERNAL_PROFILE>
<ADDITIONAL_INFORMATION>
EXTERNAL-PROFILE -----> {<LINE>|<ARC>}
INTERNAL-PROFILE -----> {<LINE>|<ARC>}
ADDITIONAL-INFORMATION -----> Angular holes, keyways, slots
LINE -----> <START_POINT> <END_POINT> <SURFACE_FEATURE> <TOLERANCES>
ARC -----> <START_JOINT> <END_POINT> <CENTER> <ANGLE> <SURFACE_FEATURE>
<TOLERANCES>
SURFACE_FEATURE -----> <THREAD>|<KNURL>
TOLERANCES -----> <LOWER_LIMIT> <UPPER_LIMIT>
```

*Elementos para a descrição de perfis*



- **Sistema *PROPLAN***

## *Exemplos de regras de produção*

```
(ON CHOICE OF MACHINE)
IF    <OPERATION is TURNING>
and   <Maximum LENGTH of PART is less than 30 inches>
and   <Maximum DIAMETER of PART is less than 10 inches>
THEN <recommended MACHINE is LATHE001>
```

```
(ON CHOICE OF TOOL)
IF    <OPERATION is DRILLING>
and   <PARTMATERIAL is HIGH-CARBON-STEEL>
and   <DIAMETER of HOLE is less than 2 inches>
and   <HARDNESS of PARTMATERIAL is between 200 & 240 BHN>
THEN <recommend DRILL with HELIX 240 degrees>
or    <recommend DRILL with POINT 118 degrees>
```

```
(ON CHOICE OF TOOL-MATERIAL)
IF    <the PARTMATERIAL is ALUMINUM>
and   <OPERATION is TURNING>
THEN <recommended TOOL-MATERIAL is HIGH-SPEED-STEEL>
```

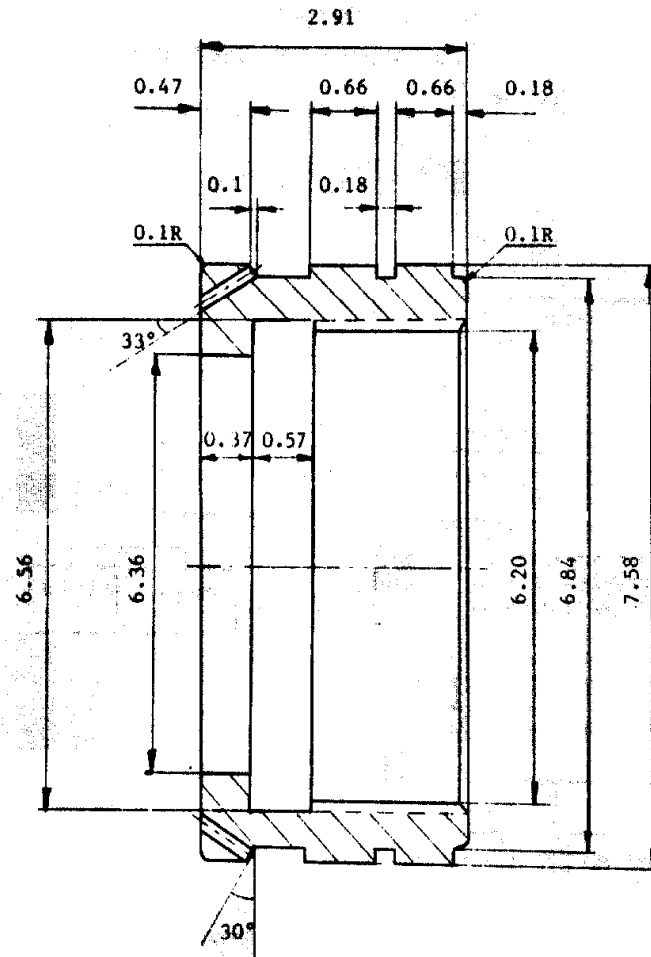
```
(ON CHOICE OF COOLANT)
IF    <the PARTMATERIAL IS PLAIN-CARBON-STEEL>
and   <TOOLMATERIAL is HIGH-SPEED-STEEL>
THEN <recommended COOLANT is SOLUBLE-OIL>
```

```
(ON CHOICE OF CUTTING SPEED)
IF    <OPERATION is TURNING>
and   <DEPTH-OF-MATERIAL to be removed is greater than 2 inches>
and   <DIAMETER of PART is less than 4 inches>
and   <PARTMATERIAL is CASTIRON>
and   <TOOLMATERIAL is CARBIDE-TIP>
THEN <recommended SPEED is 250 rpm>
```





- Sistema *PROPLAN*



EXTERNAL OUTLINE:

```
(LINE (0.00 0.00) (0.00 3.69))
(ARC (0.00 3.69) (0.10 3.79) (0.10 3.69) (90))
(LINE (0.10 3.79) (0.47 3.79))
(LINE (0.47 3.79) (0.57 3.61))
(LINE (0.57 3.62) (1.06 3.62))
(LINE (1.06 3.62) (1.06 3.79))
(LINE (1.06 3.79) (1.72 3.79))
(LINE (1.72 3.79) (1.72 3.62))
(LINE (1.72 3.62) (1.90 3.62))
(LINE (1.90 3.62) (1.90 3.79))
(LINE (1.90 3.79) (2.56 3.79))
(LINE (2.56 3.79) (2.56 3.62))
(LINE (2.56 3.62) (2.74 3.62))
(ARC (2.74 3.62) (2.84 3.52) (2.74 3.52) (90))
(LINE (2.84 3.52) (2.84 0.00))
```

INTERNAL OUTLINE:

```
(LINE (0.00 3.18) (0.37 3.18))
(LINE (0.37 3.18) (0.37 3.28))
(LINE (0.37 3.28) (0.94 3.28))
(LINE (0.94 3.28) (0.94 3.46))
(LINE (0.94 3.46) (2.81 3.46) (OPERATION THREAD))
(LINE (2.81 3.46) (2.91 3.56))
```

ADDITIONAL INFO:

```
(HOLES (ANGULAR) (0.00 3.44) (0.10) (33°) (2))
```

*Desenho e representação simbólica de uma peça cilíndrica*



Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP



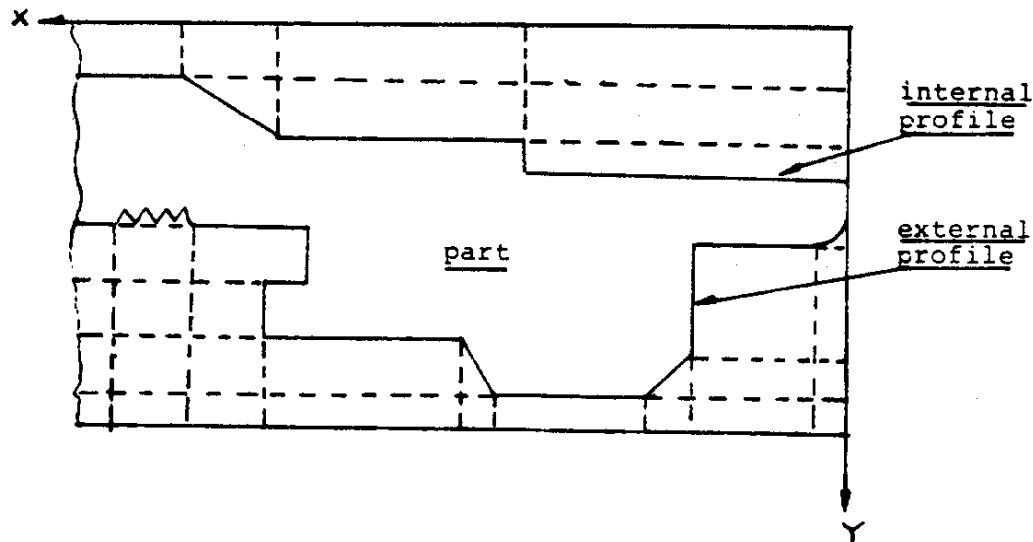
João Carlos E. Ferreira  
GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)



- Sistema *PROPLAN*

INITIAL STATE: MATERIAL TO BE REMOVED  
OR  
AREA TO BE REMOVED FROM GRID  
FINAL STATE : NO MATERIAL LEFT  
OR  
AREA IN GRID = NIL  
OPERATORS : MACHINING OPERATIONS

*Representação  
do problema*



- Sistema *PROPLAN*

OPERATION	DESCRIPTION	ABSTRACTION
TURNING	is used to decrease diameter	Removes a rectangle from the external grid
CHAMFERING	is used to chop a 90° angle	Removes triangle from the external grid
FILLETING	is used to create a curved surface	Removes a sector from the grid
BORING	Enlarge hole	Remove rectangle from internal grid
DRILLING	Create hole	Remove rectangle from internal grid

*Abstração das operações de usinagem*



- Sistema *PROPLAN*

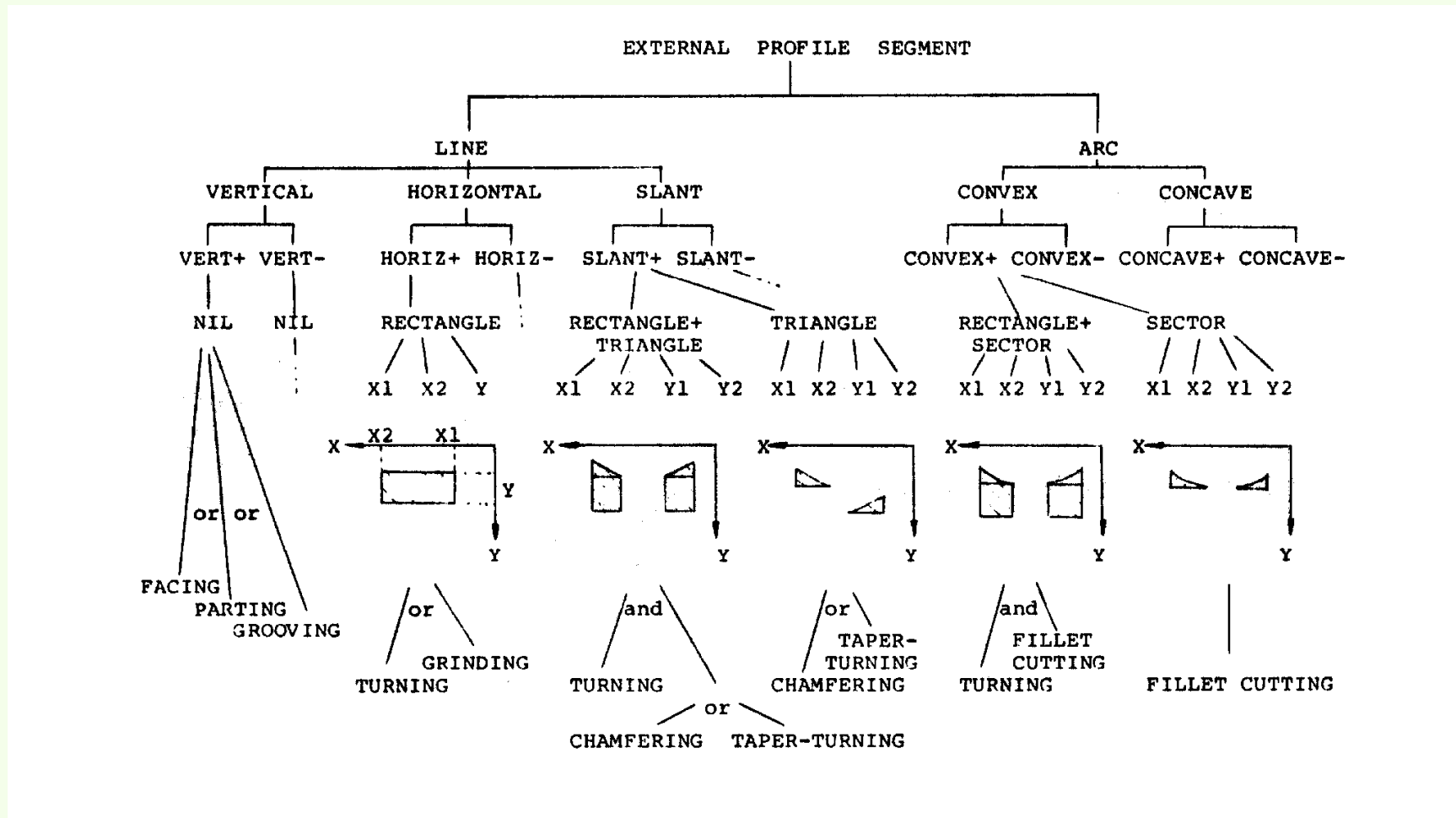
### *Algumas das heurísticas aplicadas*

- |           |  |
|-----------|--|
| Heuristic | * In a turning operation, maximize the length of a rectangle that can be removed in one pass, or equivalently, combine adjacent rectangles at the same level after selecting a rectangle for processing.             |
| Rationale | * This conforms to manufacturing logic. The tip of a turning tool is designed to remove more material in a movement parallel to the center line of raw material.   |
| Heuristic | * If a triangle is to be removed, choose chamfering if the area, of triangle is less than C.   |
| Rationale | * Chamfering is a faster operation than taper turning which requires setting up the equipment and tool adjustments.  |
| Heuristic | * If the area of a sector to be removed is less than K choose fillet- cutting.   |
| Rationale | * Fillet-cutting will be performed in a manner similar to chamfering using a form tool which gives the shape desired by removing a sector in one pass. The alternative is contour machining which is more expensive. |

(C and K are constants depending on the tools available)



- Sistema *PROPLAN*



Árvore parcial e inferência para a determinação de operações externas



- **Sistema *PROPLAN***

## *Exemplo de planejamento do processo*

Part name: CONNECTOR

The representation for CONNECTOR is:

```
CONNECTOR = ((external) (LINE (O 0) (O 2000))
             (ARC (O 2000) (500 2500) (500 2000) (90))
             (LINE (500 2500) (1500 2500) (OPN KNURL (25 TPI)))
             (LINE (1500 2500) (2000 2250))
             (LINE (2000 2250) (2000 1500))
             (LINE (2000 1500) (3000 1500))
             (LINE (3000 1500) (3700 1500) (OPN THREAD (10 TPI)))
             (LINE (3750 1500) (3750 0)))

             ((internal) (LINE (O 500) (1000 500) (OPN THREAD (10 TPI)))
             (LINE (1000 500) (1000 750))
             (LINE (1000 750) (1500 750))
             (LINE (1500 750) (1500 500))
             (LINE (1500 500) (3000 500))
             (LINE (3000 500) (3000 250))
             (LINE (3000 250) (3750 250)))

             ((additional) ()))
```

Raw material required is a cylindrical block:

Diameter = 3000

Length = 3750

External operations required are:

TURNING GROOVING CHAMFERING FILLET-CUTTING THREADING KNURLING

Internal operations required are:

DRILLING BORING THREADING



- **Sistema *PROPLAN***

```
+++ Have I analyzed the part-geometry correctly? ** y
+++ Now proceeding to sequence the operations
--- EXTERNAL OPERATIONS ---
<STEP 1>
OPERATION      : TURNING
MACHINE        : LATHE001
TOOL           : SINGLE-POINT
TOOL-MATERIAL  : (M2 M3)
COOLANT        : NONE
DEPTH-OF-CUT   : (ROUGH 150) (FINISH 25)
SPEED          : (ROUGH 600) (FINISH 800)
FEED           : (ROUGH 15) (FINISH 7)
--- INSTRUCTIONS ---
- TURN FROM X = 0 TO X = 3750
DEPTH OF MATERIAL TO BE REMOVED IS 500
NUMBER OF ROUGH PASSES REQUIRED IS 3
NUMBER OF FINISH PASSES REQUIRED IS 2
- TURN FROM X = 2000 to X = 3750
DEPTH OF MATERIAL TO BE REMOVED IS 1000
NUMBER OF ROUGH PASSES REQUIRED IS 6
NUMBER OF FINISH PASSES REQUIRED IS 2
--- INTERNAL OPERATIONS ---
<STEP 1>
OPERATION      : DRILLING
MACHINE        : LATHE001
TOOL           : (DRILL WITH HELIX 168)
TOOL-MATERIAL  : HSS
COOLANT        : NONE
DEPTH-OF-CUT   : NOT-APPLICABLE
SPEED          : 60 FEED           I
--- INSTRUCTIONS ---
- DRILL FROM X = 0 TO X = 3750
DIAMETER OF HOLE DRILLED IS 250
```



- **Sistema CAPP em Prolog**

1. FACE : any surface that is perpendicular to the axis of rotation
2. CYL : any cylindrical surface
3. EXTAPER : any external tapering surface
4. INTAPER : any internal tapering surface
5. EXTHREAD : any portion of the surface that is threaded externally
6. INTTHREAD : any portion of the surface that is threaded internally
7. HOLE : any internal cylindrical surface
8. KNURL : any portion of the surface that is knurled
9. FORM : any surface that is curved in nature

*Features padronizadas consideradas neste sistema CAPP*





- **Sistema CAPP em Prolog**

## *Representação de fatos*

Rough turning, rough boring, and rough taper turning. The predicate with which the cutting data corresponding to speed, feed, and depth of cut for the above operations are linked with is SRCDAT. The fact is represented as:

```
(SRCDAT Material (((HSS-speed range-1) (Carbide-speed range-1))
  (Feed range-1) (Depth of cut range-1))
  (((HSS-speed range-2) (Carbide-speed range-2))
  (Feed range-2) (Depth of cut range-2)))
```

for example:

```
(SRCDAT FCS (((110 40) (250 150)) (0.3 0.2) (2 0.5))
  (((70 40) (180 120) (0.5 0.25) (5 2))))
```

represents the corresponding ranges of speed, feed rate, and depth of cut as mentioned within the parenthesis.



- **Sistema CAPP em Prolog**

### *Representação de fatos*

Finish turning and finish boring. The predicate with which the cutting parameters for operation finish turning are linked with is SFCDAT, and the one for finish boring is BFCDAT. The structures of both the facts look alike. They are represented as:

```
(SFCDAT Material Hardness-range (HSS-speed HSS-feed HSS-depth of cut)
(Carbide-speed Carbide-feed Carbide-depth of cut))
for example:
(SFCDAT PCLS 125175 (38 0.18 0.64) (151 0.18 0.64)),
(BFCOAT HSTS 175225 (15 0.10 0.25) ( 60 0.13 0.25)).
```

Here and in subsequent descriptions, hardness range is coded, for example, 125175 denotes hardness between 125 and 175 BHN.



- **Sistema CAPP em Prolog**

## *Representação de fatos*

```
(DRLDAT Material] Hardness-range  
(Speed (Various feed rates corresponding to standard drills)))
```

for example:

```
(DRLDAT MTS 225275 (10 (0.05 0.08 0.13 0.23 0.25 0.30 0.33))),  
(REMDAT MTS 225275 (9.5 (0.05 0.13 0.25 0.41 0.51 0.64))).
```

Tapping. The predicate defined is TAPSP0 and the representation is (TAPSPD Material Hardness-range Speed), for example (TAPSP0 HSS 175225 4.7).

Thread cutting. Thread cutting data is represented using the predicate THRDAT as

```
(THRDAT Nominal-diameter pitch of the thread (Spindle speed external  
threads No. of cuts if internal threads))
```

```
(THRDAT 48 3 (315 10 13)).
```



- **Sistema CAPP em Prolog**

## *Representação de fatos*

Cutting fluids. The cutting fluid to be used depends to a large extent on the operation being performed and workpiece material. The data regarding the cutting fluid has been linked with two predicates, FLDCODE and FLDNAME. They are represented as:

```
(FLDCODE Operation Material Cutting fluid code)
```

```
(FLDNAME Cutting fluid code Cutting fluid name)
```

for example:

```
(FLDCODE REAM HSS 4)
```

```
(FLDNAME 4 (HIGH SULPHUR FATTY CHLORINATED OIL))
```



- **Sistema CAPP em Prolog**

```
(OPR61 FACE RH 6 ?FXI ?FYI ?FZI) <- (OP6 FACE ?FXI ?FY1 ?FZ1)
                                         (OP1 FACE ?XI ?Y1 ?Z1)
                                         (BAR ?FYI)
                                         (DAT61 FACE ?C1)

(BAR ?FYI) <- (MAX-DIA ?MD) (BSIZE ?MD ?FYI)
(BSIZE ?A ?B) <- (ASK-USER (SOURCE ?A)
                  (TARGET ?B)
                  (QUESTION PLEASE SPECIFY TH DIAMETER
                    CORRESPONDING TO A SIZE OF ?A))

(DAT61 FACE ?C1) <- (TOOL-MTL CARBIDE)
                   (MATERIAL ?M)
                   (HARDNESS ?H)
                   (SFCDAT ?M ?H ?X ?C1)
```

*Representação de regra para faceamento*



- **Sistema CAPP em Prolog**

```
(OPR67 CYL FINISH 5 ?FZ7 ?FY7 ?FX7) <-      (OP5 CYL ?FX7 ?FY7 ?FZ7)
  (OP2 FACE ?X7 ?Y7 ?Z7)
  (ST7 ?S7 ?T7)
  (> ?S7 0) (> ?S7 125)
  (DAT67 FCYL ?C7)
(DAT67 FCYL ?C7) <- (TOOL-MTL CARBIDE)
  (MATERIAL ?M)
  (HARDNESS ?H)
  (SFCDAT ?M ?H ?X ?C7)
(DAT67 FCYL ?CL) <- (TOOL-MTL HSS)
  (MATERIAL ?M)
  (HARDNESS ?H)
  (SFCOAT ?M ?H ?C7 ?X)
(TOOL-MTL ?TM) <- (ASK-USER (SOURCE)
  (TARGET ?TM)
  (QUESTION PLEASE SPECIFY THE TOOL MATERIAL THAT IS BEING
  USED) )
(DEFELAB TOOL-MTL      (IT IS RECOMMENDED THAT CARBIDE TOOL MATERIAL IS
  USED FOR OPERATIONS LIKE TURNING, TAPERING,
  THREADING AND FACING. WHILE FOR OPERATIONS LIKE
  BORING, DRILLING AND REAMING HSS TOOLS ARE
  PREFERRED)) .
```

### *Representação de regra para torneamento fino*



- **Sistema CAPP em Prolog**

Material	Code Name
Plain Carbon and Low Alloy Steels	PCLS
Free Cutting Steels	FCS
High Speed Tool Steel	HSTS
Tungsten Hot Work Tool Steel	THWTS
Chromium Hot Work Tool Steel	CHWTS
Ferritic Stainless Steel	FRS
Austentic Stainless Steel	ASS
Martensitic Stainless Steel	MTS
Cast Iron	CIRON
Aluminium Alloys	ALUMIN
Copper Alloys	COPPER

*Códigos de  
materiais*



- Sistema CAPP em Prolog

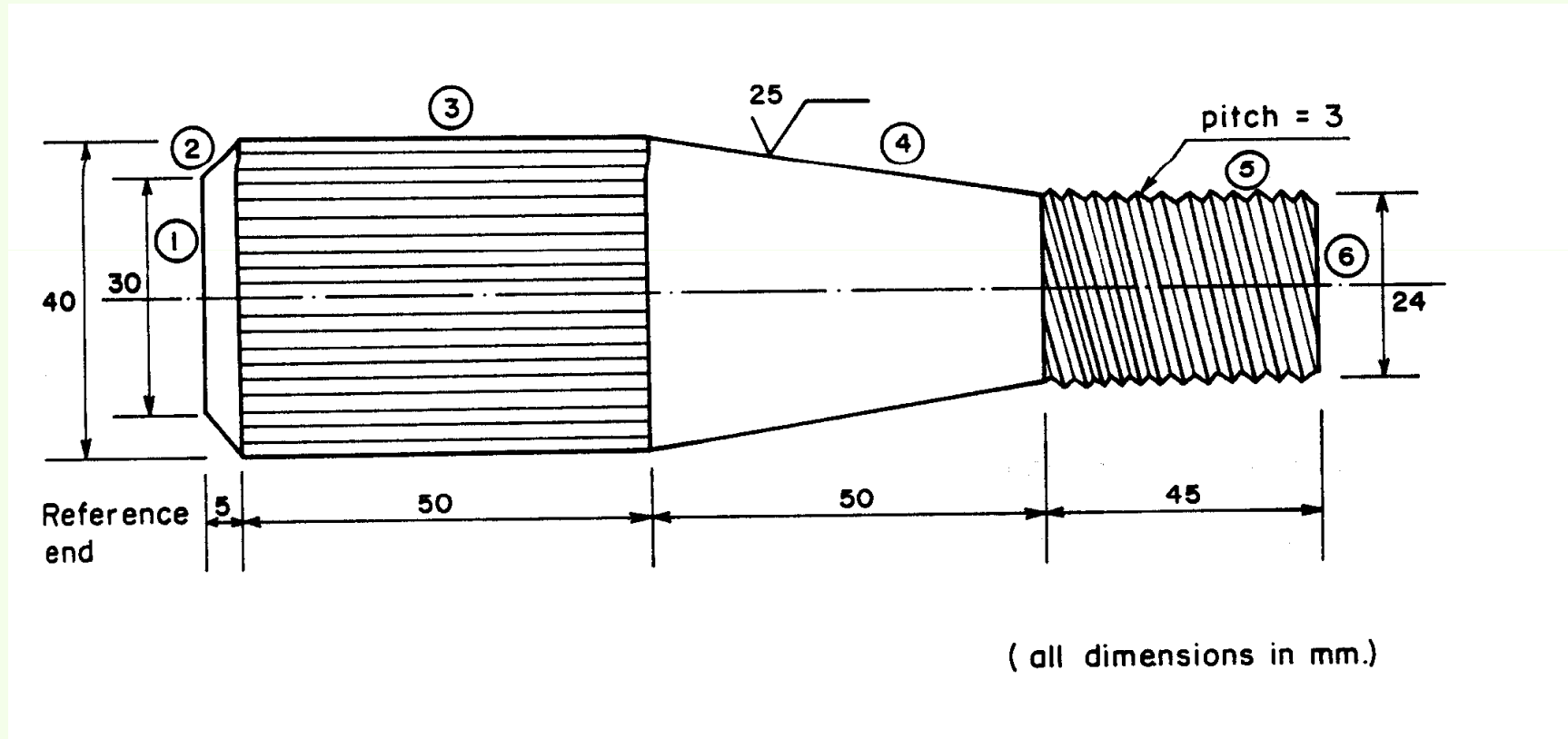
Hardness Range (H)	Code
$75 \leq H < 125$	75125
$125 \leq H < 175$	125175
$175 \leq H < 225$	175225
$225 \leq H < 275$	225275
$275 \leq H < 325$	275325
$325 \leq H < 375$	375425

*Códigos de faixas de dureza*





- Sistema CAPP em Prolog



*Exemplo de peça*



- **Sistema CAPP em Prolog**

(IF YOU WANT TO KNOW SOME DETAILS BEFORE WORKING WITH THE SYSTEM TYPE YES ELSE TYPE NO) >YES

*\*The details of fixing reference end and feature numbering appear\**

(IF YOU HAVE LOCATED THE REFERENCE END AND NUMBERED ALL THE FEATURES FOR FURTHER DETAILS TYPE YES) > YES

\* Details of Table 1 appear

ALL DIMENSIONS ARE TO BE IN MM

(IF YOU ARE READY WITH THE VARIOUS PART DETAILS TYPE YES TO INTERACT WITH THE SYSTEM) > YES

(PLEASE SPECIFY THE SPINDLE SPEEDS THAT ARE AVAILABLE ON THE LATHE IN THE FORM OF A LIST) > (45 56 70 110 137 270 215 170 325 420 525 655 820 1025 1280 1600 2000)

### *Questionamento e respostas do usuário*



- **Sistema CAPP em Prolog**

(PLEASE SPECIFY THE FEEDS THAT ARE AVAILABLE ON YOUR LATHE IN THE FORM OF A LIST) > (0.05 0.068 0.075 0.090 0.10 0.125 0.150 0.168 0.175 0.20 0.225 0.250 0.300 0.350 0.40 0.450 0.50)

(PLEASE SPECIFY THE CROSS FEEDS THAT ARE POSSIBLE ON THE LATHE) (0.03 0.045 0.046 0.050 0.060 0.100 0.130 0.166 0.183 0.230 0.260 0.330 0.365 0.40 0.480)

(PLEASE ANSWER YES IF THE PART IS PRODUCED FROM BAR STOCK ELSE ANSWER NO) > YES

(LOOKING AT THE ABOVE INFORMATION PLEASE SPECIFY THE PART MATERIAL) > FCS

(PLEASE SPECIFY THE RANGE IN WHICH THE BRINELL HARDNESS NUMBER OF THE MATERIAL MENTIONED ABOVE FALLS BY LOOKING AT THE GIVEN INFORMATION) > 275325

(SPECIFY THE TOTAL LENGTH OF THE PIECE THAT IS BEING WORKED) > 150

(PLEASE SPECIFY THE MAX DIAMETER VALUE AT ANY PLACE OF THE WORKPIECE) > 40



- **Sistema CAPP em Prolog**

(PLEASE SPECIFY THE FIRST FEATURE DETAILS AS DESCRIBED EARLIER) > FACE 0  
30 (PLEASE SPECIFY THE SURFACE FINISH IN MICRO-INCHES AND TOLERANCE IN  
MM

\*\* IF YOU DO NOT KNOW ANY OF THE VALUES TYPE 0) > 0

(PLEASE SPECIFY THE SECOND FEATURE DETAILS PROPERLY AS DESCRIBED  
EARLIER) > EXTAPER 30 5 40

(PLEASE SPECIFY THE SURFACE FINISH IN MICRO-INCHES AND TOLERANCE IN MM  
\*\* IF YOU DO NOT KNOW ANY OF THE VALUES TYPE 0) > 0

(PLEASE SPECIFY THE THIRD FEATURE DETAILS PROPERLY AS DESCRIBED EARLIER)  
> KNURL) 5 50 40

(PLEASE SPECIFY THE SURFACE FINISH IN MICRO-INCHES AND TOLERANCE IN MM  
\*\* IF YOU DO NOT KNOW ANY OF THE VALUES TYPE 0) > 0

(PLEASE SPECIFY THE TOTAL NUMBER OF REMAINING FEATURES) > 3

### *Questionamento e respostas do usuário*



- **Sistema CAPP em Prolog**

(PLEASE SPECIFY THE FOURTH FEATURE DETAILS PROPERLY AS DESCRIBED EARLIER) > EXTAPER 40 50 24

(PLEASE SPECIFY THE SURFACE FINISH IN MICRO-INCHES AND TOLERANCE IN M M  
\*\* IF YOU DO NOT KNOW ANY OF THE VALUES TYPE 0) > 25 0.05

(PLEASE SPECIFY THE FIFTH FEATURE DETAILS PROPERLY AS DESCRIBED EARLIER)  
> EXTHREAD 24 45 3

(PLEASE SPECIFY THE SURFACE FINISH IN MICRO-INCHES AND TOLERANCE IN MM  
\*\* IF YOU DO NOT KNOW ANY OF THE VALUES TYPE 0) > 40 0.10

*Questionamento e respostas do usuário*



- **Sistema CAPP em Prolog**

Sr. No.	Operation	Corresponding Feature
1	Facing	6
2	Rough Turning	3
3	Rough Turning	5
4	Rough Taper Turning	4
5	Finish Taper Turning	4
6	External Threading	5
7	Knurling	3
8	Parting Off	1
9	Chamfering	2
10	Facing	1

*Seqüência de operações para a peça exemplo*



- Sistema CAPP em Prolog

Sr. No.	Cutting Speed (MT/MIN)	Spindle Speed (RPM)	Feed (MM/REV)	Depth of Cut (MM)	No. of Passes	Machining Time (Min)
1	134	820	0.350	0.380	1	0.090
2	123	820	0.250	2.180	2	1.450
3	129	1025	0.300	2.450	3	0.430
4	129	1025	0.300	2.450	3	0.290
5	134	1025	0.175	0.640	1	0.270
6	42	525	-	0.250	10	0.280
7	39	325	0.050	-	-	0.300
8	51	420	0.060	-	-	0.790
9	51	420	0.100	-	-	
10	134	1420	0.330	0.380	1	0.300

*Dados de usinabilidade*

The Total Machining Time is = 4.31



- **Sistema CAPP em Prolog**

Sr. No.	Tool Type	Tool Material	I S Tool Code
1	RH Facing Tool	Carbide	ISO 5 -R 3232 IS:2163
2	Straight Turning Tool	Carbide	ISO 1 -R 1516 IS:2163
3	Straight Turning Tool	Carbide	ISO 1 -R 1516 IS:2163
4	Cranked Turning Tool	Carbide	ISO 2 -R 1212 IS:2163
5	Cranked Turning Tool	Carbide	ISO 2 -R 1212 IS:2163
6	Pointed Turning Tool	Carbide	ISO 1 -2012 IS:2163
7	Parallel Knurling Tool		
8	Parting Off Tool	Carbide	ISO 7 -R 2515 IS:2163
9	Chamfering Tool		
10	RH Facing Tool	Carbide	ISO 5 -R 3232 IS:2163

*Ferramentas  
recomendadas*

The Recommended Single Point Cutting Tool Geometry is :=

Tool Material	Back Rake	Side Rake	End Relief	Side Relief	Side and Edge Cutting Angle
Carbide	-5	-5	5	5	15





- Sistema CAPP em Prolog

Operations	Cutting Fluid
6	Medium Sulphurized Fatty Oil
1 2 3 4 5 8 9 10	Soluble Oil
7	Lard Oil

*Fluidos de corte recomendados*



- Sistema CAPP em Prolog

Type of Tool	Time (Min)
RH Facing Tool	0.120
Straight Turning Tool	1.890
Cranked Turning Tool	0.560
Pointed Turning Tool	0.280
Parallel Knurling Tool	0.300
Parting Off Tool	0.790
Chamfering Tool	0.110

*Tempos exigidos de cada ferramenta de usinagem*



# PLAN. DO PROCESSO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAPP)

- *Seleção de Operações para Furos Simples*
  - (i) processos em cheio; (ii) processos que alargam e melhoram furos já existentes.
    - Furação com broca helicoidal, broca de lâmina, fresa de topo e broca canhão.
    - Alargamento, mandrilamento, retificação e brunimento.
    - Desbaste, semi-acabamento e acabamento.



## • *Algoritmo para Seleção dos Processos Básicos para Furos Simples*

0. *Para qualquer superfície que termina numa superfície plana, incluir uma operação de rebaixamento, se a operação que produz a superfície anterior não for fresamento de topo.*
1. *Checar o processo de abertura do furo (broca helicoidal, broca de lâmina ou fresa de topo); combinar as exigências da superfície com a capacidade de cada processo. Não usar fresa de topo se a superfície termina num cone.*
2. *Se a combinação é satisfatória para um ou mais processos de abertura do furo, listar estes processos como aqueles que podem ser usados para gerar a superfície, e sair.*
3. *Eliminar todos os processos de abertura de furos que não atingem as exigências de mínimo diâmetro da ferramenta. Se isto resulta em nº de processos = 0, relatar isto e sair.*
4. *Eliminar todos os processos que não satisfazem as exigências de profundidade. Se isto resulta em nenhum processo factível, vá para o passo 5; senão vá para o passo 9.*
5. *Testar broca canhão. Se for possível, selecionar este processo e sair..*
6. *Se a limitação for a profundidade do furo, sair.*
7. *Se a limitação for o diâmetro mínimo da ferramenta, ou retilinidade, ou circularidade, ou paralelismo ou tolerância de posição, relatar e sair.*
8. *Se a limitação são tolerâncias dimensionais ou rugosidade superficial, checar retificação a brunimento. Se houver sucesso, sair com este resultado.*
9. *Checar o alargamento para condições não satisfeitas pelos processos de abertura de furos. Se houver sucesso, listar este como o processo posterior ao de abertura do furo, e continuar. Se o alargamento não for possível devido à retilinidade, sair.*
10. *Checar o mandrilamento para condições não satisfeitas pelos processos de abertura de furos. Se houver sucesso, listar este como o processo posterior ao de abertura do furo, e sair.*
11. *Se o mandrilamento não for possível devido ao diâmetro máximo da ferramenta, ou se o mandrilamento não for possível e o alargamento for possível no passo 9, relatar e sair. Se o mandrilamento tiver sucesso e o alargamento não, vá para o passo 15.*
12. *Checar o mandrilamento para condições não satisfeitas pelos processos de abertura de furos e alargamento combinados. Se houver sucesso, listar este como o processo posterior ao de abertura do furo e ao alargamento, e continuar.*
13. *Checar a retificação para as condições não satisfeitas pelos processos de abertura de furos e alargamento combinados. Se houver sucesso, listar este como o processo posterior ao de abertura do furo e alargamento, e sair.*
14. *Checar o brunimento para as condições não satisfeitas pelos processos de abertura de furos e alargamento combinados. Se houver sucesso, listar este como o processo posterior ao de abertura do furo e alargamento, e sair.*
15. *Checar a retificação para as condições não satisfeitas pelos processos de abertura de furos e mandrilamento combinados. Se houver sucesso, listar este como o processo posterior ao de abertura do furo e mandrilamento, e sair.*
16. *Checar o brunimento para as condições não satisfeitas pelos processos de abertura de furos e mandrilamento combinados. Se houver sucesso, listar este como o processo posterior ao de abertura do furo e mandrilamento, e sair.*
17. *Checar a retificação para as condições não satisfeitas pelos processos de abertura de furos, alargamento e mandrilamento combinados. Se houver sucesso, listar este como o processo posterior ao de abertura do furo, alargamento e mandrilamento, e sair.*
18. *Checar o brunimento para as condições não satisfeitas pelos processos de abertura de furos, alargamento e mandrilamento combinados. Se houver sucesso, listar este como o processo posterior ao de abertura do furo, alargamento e mandrilamento, e sair.*



# EXEMPLO DE SISTEMA CAPP

The screenshot displays the HMS Software - Plan Header / Operation Summary window. The interface includes a menu bar (File, GoTo, Edit, Redline, Utilities, Maintenance, Functions, Window, Search, MES, Help) and a left-hand navigation pane with options like Work List, Notifications, Create/Copy, Retrieve, Edit, Effectivity, Visual Aids, Parts List, Materials, Tool List, Plan Notes, Rev. Record, Signoff, and Approve.

The main area shows the following data:

- Part Number:** 554-303-112-003
- Part Rev:** A
- Plan Rev:** 011
- Part Description:** ABRASIVE STRIP
- Plan Status:** I
- Created by:** rwatkins
- Location:** RFB00X
- Project Code:** P22
- Total Setup Time:** 3.510
- Total Run Time:** 11.460
- Plan Type:** MFG
- Serial Req:** Y
- First Article:** Y
- Revised by:** rwatkins
- Date:** 30-SEP-1999
- Approved by:** (empty)
- Date:** (empty)
- Change No:** ECO2432-01

Below the header is a table of operations:

Oper #	Alt	AVM	Work Ctr	Work Area	Work Location	Title of Operation	Set Up	Run	Insp.	FA
0010	-		0584N685	0584	Building5	DEBURR AND POLISH EDGES	.23	2.100	P	N
0020	-		1552F325	1552	Building5	FORM	.75	1.760	P	N
0030	-		1552N270	1552	Building5	FINISH FORM	.11	.760	P	N
0040	-		1552N805	1552	Building5	ALKALINE CLEAN	.50	.200	P	N
0050	-		1552N826	1552	Building5	SAW	.23	.500	P	N
0060	-		1552N826	4517	Building5	DEBURR	.12	.160	P	N
0070	-		1552N826	1552	Building5	INSPECT	.10	.546	Q	N
0080	-		1552N826	1552	Building5	CHEM MIL	.54	1.750	P	N
0090	-		3663T055	3663	Building5	CLEAN AND INSPECT	.01	.500	P	N

Below the operations table is the Revision History table:

Rev	Revised By	User Name	Reason For Change	Approved By	User Name	Approved Date
011	rwatkins	Watkins,Ron	Add tooling to Operation 110.			
010	rwatkins	Watkins,Ron	Update Link	rwatkins	Watkins,Ron	26-AUG-1999
009	rwatkins	Watkins,Ron	Add a new Hot link	rwatkins	Watkins,Ron	24-AUG-1999
008	rwatkins	Watkins,Ron	Add text to op 20 for setup	rwatkins	Watkins,Ron	28-JUL-1999
007	klindsay	Lindsay,Ken	Spelling correction	klindsay	Lindsay,Ken	27-JUL-1999
006	klindsay	Lindsay,Ken	Update Oper Graphics and part description	klindsay	Lindsay,Ken	27-JUL-1999
005	rwatkins	Watkins,Ron	Update video link	rwatkins	Watkins,Ron	23-JUL-1999
004	rwatkins	Watkins,Ron	Correct wording on oper30	rwatkins	Watkins,Ron	20-JUL-1999
003	rwatkins	Watkins,Ron	Manufacturing change order to update process on op 20.	rwatkins	Watkins,Ron	20-JUL-1999
002	mcniff	McNiff,Rob	Update Part Description per engineering drawing	mcniff	McNiff,Rob	20-JUL-1999
001	rwatkins	Watkins,Ron	Initial release of part.	mcniff	McNiff,Rob	20-JUL-1999

Define part and routing information

Track revision and signoff history

Sistema HMS



Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP



João Carlos E. Ferreira  
GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC  
www.grima.ufsc.br



# EXEMPLO DE SISTEMA CAPP

74 Second Generation HMS-CAPP

File GoTo Edit Redline Utilities Maintenance Functions Window Search MES Help

**Header**

**HMS Software - Plan Header / Operation Summary**

Part Number: 554-303-112-003 Part Rev: A Plan Rev: 011 Part Description: ABRASIVE STRIP Plan Status: I

Created by: rwatkins Location: RFBXXX Project Code: P22 Total Setup Time: 3.510 Total Run Time: 11.460 Plan Type: MFG Serial Req: Y First Article: Y

Revised by: rwatkins Date: 30-SEP-1999 Approved by: Date: Change No: ECO2432-01

Oper #	Alt	A/M	Work Ctr	Work Area	Work Location	Title of Operation	Set Up	Run	Insp.	FA
0010	-		0584N685	0584	Building5	DEBURR AND POLISH EDGES	.23	2.100	P	N
0020	-		1552F325	1552	Building5	FORM	.75	1.760	P	N
0030	-		1552N270	1552	Building5	FINISH FORM	.11	.760	P	N
0040	-		1552N805	1552	Building5	ALKALINE CLEAN	.50	.200	P	N
0050	-		1552N926	1552	Building5	SAW	.23	.500	P	N
0060	-		1552N926	4517	Building5	DEBURR	.12	.160	P	N
0070	-		1552INSP	1552	Building5	INSPECT	.10	.546	Q	N
0080	-		1552N926	1552	Building5	CHEM MIL	.54	1.750	P	N
0090	-		3563TD55	3563	Building5	CLEAN AND INSPECT	.01	.500	P	N

Revision History

Rev	Revised By	User Name	Reason For Change	Approved By	User Name	Approved Date
011	rwatkins	Watkins,Ron	Add tooling to Operation 110.			
010	rwatkins	Watkins,Ron	Update Link	rwatkins	Watkins,Ron	26-AUG-1999
009	rwatkins	Watkins,Ron	Add a new Hot link	rwatkins	Watkins,Ron	24-AUG-1999
008	rwatkins	Watkins,Ron	Add text to op 20 for setup	rwatkins	Watkins,Ron	28-JUL-1999
007	klindsay	Lindsay,Ken	Spelling correction	klindsay	Lindsay,Ken	27-JUL-1999
006	klindsay	Lindsay,Ken	Update Oper Graphics and part description	klindsay	Lindsay,Ken	27-JUL-1999
005	rwatkins	Watkins,Ron	Update video link	rwatkins	Watkins,Ron	23-JUL-1999
004	rwatkins	Watkins,Ron	Correct wording on oper30	rwatkins	Watkins,Ron	20-JUL-1999
003	rwatkins	Watkins,Ron	Manufacturing change order to update process on op 20.	rwatkins	Watkins,Ron	20-JUL-1999
002	rmcniff	McNiff,Rob	Update Part Description per engineering drawing	rmcniff	McNiff,Rob	20-JUL-1999
001	rwatkins	Watkins,Ron	Initial release of part.	rmcniff	McNiff,Rob	20-JUL-1999

Status: Mode Edit



Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP



João Carlos E. Ferreira  
GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC  
www.grima.ufsc.br



# EXEMPLO DE SISTEMA CAPP

Visibility of planning organization facilitates effective management

Quickly reassign work via "point and click"

Select "SEARCH BY" Criteria

Assume Wildcard  Assume SQL OR

All Work  
 Current Work

Apply Criteria  
Clear Criteria

Search Attributes	Low Value	High Value
User Id		
Group Name	Planner	
Date In Queue		

Select From List to Reassign

User Id	Group Name	Date In Queue	Scheduled Start	Actual Start	Part Number	Part Revision	Plan Revision
hwiliams	Planner	08-16-1999			6870813-1	1	007
cmilton	Planner	08-16-1999		08-16-1999	6870813-1	1	007
hwiliams	Planner	09-30-1999			4510-1-9010	1	001
rwatkins	Planner	08-24-1999		08-24-1999	QWE	QWE	001
rwatkins	Planner	09-07-1999		09-07-1999	FG	DFG	001
rwatkins	Planner	09-08-1999		09-08-1999	TEMP	1	001

Reassign To

Cancel



# EXEMPLO DE SISTEMA CAPP

Reassign Work

Select "SEARCH BY" Criteria

Assume Wildcard    Assume SQL OR

All Work  
 Current Work

Search Attributes:	Low Value	High Value
User Id		
Group Name	Planner	
Date In Queue		

Apply Criteria  
Clear Criteria

Select From List to Reassign

User Id	Group Name	Date In Queue	Scheduled Start	Actual Start	Part Number	Part Revision	Plan Revision
hwilliams	Planner	08-16-1999			6870813-1	1	007
cmilton	Planner	08-16-1999		08-16-1999	6870813-1	1	007
hwilliams	Planner	09-30-1999			4610-1-9010	1	001
rwatkins	Planner	08-24-1999		08-24-1999	QWE	QWE	001
rwatkins	Planner	09-07-1999		09-07-1999	FG	DFG	001
rwatkins	Planner	09-08-1999		09-08-1999	TEMP	1	001

Reassign To

Cancel





# EXEMPLO DE SISTEMA CAPP

The screenshot displays the 'Second Generation HMS-CAPP' software interface. The main window is titled 'HMS Software - Operation Graphics' and shows the following details:

- Part No:** 554-303-112-003
- Plan Rev:** 011
- Item Description:** ABRASIVE STRIP
- Operation:** 0030
- Work Center:** 1552N270
- Work Area:** 1552
- Work Location:** Building5
- Inspection:** P
- Setup Time:** 11
- Run Time:** 760
- Operation Title:** FINISH FORM
- Certification Code:** BOND
- Skill Level:** 1

The interface includes a left-hand menu with options like 'Header', 'Summary', 'Operation', 'Oper Tools', 'Oper Parts', 'Oper Effectivity', 'Inspection Data', 'Switch Sheet', 'Add Oper', 'Next Oper', 'Prev Oper', 'Select Oper', 'Graphic File', 'Screen Grab', and 'Save'. The main area is divided into 'Operation Description' and 'Visual Aid' sections. The 'Operation Description' contains text: 'FINISH FORM AND PRICK PUNCH T/M LOCATION(S) (PRICK PUNCH MARKS ARE AT STA. 83.00 AND STA. 292.00 WHICH ARE THE NET EOPS)' and a note: 'NOTE - PULL (50) FIFTY SECONDS WITH FIFTEEN HUNDRED (1500)LBS. DOWN PRESSURE'. The 'Visual Aid' section shows two images: 'Visual Aid 1' is a CAD drawing of a curved surface with a yellow note box that says 'Note: Pull 50 seconds with 1500lbs' and a blue arrow pointing to a specific area labeled 'Finish Form'; 'Visual Aid 2' is a photograph of the same curved surface with a yellow circle highlighting a specific area, also labeled 'Finish Form'.

Define operation detail

Clarify instructions with annotated graphics (photos, CAD drawings video, sketches, and more).



# EXEMPLO DE SISTEMA CAPP

**74 Second Generation HMS-CAPP**

File GoTo Edit Redline Utilities Maintenance Functions Window Search MES Help Graphics

**HMS Software - Operation Graphics**

Part No: **554-303-112-003** Plan Rev: **011** Item Description: **ABRASIVE STRIP**

Operation	Alt	Work Center	Work Area	Work Location	Inspection	Setup Time	Run Time
0030	-	1552N270	1552	Building5	P	.11	.760

Operation Title: **FINISH FORM** Certification Code: **BOND** Skill Level: **1**

**Operation Description**  
 FINISH FORM AND PRICK PUNCH T/H LOCATION(S) (PRICK PUNCH MARKS ARE AT STA. 83.00 AND STA. 292.00 WHICH ARE THE NET EOPS)  
 NOTE - PULL (50) FIFTY SECONDS WITH FIFTEEN HUNDRED (1500)LBS. DOWN PRESSURE

**Visual Aid 1** Fabrication/Op190.jpg

**Visual Aid 2** Tooling/MVC-021F.JPG

**Finish Form**

**Note: Pull 50 seconds with 1500lbs**

Status: Mode Edit



# EXEMPLO DE SISTEMA CAPP

Select common phrases and notes from standard text library to avoid tedious and error-prone retyping and to minimize planning cycle

The screenshot displays the HMS-CAPP software interface. The main window is titled "HMS Software - Operation Detail" and shows the following information:

- Part No: 406-560-808-936D
- Plan Rev: 007
- Item Description: ENGINE BUILDUP

Below this, there is a table with columns: Operation, Alt, Work Center, Work Area, Work Location, Inspection, Setup Time, and Run Time. The values are: 0040, ., 1552N270, 1552, Building5, P, .11, .760.

Other fields include: Operation Title: ENGINE BUILDUP, Certification Code: BOND, and Skill Level: 1.

The "Operation Description" section contains the text: "REMOVE ENGINE FROM CONTAINER USING HOIST AND SLING. RECORD SERIAL NUMBERS. ATTACH TO COMPLETED ENGINE BUILD-UP FOR TRANSFER TO FINAL ASSY. FADAC ECU WAS RECEIVED WITH."

A "Visual Aid" window shows an image of an engine being lifted by a hoist.

A "Standard Text" dialog box is open, showing a list of categories and subcategories. The "Category" list includes: Fab&Assy, Installation, NCM, OrderMaint, and Cautions. The "SubCategory" list includes: NOTES. The "Key" list includes: CONTRACT NUME and GFE. The "Title" field is set to "GFE COMPONENTS" and the "Code" field is set to "GFE". The dialog box contains the text: "THIS ASSEMBLY - OR - A LOWER INDENTURED ASSEMBLY(S)".

The status bar at the bottom indicates: "Status: You are now in edit mode." and "Mode: Edit".



# EXEMPLO DE SISTEMA CAPP

**74 Second Generation HMS-CAPP**

File GoTo Edit Redline Utilities Maintenance Functions Window Search MES Help

**HMS Software - Operation Detail**

Part No **406-560-008-936D** Plan Rev **007** Item Description **ENGINE BUILDUP**

Operation	Alt	Work Center	Work Area	Work Location	Inspection	Setup Time	Run Time
0040	-	1552N270	1552	Building5	P	.11	.760

Operation Title: ENGINE BUILDUP

Certification Code: BOND Skill Level: 1

Visual Aid: AIL.jpg

**Operation Description**

REMOVE ENGINE FROM CONTAINER USING HOIST AND SLING. RECORD SERIAL NUMBERS

ATTACH TO COMPLETED ENGINE BUILD-UP FOR TRANSFER TO FINAL ASSY. FADAC ECU WAS RECEIVED WITH.

GOVERNMENT FURNISH SHIP CONTRACT NUMBER LABEL ON THE SERIALIZATION SHEET

**THIS ASSEMBLY - OR - A LOWER INDENTURED ASSEMBLY(S) CONTAINS GFE**

PLACE ENGINE IN WORK AREA FOR FOREIGN OVAL VANE INLET AND EXHAUST

INSTALL PROTECTIVE COVERS ON DISCHARGE TUBES L/H AND R/H

**Insert Standard Text**

Category	SubCategory	Key
**Fab&Assy	NOTES	CONTRACT NUME
**Installation		GFE
**NCM		
**OrderMaint		
Cautions		

Title: GFE COMPONENTS Code: GFE

**THIS ASSEMBLY - OR - A LOWER INDENTURED ASSEMBLY(S)**

Select Apply Cancel

Status You are now in edit mode. Mode Edit



# EXEMPLO DE SISTEMA CAPP

Define detailed quality inspection methods and characteristics

Second Generation HMS-CAPP  
File GoTo Edit Redline Utilities Maintenance Functions Window Search MES Help

HMS Software - Inspection Detail

Part No: 554-303-112-003 Plan Rev: 011 Item Description: ABRASIVE STRIP

Operation	Alt	Work Center	Work Area	Work Location	Inspection	Setup Time	Run Time
0030	-	1552N270	1552	Building5	P	.11	.760

Operation Title: VERIFY FINISH FORM

Certification Code: BOND Skill Level: 1

Feature	Drawing Number	Sheet	Zone	Characteristics
1	554-303-112-A	1	4A	Assembly weight
2	554-303-112-A	1	2B	Dimension A
3	554-303-112-A	2	2B	Thickness of Form
4	554-303-112-B	1	1A	Surface Finish
5	554-303-112-A	2	1C	Dimension B
6	554-303-112-A	2	1D	Dimension C

Recommended Inspection Method

**WEIGH ASSEMBLY AND RECORD:**  
[ ] kg

**RUBBER STAMP THE WEIGHT ON THE PART NEXT TO THE PART NUMBER**

**\*\*\* NOTE \*\*\***  
**HANDLE PARTS WITH CARE**  
**SURFACE IS CRITICAL**  
**INTERLEAF WITH PAPER AFTER EACH OPERATION**

Status: Mode Edit



Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP



João Carlos E. Ferreira  
GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)



# EXEMPLO DE SISTEMA CAPP

74 Second Generation HMS-CAPP

File GoTo Edit Redline Utilities Maintenance Functions Window Search MES Help

**Header**

**Summary**

**Operation**

Oper Tools  
Oper Parts  
Oper Effectivity  
Operation Detail  
Change Sheet

Add Oper  
Next Oper  
Prev Oper  
Select Oper  
Save

**HMS Software - Inspection Detail**

Part No: 554-303-112-003 Plan Rev: 011 Item Description: ABRASIVE STRIP

Operation	Alt	Work Center	Work Area	Work Location	Inspection	Setup Time	Run Time
0030	-	1552N270	1552	Building5	P	.11	.760

Operation Title: VERIFY FINISH FORM

Certification Code: BOND Skill Level: 1

Feature	Drawing Number	Sheet	Zone	Characteristics
1	554-303-112-A	1	4A	Assembly weight
2	554-303-112-A	1	2B	Dimension A
3	554-303-112-A	2	2B	Thickness of Form
4	554-303-112-B	1	1A	Surface Finish
5	554-303-112-A	2	1C	Dimension B
6	554-303-112-A	2	1D	Dimension C

Recommended Inspection Method

**WEIGH ASSEMBLY AND RECORD:**

kg

**RUBBER STAMP THE WEIGHT ON THE PART NEXT TO THE PART NUMBER**

**\*\*\* NOTE \*\*\***

**HANDLE PARTS WITH CARE**

**SURFACE IS CRITICAL**

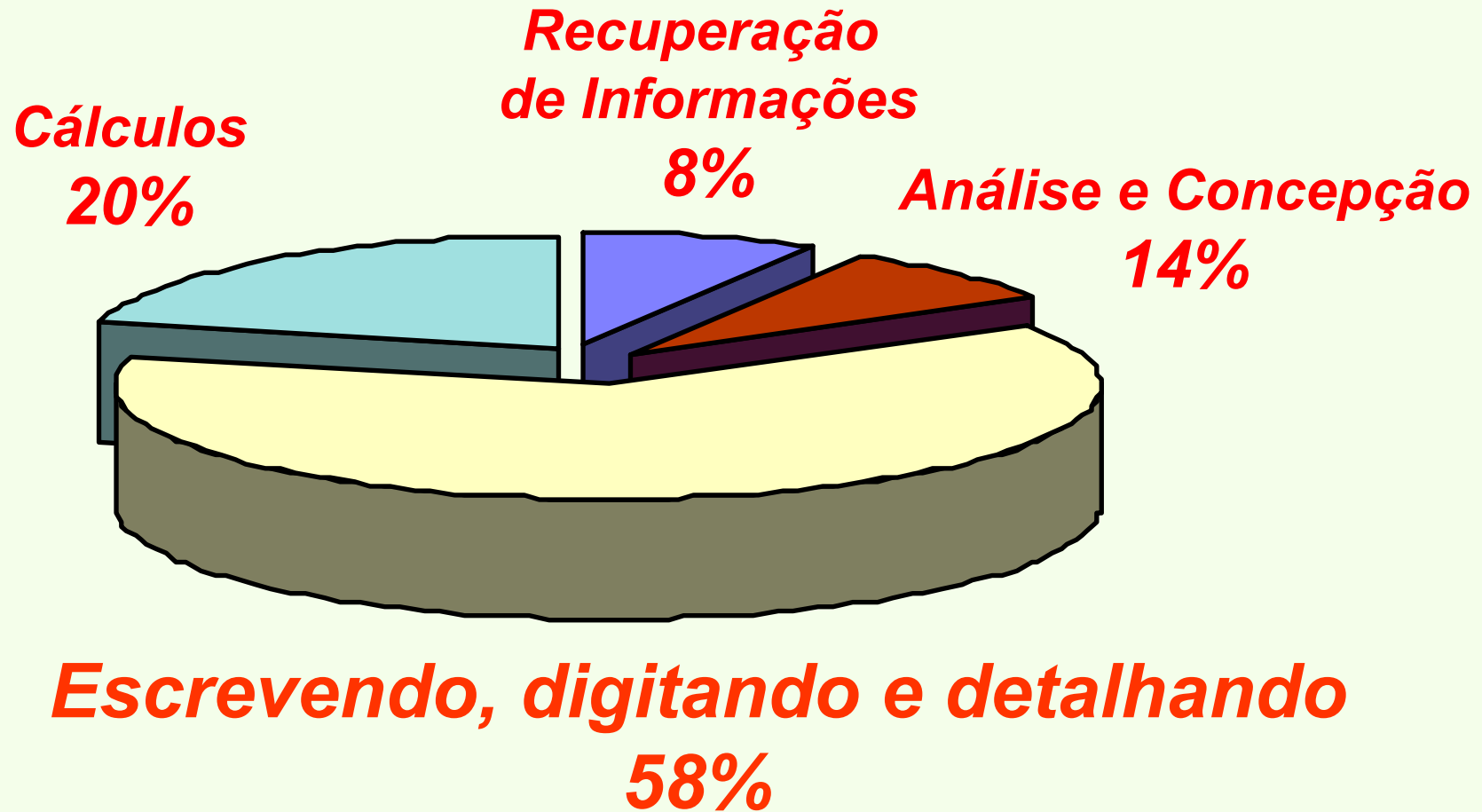
**INTERLEAF WITH PAPER AFTER EACH OPERATION**

Status Mode Edit



# EXEMPLO DE SISTEMA CAPP

*Sem CAPP*



Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP

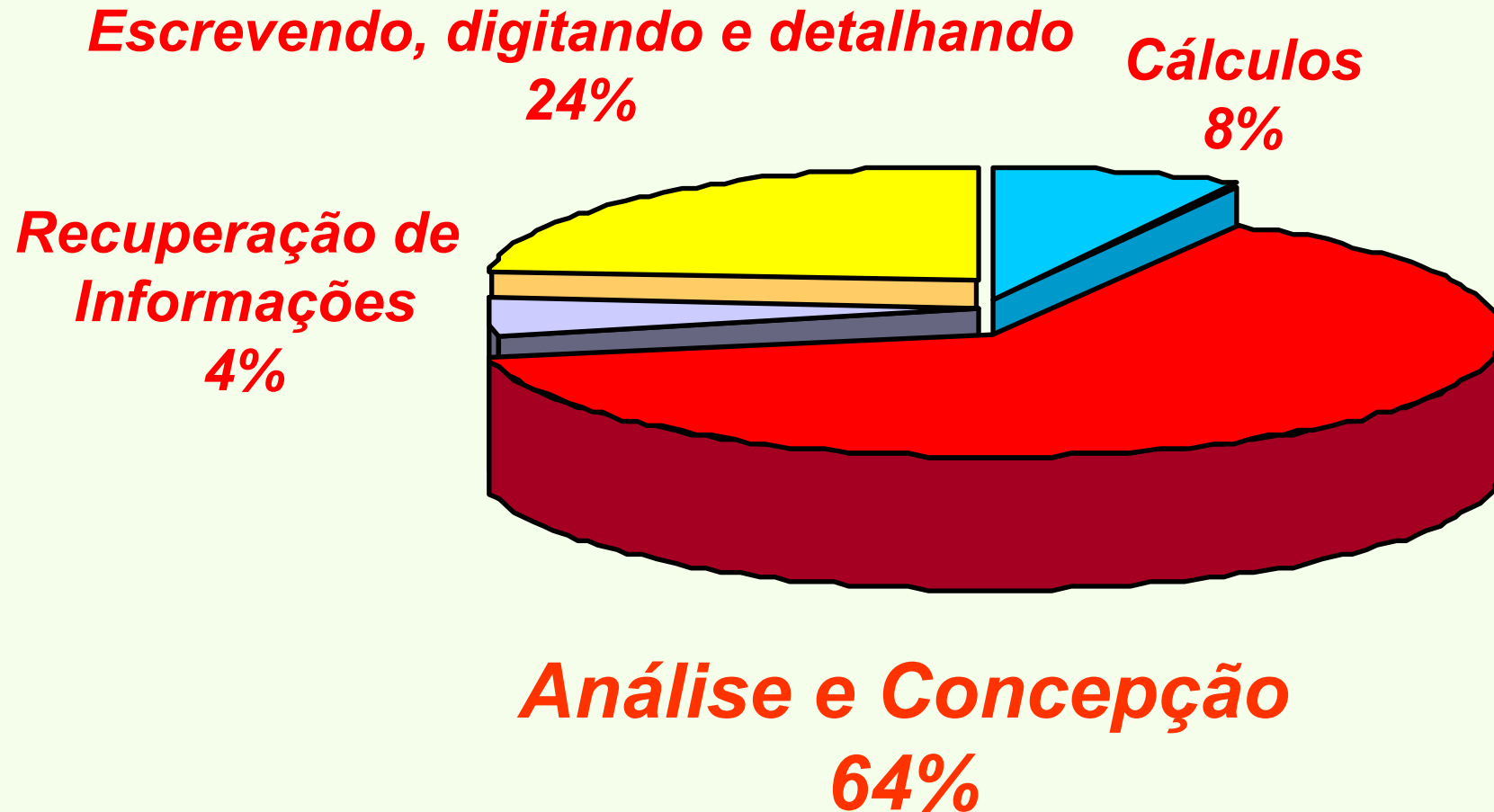


João Carlos E. Ferreira  
GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)



# EXEMPLO DE SISTEMA CAPP

*Com CAPP*



Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP

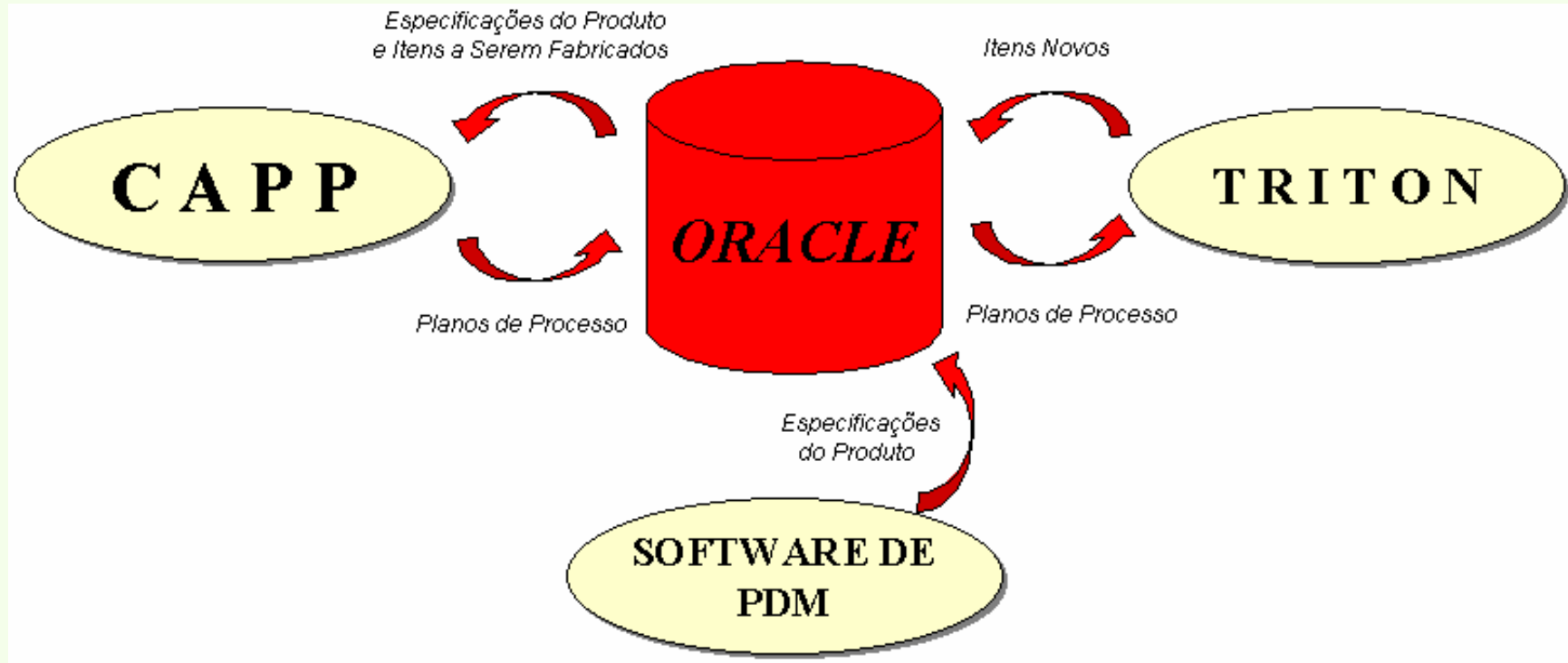


João Carlos E. Ferreira  
GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)

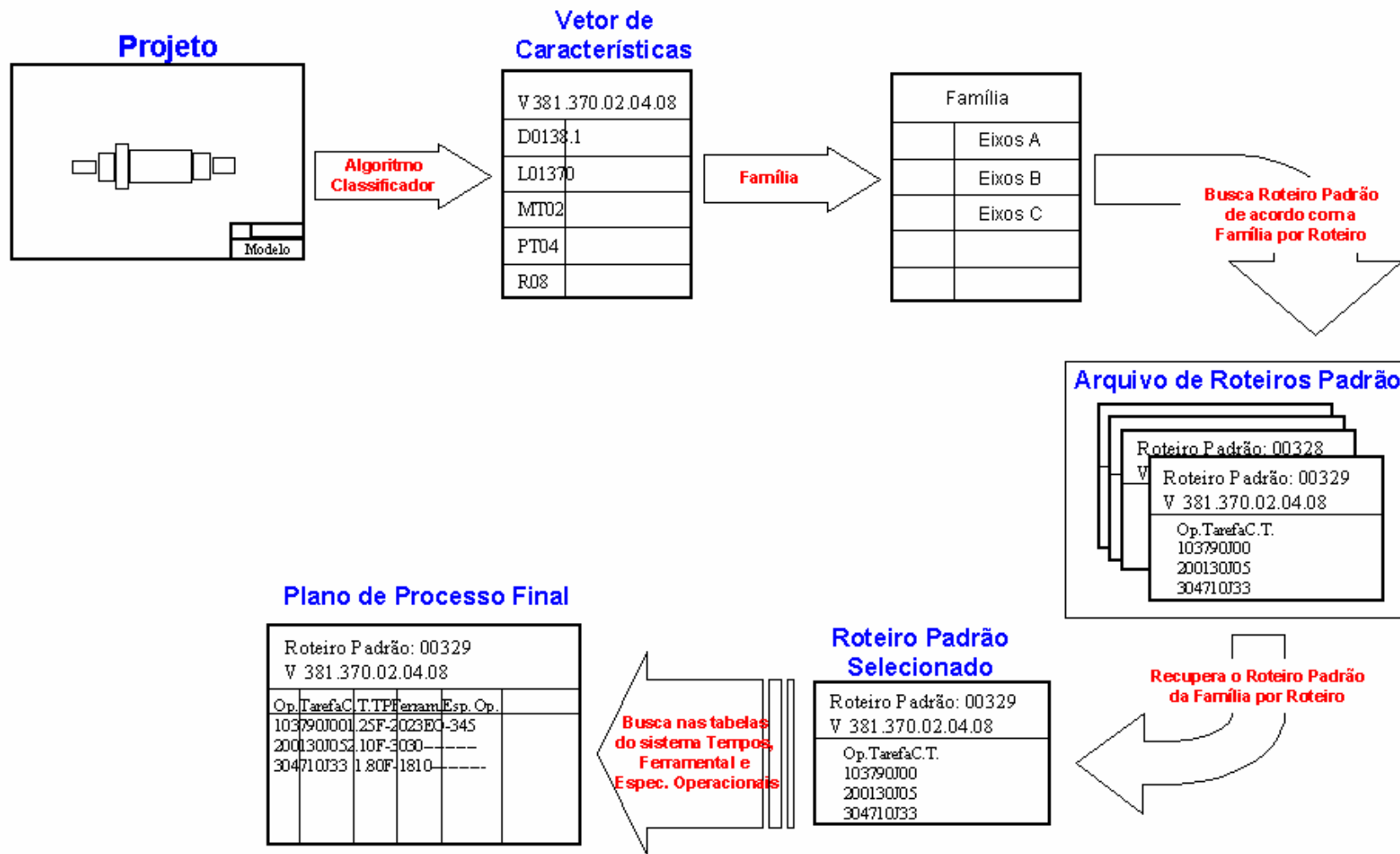




# EXEMPLO DE SISTEMA CAPP

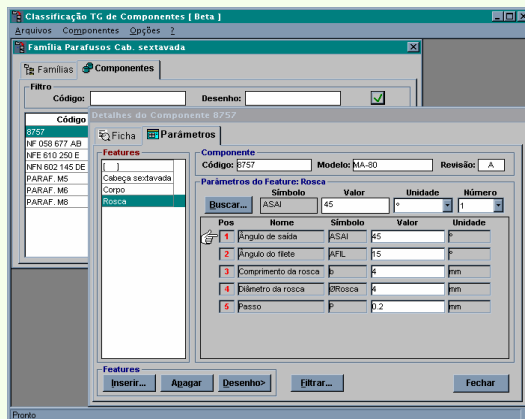


# EXEMPLO DE SISTEMA CAPP



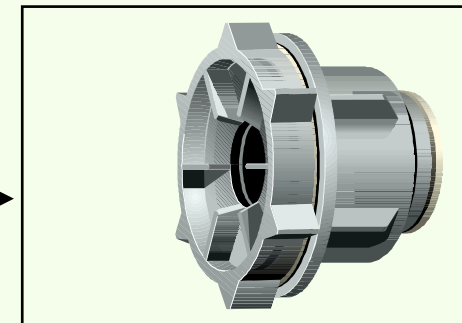
# EXEMPLO DE SISTEMA CAPP

## Classificação / Tecnologia de Grupo



Parametrização integrada ao  
CAD

Parâmetros Técnicos e  
comerciais



Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP



João Carlos E. Ferreira  
GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)



# EXEMPLO DE SISTEMA CAPP

**Cálculos de tempos  
e variáveis do processo**

**Editar Fórmulas**

Código: 1682 Tipo: **TEMPO-EXEC-TORNEAR**

Descrição: TSCE,TSCI

Fórmula:  $\text{Round}((\text{sobremetal}/2 * (\text{ProfmaxTSC} * \text{Pi}(\text{diam}))/(\text{AvançoTSC} * \text{RotacaoTSC}))) * \text{num}, 2)$

Funções:

- Abs(x)
- ACos(x)
- Asc(s)
- ASin(x)
- ATan(x)
- Ceiling(x)
- Char(x)
- Cos(x)

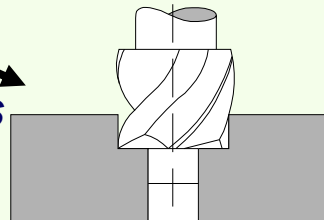
Buscar: Estruturas... Fórmulas... Programas...

Relacionar Variáveis

OK Cancelar Testar

**“Features”**

**Regras**



**Croquis  
Paramétricos**

**Filtrar**

Variável: Forma Operador: = Valor: Unidade: texto

Buscar Valores...

Nome	Símbolo	Oper.	Valor	Unidade
Forma	Forma	=		texto
Comprimento aresta	CARE	=		mm
Raio	r1	=		mm
Recobrimento	rec	=		texto
Material	mat	=		texto
Diâmetro	diametro	=		mm

OK Cancelar Ajuda Calcular Filtrar>>

**GRAFICO DE PROCESSO**

Ordem	Descrição do Sub-Operação	Tempo	Código	Insira o nome do equipamento	Op.	Qtz
10	Chamar 7 34mm com 2mm	0.124200	713150962	Insira ferramenta		1
20	Tornear externo 7 25mm x 30mm seladois sobremetal de 1, utilizar avanço de 0,3mm/rev e velocidade de corte de 20m/min	0.003200	34910876 714532642 RUMR-2030M-13	Suporte para torneamento Insira de torneamento Suporte para torneamento Cilindro		1
30	Tornear externo 7 24mm x 32mm com rugosidade de 0,0004, utilizar avanço de 0,2mm/rev e velocidade de corte de 18m/min	0.102200	714635318 RUMR-2030M12	Insira de torneamento Suporte para torneamento		1

Peço: 9558  
Projeto: 9557  
Elaborado: KSR  
Máquina:

Materia:   
Rev. Plano: 0  
Data Elab.: 10/10/99

Sí. Peço: IC  
Sí. Plano: EP  
Revisado: KSR

Descrição: Manípulo  
Usado:   
Data Rev.:   
Rev. Des.:   
Rev. Des.:



**Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP**



**João Carlos E. Ferreira**  
**GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC**  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)



# LINKS PARA ALGUNS SISTEMAS CAPP

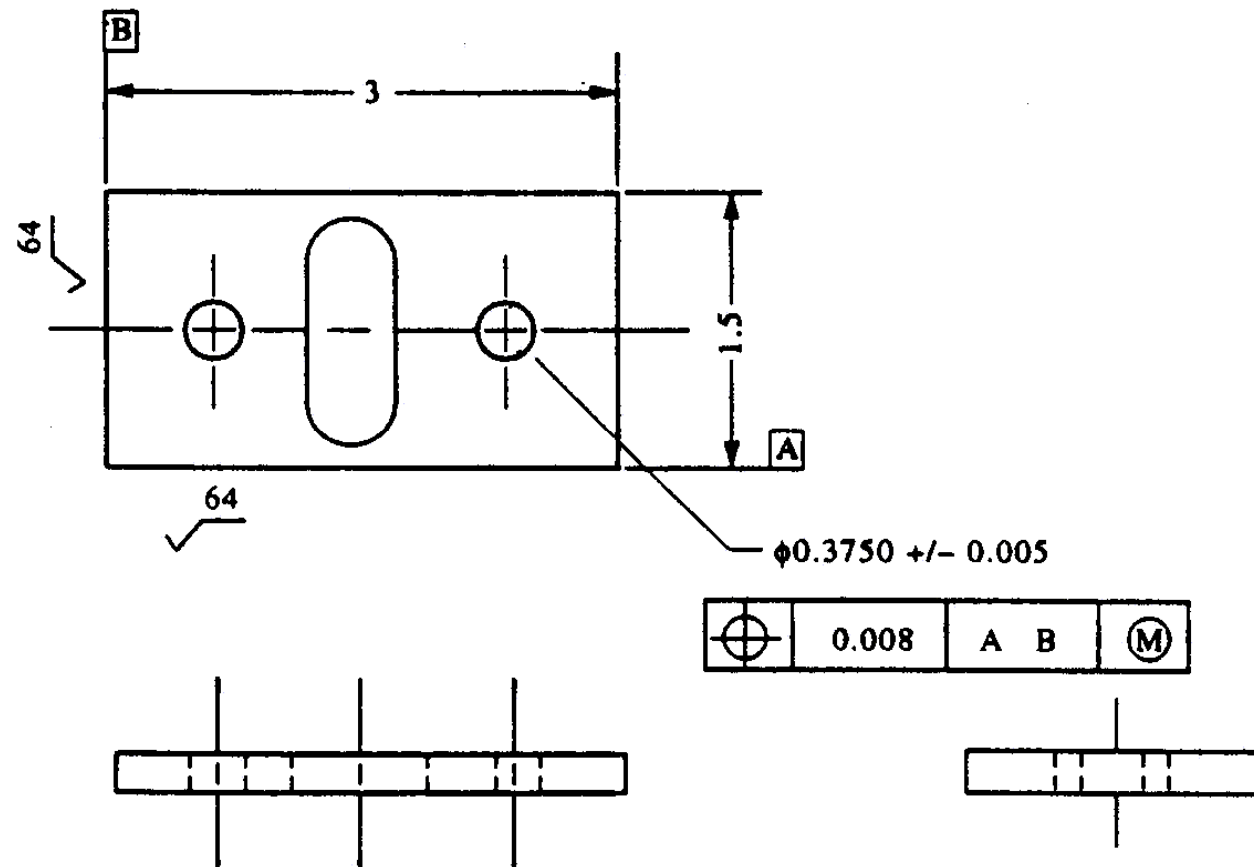
- [www.hmssoftware.com/pages/prodcapp.html](http://www.hmssoftware.com/pages/prodcapp.html)
- [www.cimplex.com/metcapp.htm](http://www.cimplex.com/metcapp.htm)
- [www.cimx.com/Technology/Products/DataSheets/cscapp.html](http://www.cimx.com/Technology/Products/DataSheets/cscapp.html)
- [www.lsc.co.uk/leansupply/locam.html](http://www.lsc.co.uk/leansupply/locam.html)
- [www.opm.wb.utwente.nl/projects/part/capp.html](http://www.opm.wb.utwente.nl/projects/part/capp.html)



# LINKS PARA ALGUNS SISTEMAS CAPP

- Como planos de processo contendo alternativas influenciam a fabricação numa máquina CNC (nível de equipamento) ?
- Trabalhos anteriores:
  - Solução mais rápida de problemas de quebras no chão de fábrica
  - Reduzir estoque intermediário
  - Aumentar a utilização da máquina
- Representação de planos de processos contendo alternativas:
  - Petri-Nets; Grafos E/OU; Matrizes





*Uma peça exemplo*

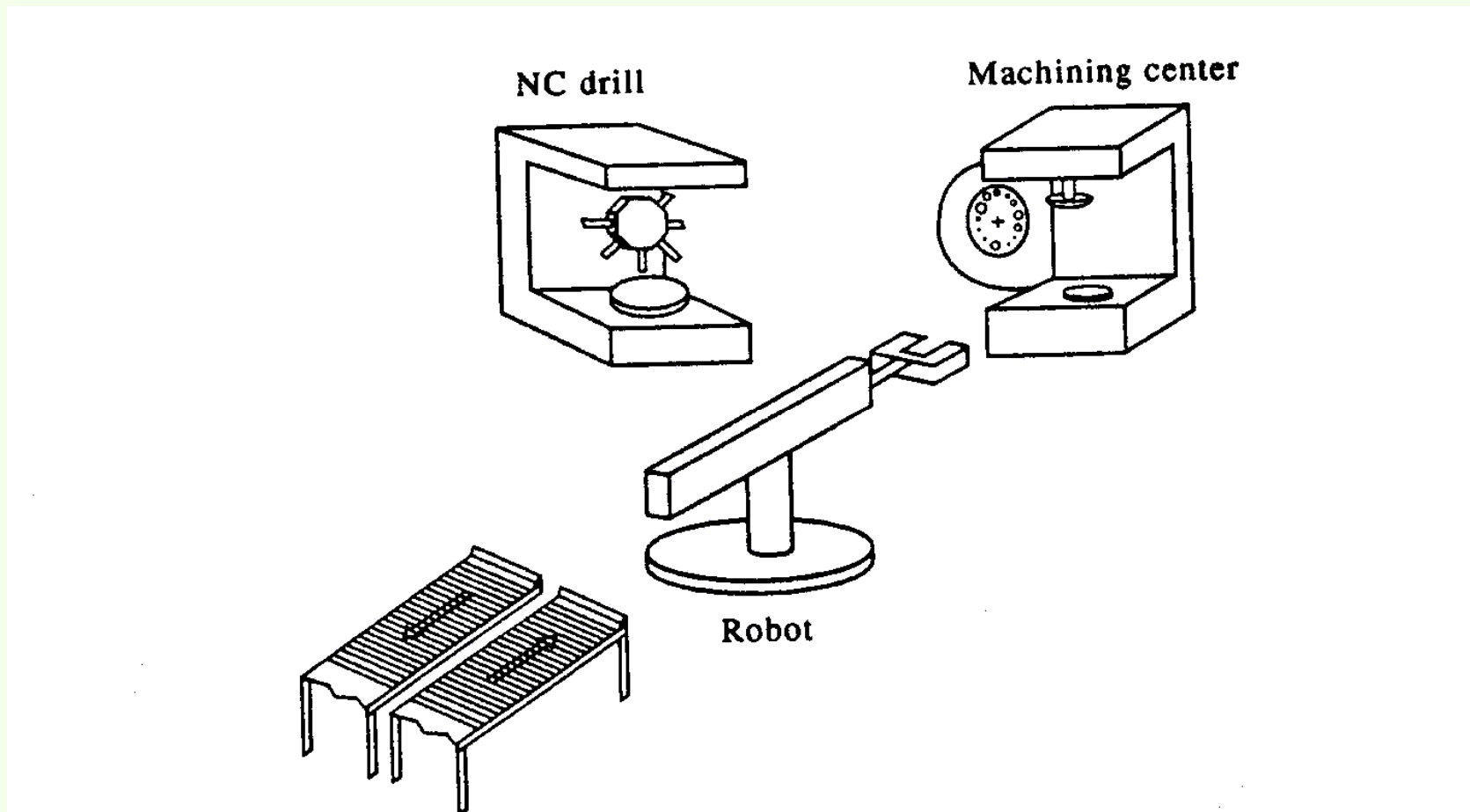


Oper.	Description	Feature	Feature Spec.	Time (Es.) (min)	Tooling	Machine	Fixture
1	Side Mill	Locat surf A	Mill Face A	0.6	1.0" endmill	Mach Cntr	Fxt F # 1 Fxt F # 2
2	Side Mill	Locat surf B	Mill Face B	0.35	1.0" end mill	Mach Cntr	Fxt F # 1 Fxt F # 2
3	Twist drill	Hole # 1	Rough drl H # 1	0.33	0.3595" drill	Mach Centr Drill	Fxt F # 2 Fxt F # 3
5	Ream	Hole # 1	Finish H # 1	0.25	0.375" ream	Mach Cntr Drill	Fxt F # 2 Fxt F # 3
5a	Bore	Hole # 1	Finish H # 1	0.34	0.375" bore	Mach Cntr Drill	Fxt F # 2 Fxt F # 3
4	Twist drill	Hole # 2	Rough drl H # 2	0.33	0.3595" drill	Mach Cntr Drill	Fxt F # 2 Fxt F # 3
6	Ream	Hole # 2	Finish H # 2	0.25	0.375" ream	Mach Cntr Drill	Fxt F # 2 Fxt F # 3
6a	Bore	Hole # 2	Finish H # 2	0.34	0.375" bore	Mach Cntr Drill	Fxt F # 2 Fxt F # 3
7	Slotmill	Slot # 1	Mill Slot # 1	0.75	0.5" endmill	Mach Cntr	Fxt F # 1 Fxt F # 2

*Tarefas (operações) e resumo dos recursos para a peça ilustrada na figura 1, ordenadas por feature*

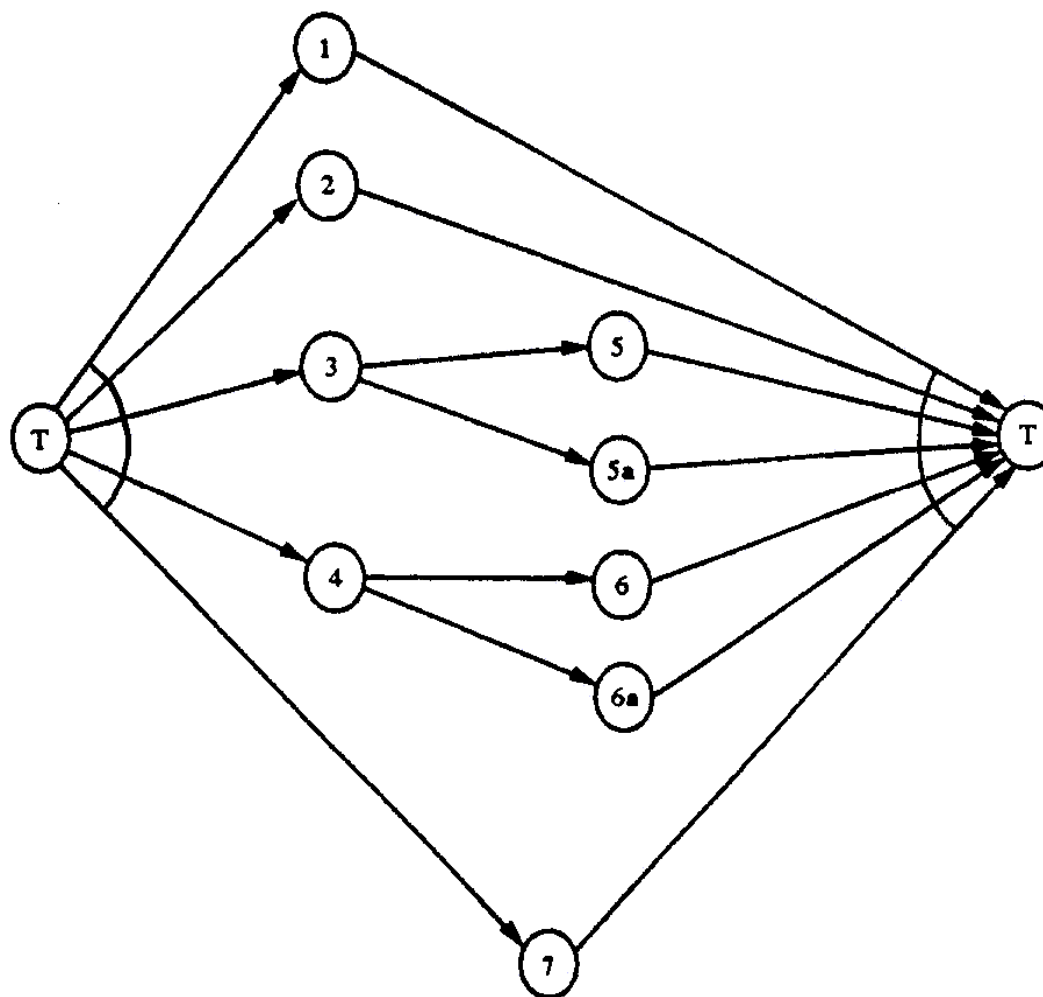






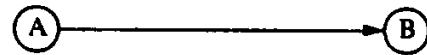
*O sistema de manufatura usado para ilustrar o controle*



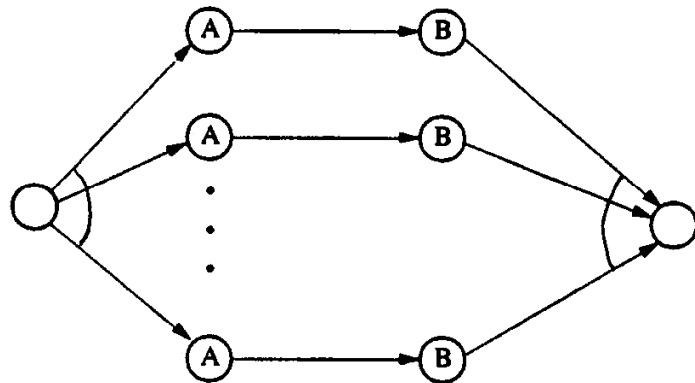


*O grafo e/ou para a peça exemplo*

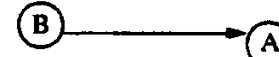




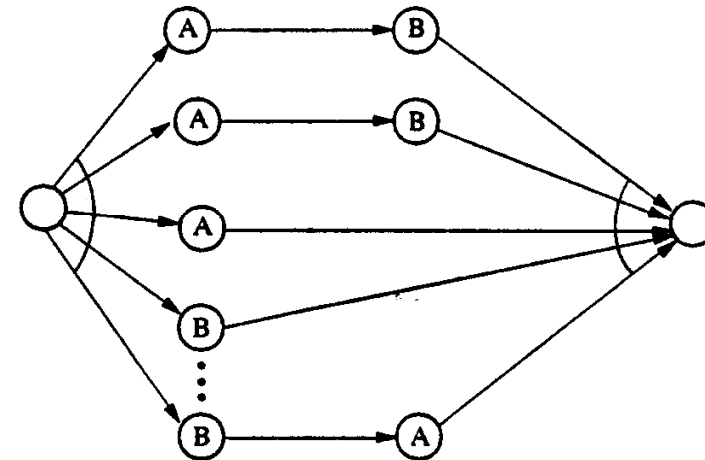
(a) Single part task graph



(b) Multiple part task graph



(a) Single part task graph



(b) Multiple part task graph

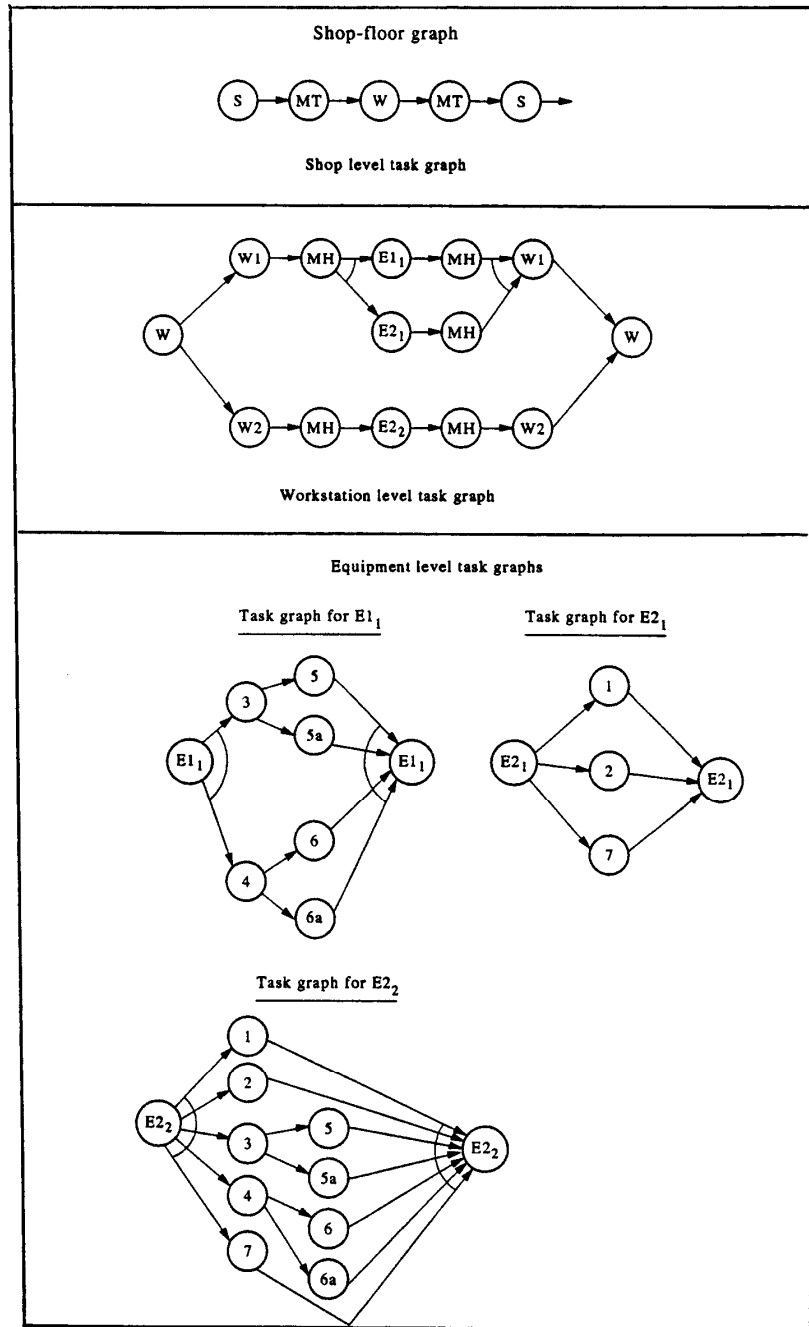
## Grafo de tarefas nos modelos de Johnson e Jackson





*Grafo de tarefas no modelo de Jackson com **MH***





*Grafos e/ou para a  
peça e para o  
sistema*



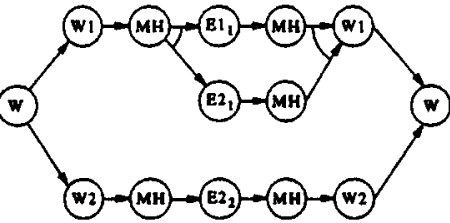
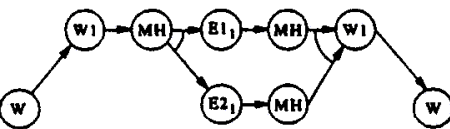
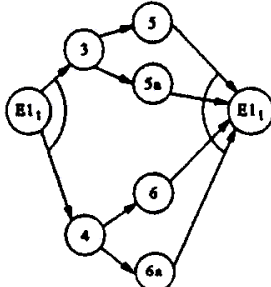
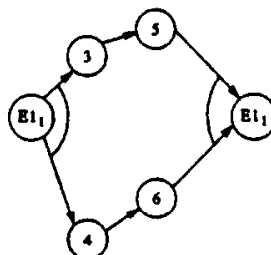
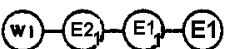
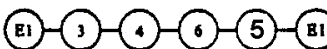


Resource	Tasks/operations	Additional resources
E1 <sub>1</sub> -Drill	3, 4, 5, 5a, 6, 6a	Standard fixture (F2)
E2 <sub>1</sub> -MachCntr	1, 2, 7	Standard fixture (F1)
E2 <sub>2</sub> -MachCntr	1, 2, 3, 4, 5, 5a, 6, 6a, 7	Magnetic fixture (F3)

W1 = {E1, E2<sub>1</sub>}; W2 = {E2<sub>2</sub>}.

*Uma lista de tarefas/operações derivadas do resumo do roteamento de operações*

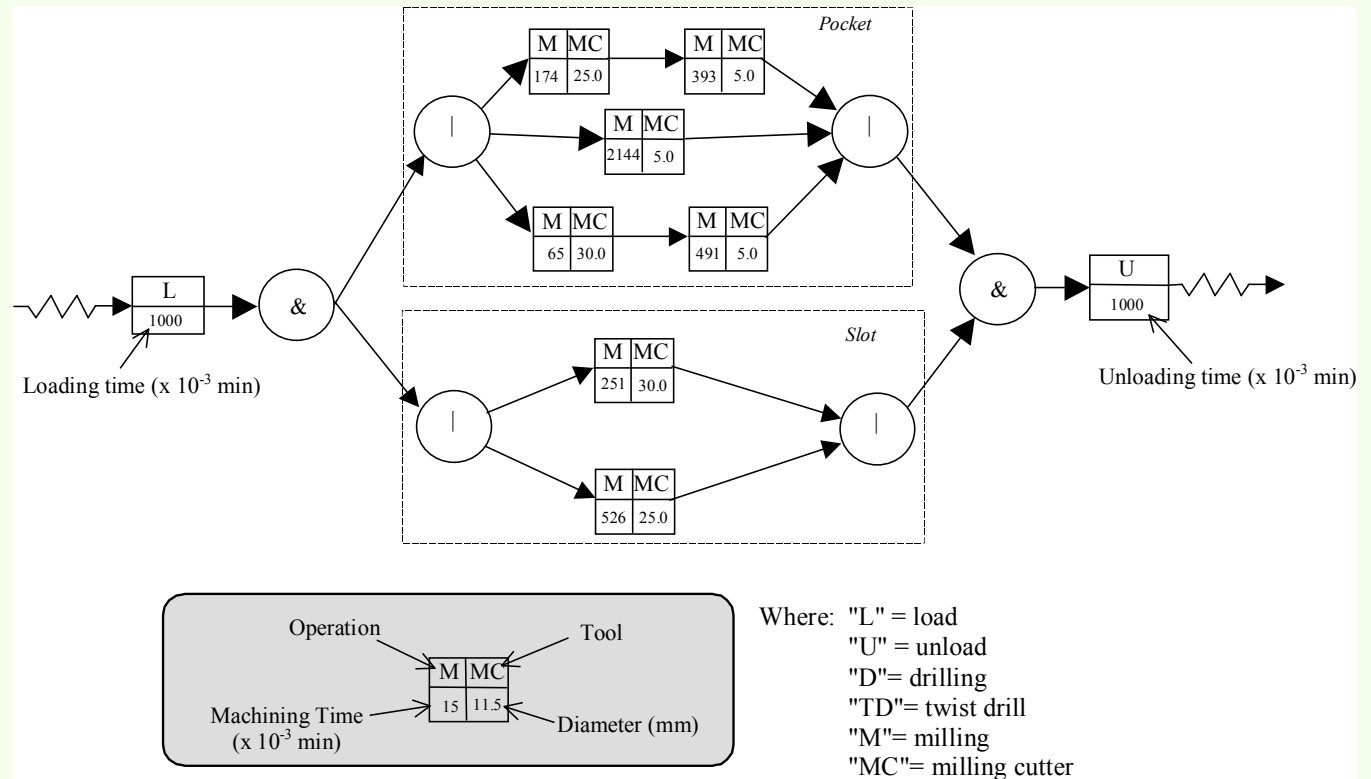
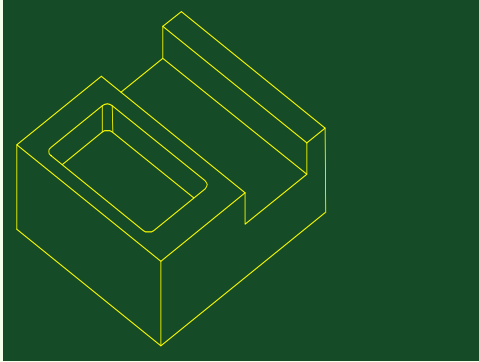


Activity	Shop	Workstation	Equipment
Planning	 <p>No alternatives appear in the graph. The graph need not be altered</p> <p>DeOR</p> 	 <p>Depending on the criteria and procedure(s), alternatives are removed from the graph.</p> 	<p><u>For E1</u></p>  <p>Depending on the criteria and procedure(s), alternatives are selected.</p> 
Scheduling	<p>No AND nodes here. Planning produced a serial graph.</p>	<p>Depending on the criteria and scheduling procedures, tasks must be sequenced (serialized).</p> 	<p>Depending on the criteria and scheduling procedures, tasks are sequenced at the machine.</p> 

*Detalhes do controle para múltiplas peças no exemplo considerado*

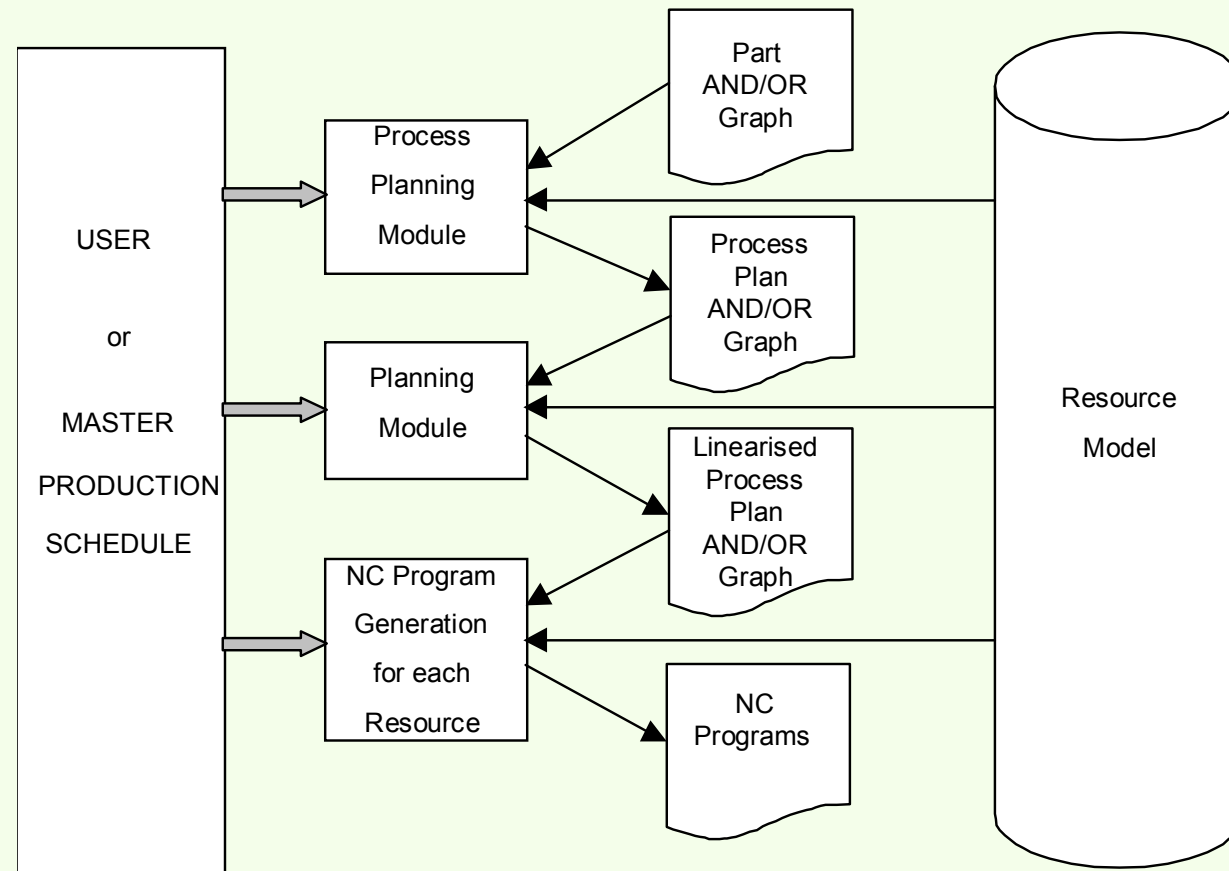


# PLANOS DE PROCESSO CONTENDO ALTERNATIVAS

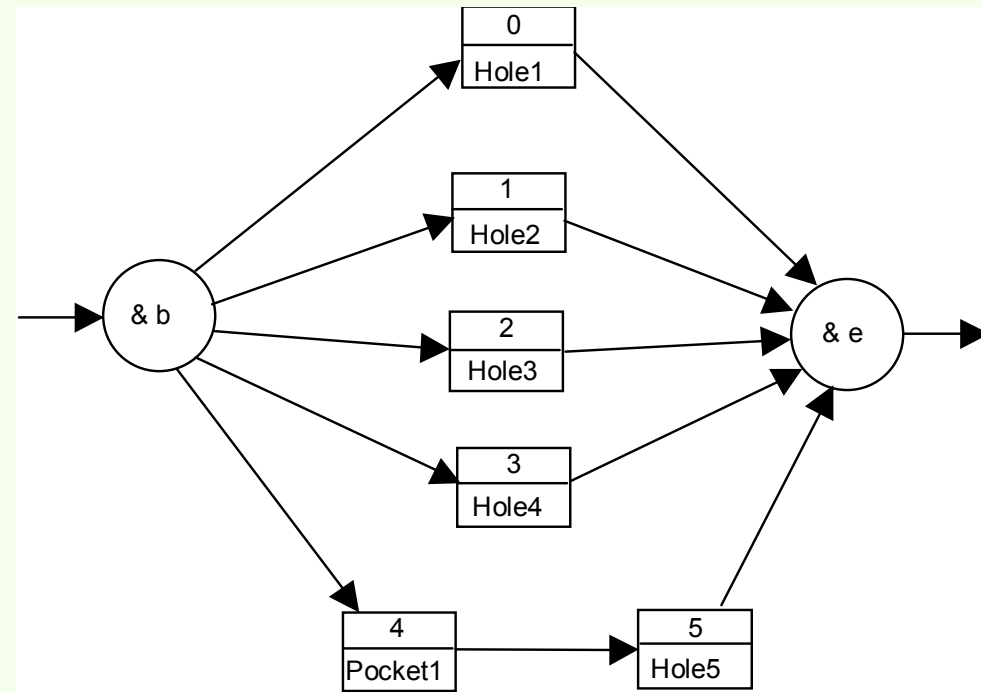
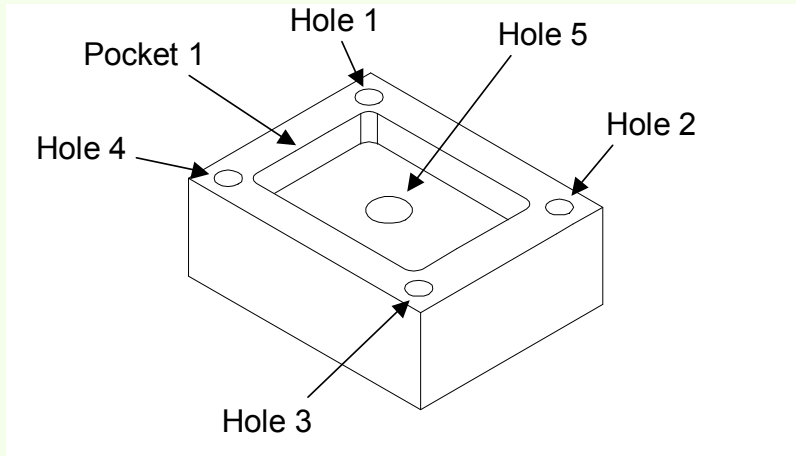




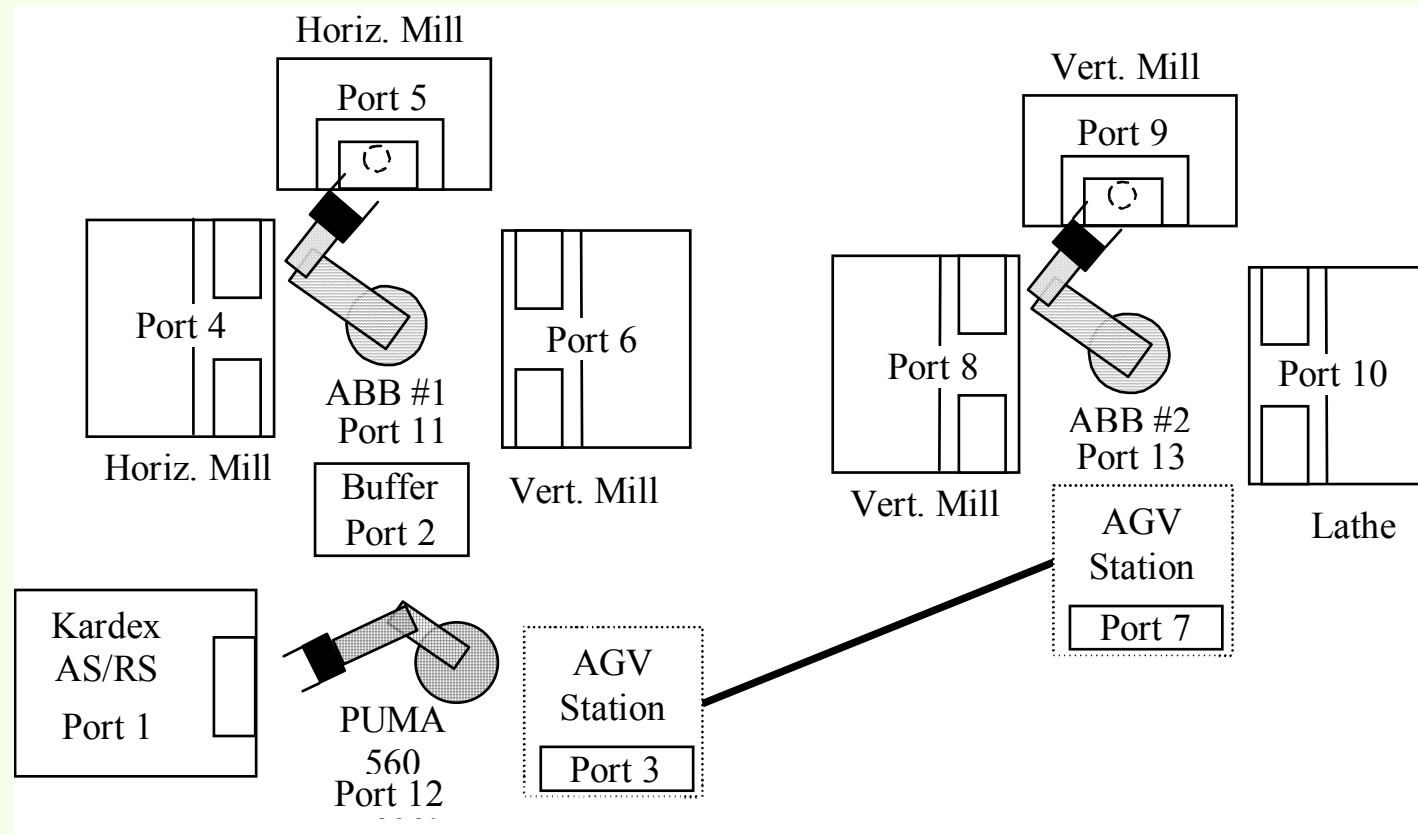
# PLANOS DE PROCESSO CONTENDO ALTERNATIVAS



# GRAFO E/OU PARA UMA PEÇA



# SISTEMA DE MANUFATURA CONSIDERADO



# ESTRATÉGIA PARA A GERAÇÃO DO PROGRAMA NC

- Conhecendo-se o código "G" da máquina específica para a execução daquela operação → "máscara" ("template") cujas variáveis serão instanciadas com os valores correspondentes a cada operação.

```
G00 X <x> Y <y> H0 M6 T <ferramenta>  
H <offset da ferramenta > Z <z + 0.10>  
Z <z + 0.10>  
G01 Z <z - profundidade> S <rpm> F <avanço> M3 M8  
G00 Z <z + 0.10>  
Z <z + 0.10> M5
```

*Máscara para uma operação de furação na máquina Fadal VMC-20*

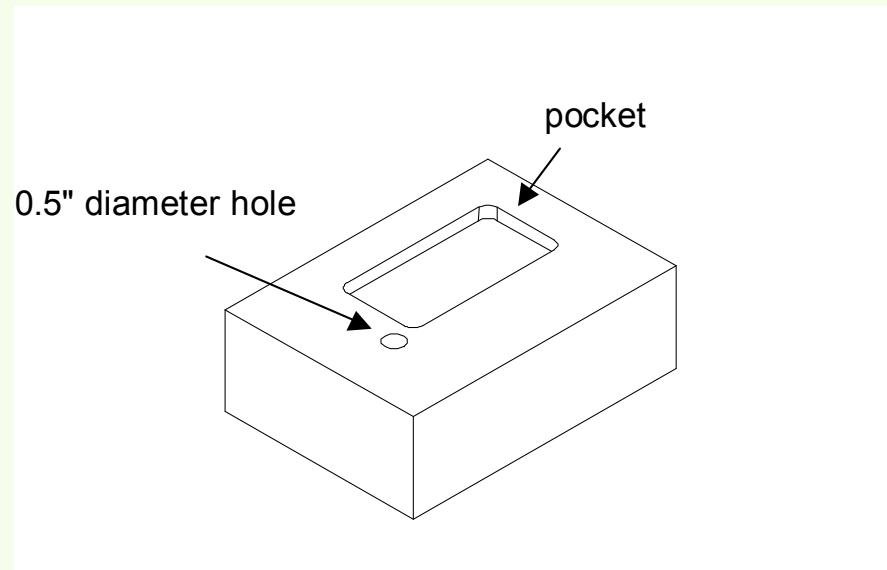
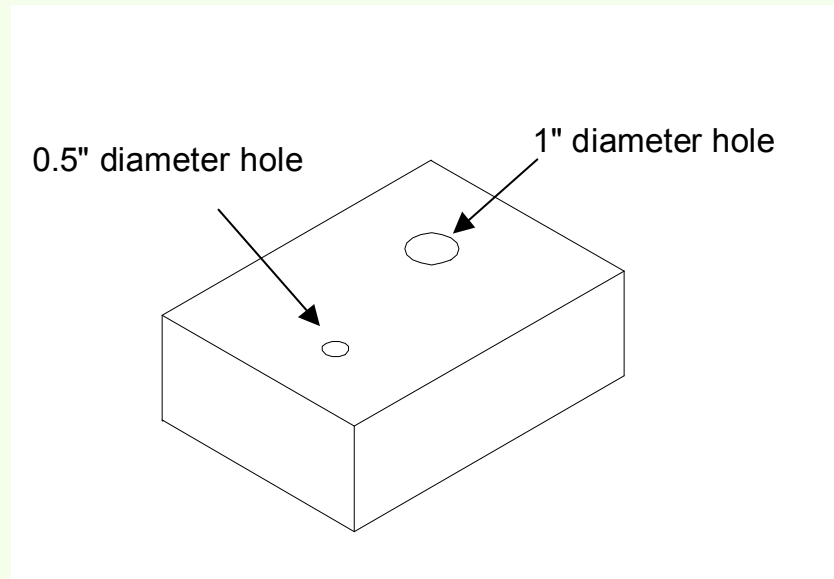


# ESTRATÉGIA PARA A GERAÇÃO DO PROGRAMA NC

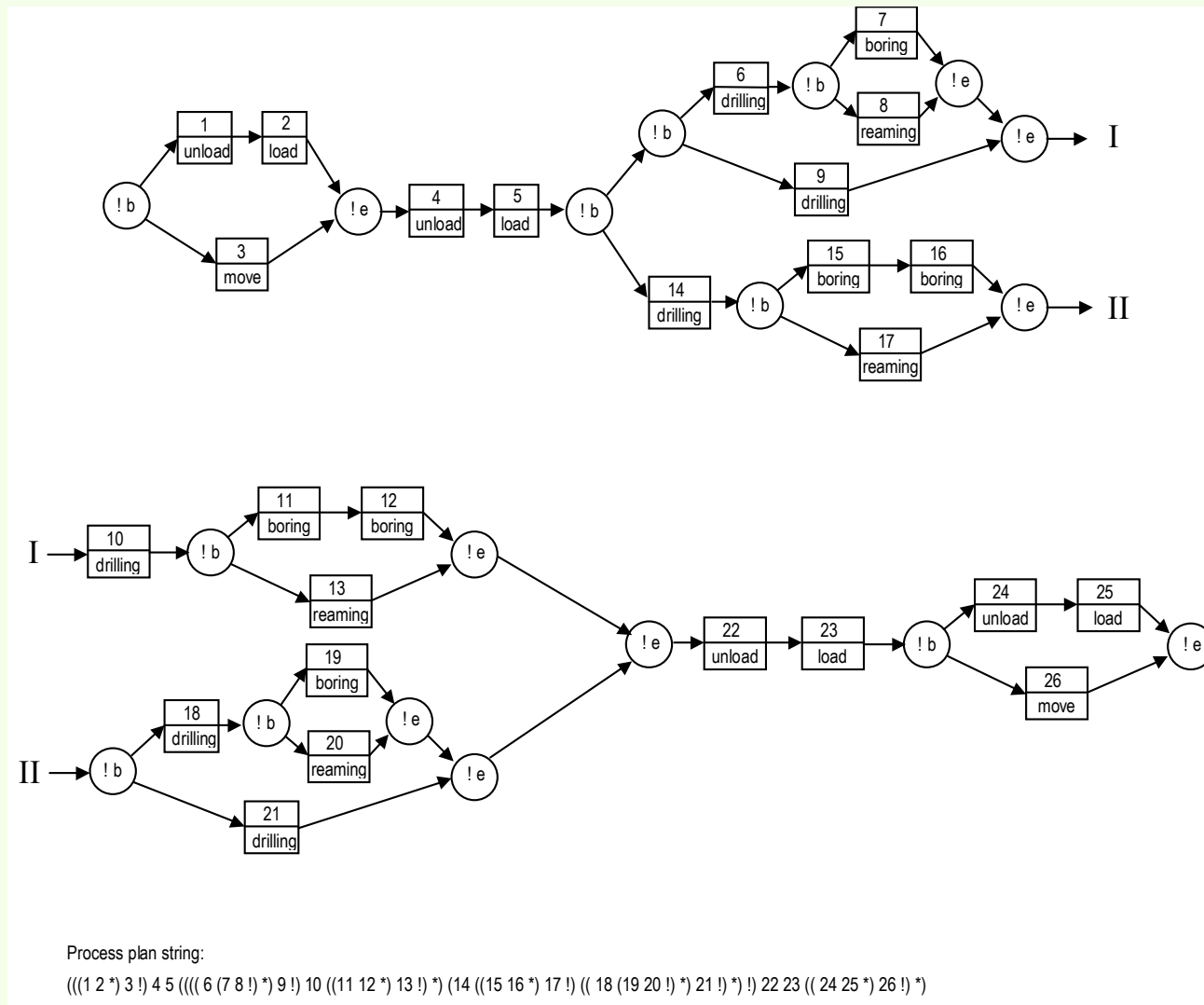
- Programa NC → obtido pela combinação seqüencial dos trechos de programa para cada operação no plano de processos linearizado.
- Mesmo procedimento → aplicado à usinagem nas outras máquinas presentes no mesmo sistema de manufatura.



# PEÇAS A SEREM FABRICADAS



# PLANO DE PROCESSO GERADO



# IDENTIFICAÇÃO DOS NÓS

Node ID	Resource	Operation	From Port → To Port /Coordinates (x,y) and diameter (∅)	Node ID	Resource	Operation	From Port → To Port /Coordinates (x,y) and diameter (∅)
1	PUMA robot	unload	1 → 12	14	Vertical M.C.	drilling	(1.5, 2.0); 0.4375"
2	PUMA robot	load	12 → 2	15	Vertical M.C.	boring	(1.5, 2.0); 0.48"
3	Human	move	1 → 2	16	Vertical M.C.	boring	(1.5, 2.0); 0.5"
4	ABB#1 robot	unload	2 → 11	17	Vertical M.C.	reaming	(1.5, 2.0); 0.5"
5	ABB#1 robot	load	11 → 6	18	Vertical M.C.	drilling	(5.0, 3.0); 0.9375"
6	Vertical M.C.	drilling	(5.0, 3.0); 0.9375"	19	Vertical M.C.	boring	(5.0, 3.0); 1.0"
7	Vertical M.C.	boring	(5.0, 3.0); 1.0"	20	Vertical M.C.	reaming	(5.0, 3.0); 1.0"
8	Vertical M.C.	reaming	(5.0, 3.0); 1.0"	21	Vertical M.C.	drilling	(5.0, 3.0); 1.0"
9	Vertical M.C.	drilling	(5.0, 3.0); 1.0"	22	ABB#1 robot	unload	6 → 11
10	Vertical M.C.	drilling	(1.5, 2.0); 0.4375"	23	ABB#1 robot	load	11 → 2
11	Vertical M.C.	boring	(1.5, 2.0); 0.48"	24	PUMA robot	unload	2 → 12
12	Vertical M.C.	boring	(1.5, 2.0); 0.5"	25	PUMA robot	load	12 → 1
13	Vertical M.C.	reaming	(1.5, 2.0); 0.5"	26	Human	move	2 → 1



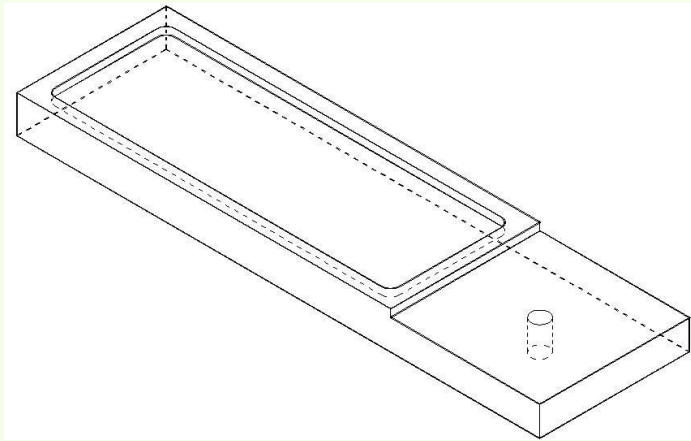


# PROGRAMAS NC GERADOS

Hole $\varnothing$ 0.5"	Pocket
%	%
N001 M64	N001 M64
N002 G80 G40 G17	N002 G80 G40 G17
N003 E2 G90 X0 Y0	N003 E2 G90 X0 Y0
N004 G00 X1.5000 Y2.0000 H0 M6 T1	N004 G00 X1.5000 Y2.0000 H0 M6 T1
N005 H1 Z1.1000	N005 H1 Z2.1000
N006 Z1.1000	N006 Z2.1000
N007 G01 Z0.5000 S829 F9.9531 M3 M8	N007 G01 Z1.5000 S829 F9.9531 M3 M8
N008 G00 Z1.1000	N008 G00 Z2.1000
N009 Z1.1000 M5	N009 Z2.1000 M5
N010 G00 X1.5000 Y2.0000 H0 M6 T2	N010 G00 X1.5000 Y2.0000 H0 M6 T2
N011 H2 Z1.1000	N011 H2 Z2.1000
N012 Z1.1000	N012 Z2.1000
N013 G01 Z0.5000 S458 F6.8755 M3 M8	N013 G01 Z1.5000 S458 F6.8755 M3 M8
N014 G00 Z1.1000	N014 G00 Z2.1000
N015 Z1.1000 M5	N015 Z2.1000 M5
N016 G00 X5.0000 Y3.0000 H0 M6 T3	N016 G00 X4.0000 Y3.1000 H0 M6 T4
N017 H3 Z1.1000	N017 H4 Z2.1000
N018 Z1.1000	N018 Z2.1000
N019 G01 Z0.5000 S363 F7.9832 M3 M8	N019 G01 Z1.7500 S2723 F16.3408 M3 M8
N020 G00 Z1.1000	N020 X5.5000 Y3.7000
N021 Z1.1000 M5	N021 X2.5000 Y3.7000
N022 H0	N022 X2.5000 Y2.5000
N023 G00 X0.0000	N023 X5.5000 Y2.5000
N024 G92 X0	N024 X5.5000 Y3.7000
N025 E0 X0 Y0	N025 G00 X4.0000 Y3.1000 Z1.7500
N026 M65	N026 G01 Z1.5000 S2723 F16.3408 M3 M8
N027 M2	N027 X5.5000 Y3.7000
%	N028 X2.5000 Y3.7000
	N029 X2.5000 Y2.5000
	N030 X5.5000 Y2.5000
	N031 X5.5000 Y3.7000
	N032 G00 X4.0000 Y3.1000 Z1.5000
	N033 G00 X4.0000 Y3.1000 Z2.1000 M5
	N034 H0
	N035 G00 X0.0000
	N036 G92 X0
	N037 E0 X0 Y0
	N038 M65
	N039 M2
	%



# Atividades Efetuadas pela Empresa Modeladora



Matrizes de Halevi

Universal Máquinas Tempo Custos Resultados

No. Op.	Operação	Prec.	Diâm. Ferramenta (mm)	Compr. (mm)	Profund. (mm)	Avanço (mm/rev)	Velocidade (m/min)	Potência (KW)	Tempo (min)
10	Fresamento (desbaste)	0	125	378	4.4	808	100	20	0.47
20	Fresamento (desbaste)	10	125	128	4.6	755	100	20	0.17
30	Fresamento (semi-acab.)	20	125	278	0.4	905	148	2.2	0.31
40	Fresamento (acab.)	30	125	378	0.2	200	165	0.39	1.89
50	Fresamento de cavidade (desb.)	10	80	150	4.0	1093	102	20.6	0.24
60	Fresamento de cavidade (acab.)	50	12	472	0.4	120	24	0.33	4.18
70	Furação de centro	20	3	3	-	0.05 (mm/rev)	14	0.025	0.03
80	Furação c/broca helic.	70	7	21	-	0.18 (mm/rev)	15.7	0.3	0.22
90	Alargamento (desb.)	80	12	21	-	0.19 (mm/rev)	23.5	0.5	0.20

*Uma peça e o plano de processos contendo alternativas para a sua fabricação*



Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP



João Carlos E. Ferreira  
GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)



# Atividades Efetuadas pela Empresa Modeladora

Matrizes de Halevi

Universal Máquinas Tempo Custos Resultados

No.	Descrição	Potência (kW)	Rotação (rpm)	Tempo de Manuseio (minutos)	Custo Relativo (R\$/minutos)
1	Fresadora CNC	14.9	7500	0.30	4,0
2	Fresadora CNC	14.9	7500	0.25	3
3	Fresadora CNC	14.9	7500	0.20	1.4
4	Torno CNC	15.0	4000	0.15	1
5	Torno CNC	15.0	4000	0.25	1
6	Torno CNC	15.1	4100	0.20	2

*Informações referentes às máquinas presentes no sistema de manufatura*



# Atividades Efetuadas pela Empresa Modeladora

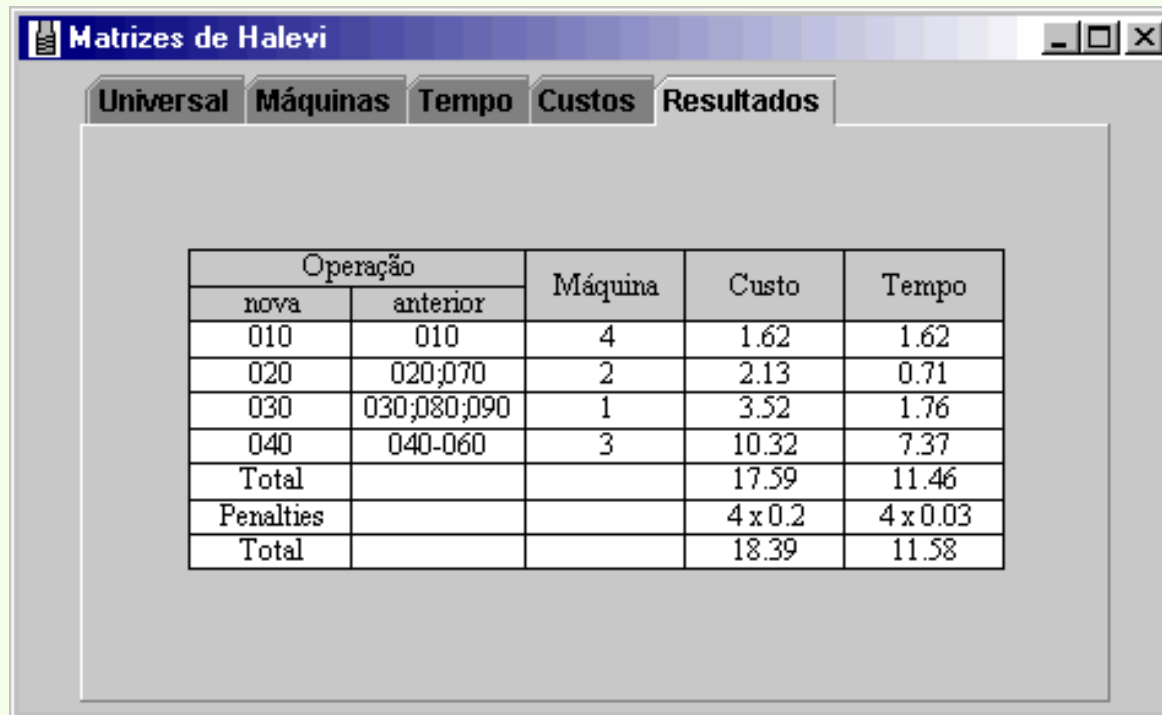
Op.	TP	Prec.	Máq. #1	Máq. #2	Máq. #3	Máq. #4	Máq. #5	Máq. #6
010	0.47	0	2.28	1.86	1.79	999	1.62	2.36
020	0.17	010	1.08	0.96	1.23	999	1.22	1.18
030	0.31	020	1.64	1.38	1.36	999	999	1.16
040	1.89	030	7.96	6.12	2.57	999	999	4.28
050	0.24	010	1.36	1.17	1.39	999	0.74	1.48
060	4.16	050	17.04	12.93	6.75	999	999	8.82
070	0.03	020	0.52	0.54	0.97	.69	1.03	0.56
080	0.22	070	1.28	1.11	1.24	.88	1.22	0.94
090	0.20	080	1.2	1.05	1.20	.86	999	0.90
Total	7.69		34.36	27.12	19.50			21.64

*Matriz de custos para a fabricação de uma peça num sistema de manufatura*



# Atividades Efetuadas pela Empresa Modeladora

- ☀ Máquina indisponível → a linearização considera automaticamente uma máquina alternativa.



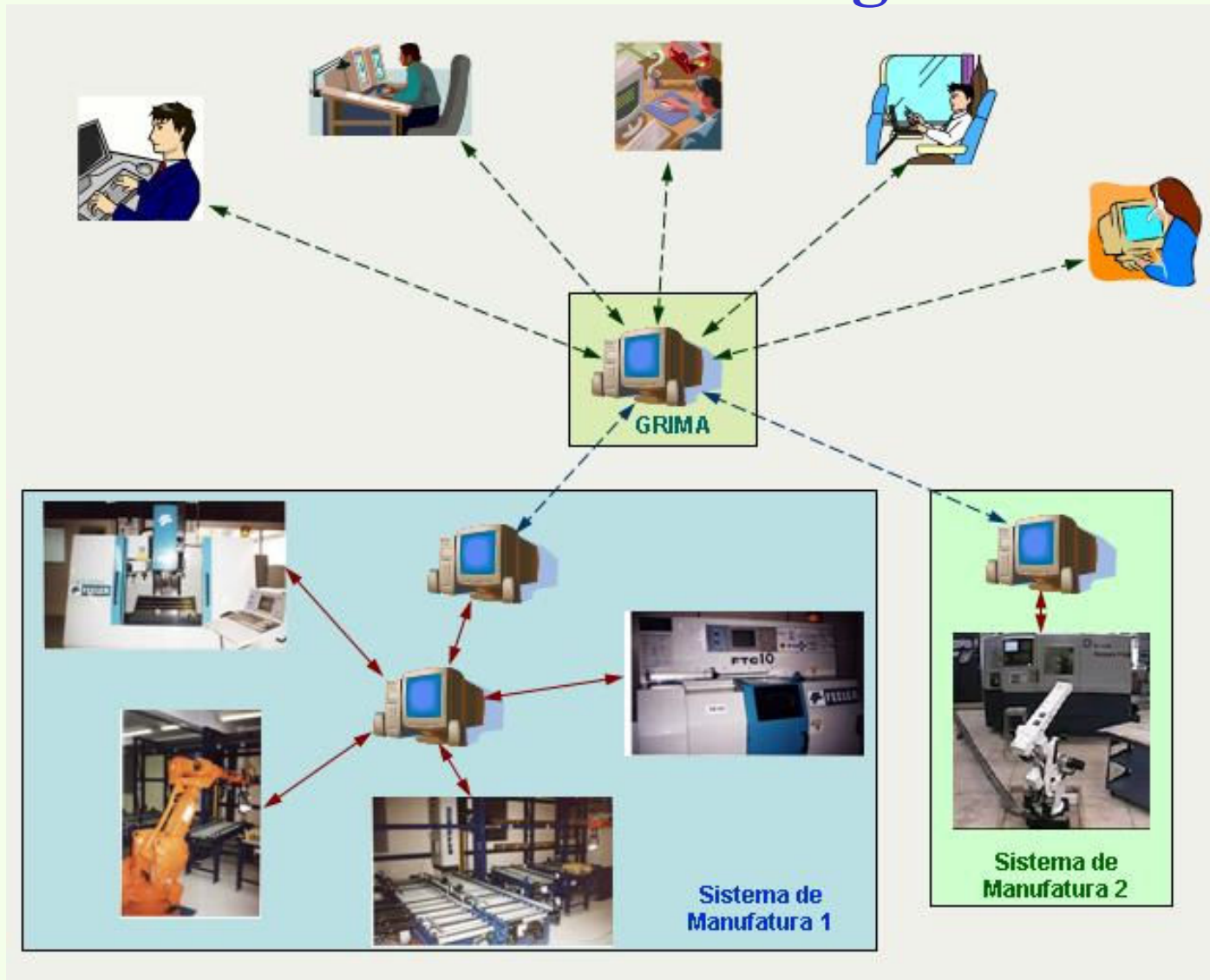
The screenshot shows a software window titled 'Matrizes de Halevi' with tabs for 'Universal', 'Máquinas', 'Tempo', 'Custos', and 'Resultados'. The 'Máquinas' tab is selected, displaying a table with the following data:

Operação		Máquina	Custo	Tempo
nova	anterior			
010	010	4	1.62	1.62
020	020;070	2	2.13	0.71
030	030;080;090	1	3.52	1.76
040	040-060	3	10.32	7.37
Total			17.59	11.46
Penalties			4 x 0.2	4 x 0.03
Total			18.39	11.58

*Matriz linearizada (seq. de operações, máquinas, custos e tempos de fabricação)*



# WebMachining



Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP



João Carlos E. Ferreira  
GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)



**Webmachining - Konqueror**

Localização Editar Ver Ir Favoritos Ferramentas Configurações Janela Ajuda

Localização: <http://webmachining.graco.unb.br/>

SuSE PackMan.Links2Linux.org Libdvdcss - Overview Downloading File: ...L-1.07-pre3.tar.gz Sun Download Center »





HOME PROJETO O QUE É? SISTEMA CADASTRAMENTO Web Cad BY FEATURES WebCAM : FMC LIVE WebDNC WebCAPP SSHJava

**Bem-Vindo ao Projeto WebMachining**

HOME

DOWNLOADS

WEB CAD BY FEATURES

Modelo Físico DB: Mysql

CONTATOS

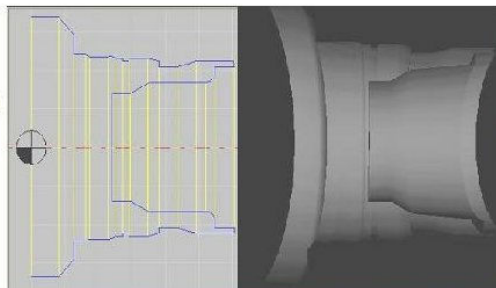
PUBLICAÇÕES


LINKS


GALLERY

TEAM

SPONSORS






[http://webmachining.graco.unb.br/cad\\_by\\_features/](http://webmachining.graco.unb.br/cad_by_features/) (Em outro quadro)

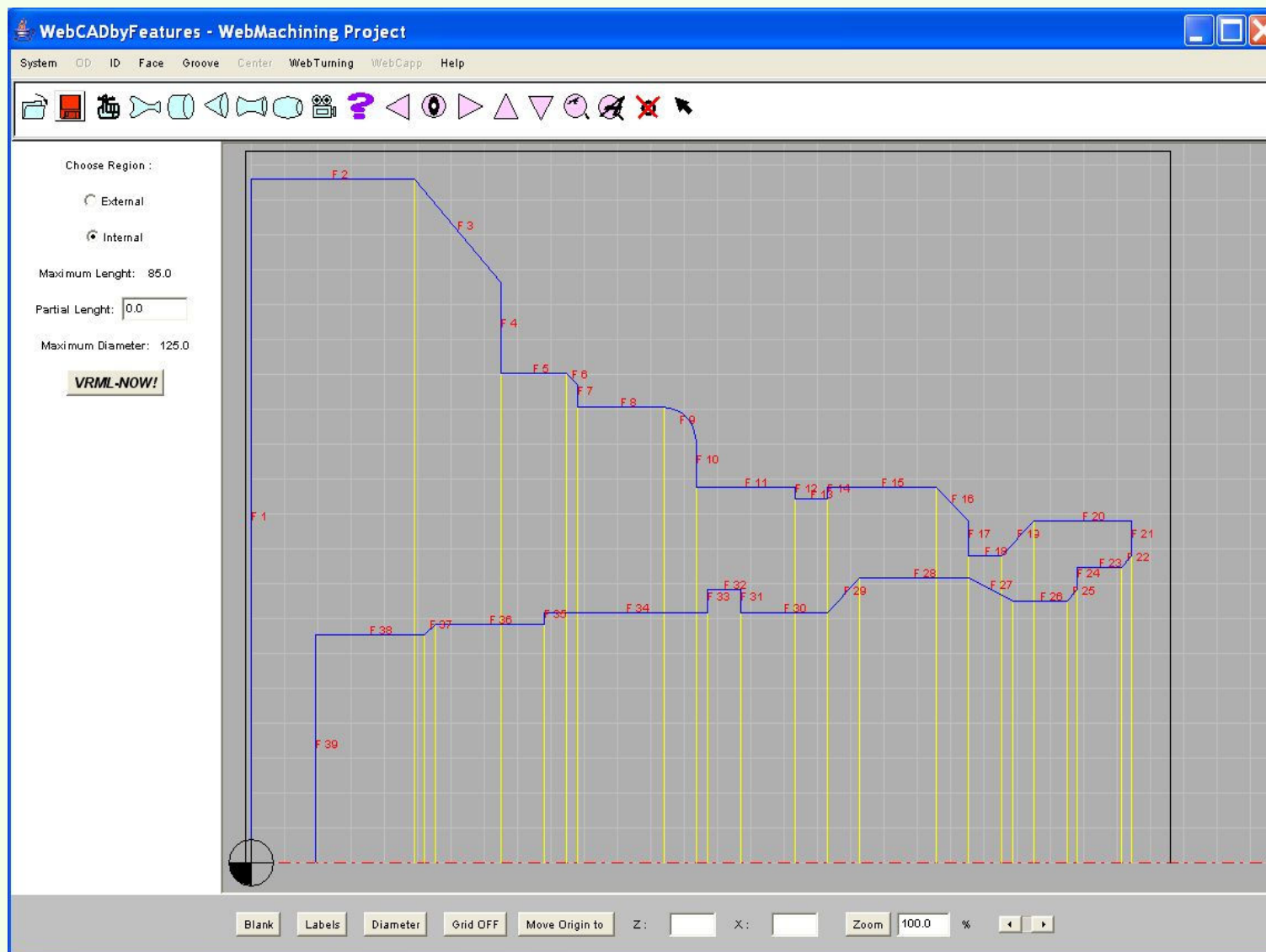


**Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP**



**João Carlos E. Ferreira**  
GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)





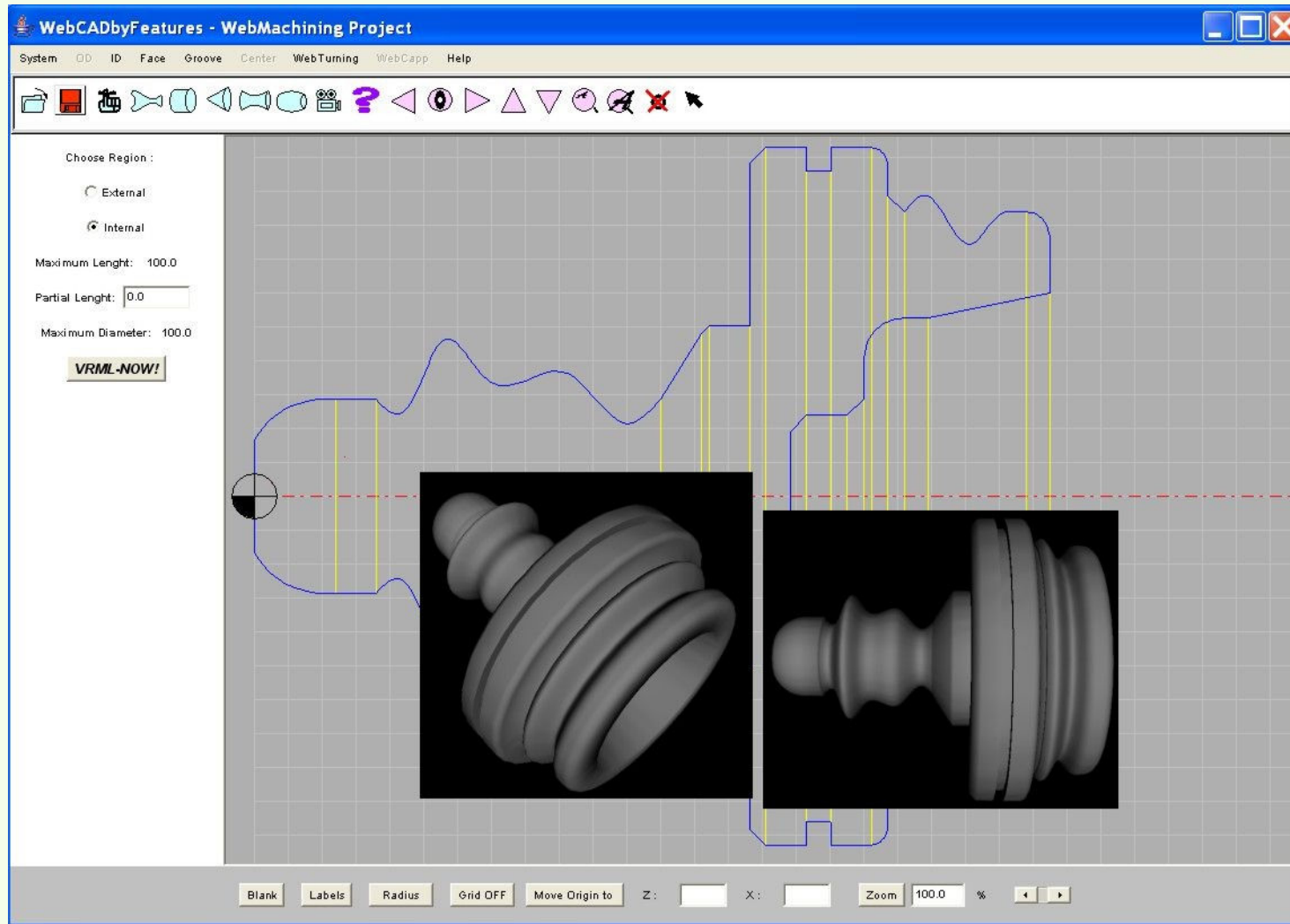
**Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP**



**João Carlos E. Ferreira**  
**GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC**  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)







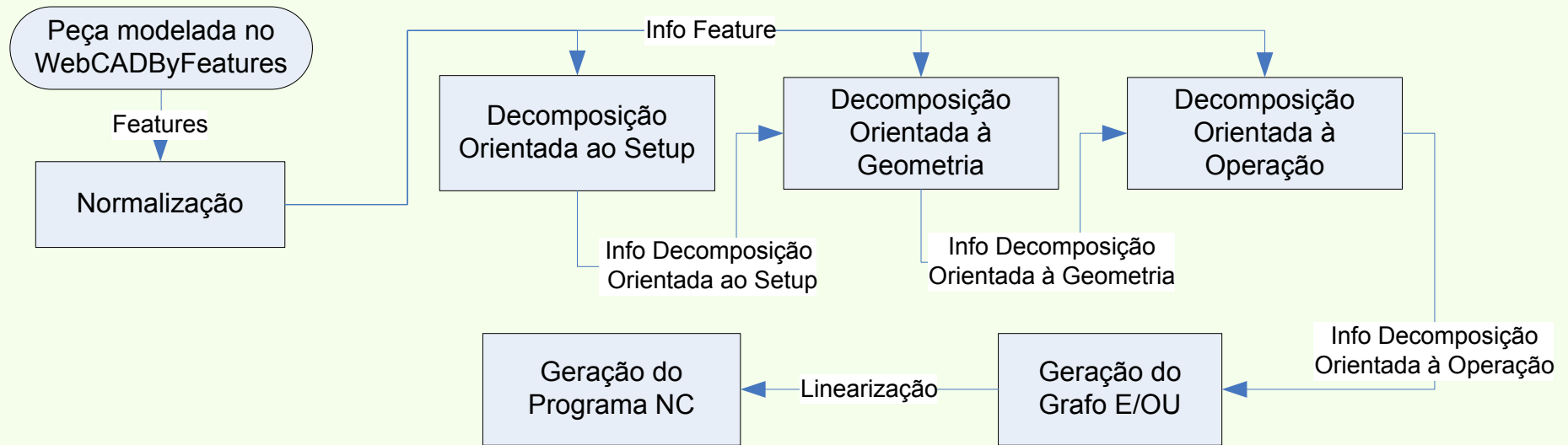
**Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP**



**João Carlos E. Ferreira**  
**GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC**  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)



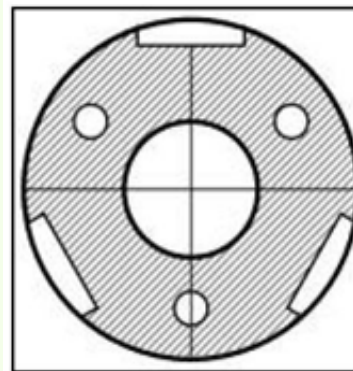
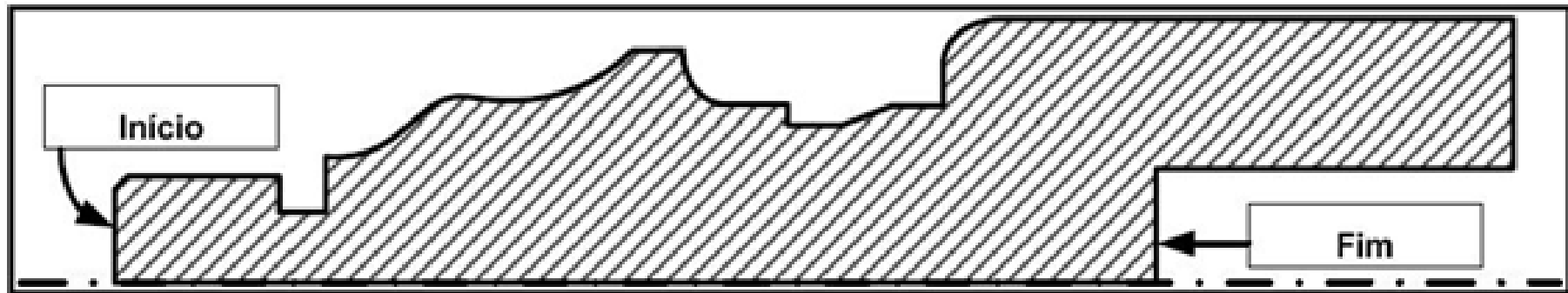
# WebCAPP



## Etapas do WebCAPP



# WebCAPP



*Peça utilizada como exemplo*



Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP



João Carlos E. Ferreira  
GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)



# WebCAPP

<i>Features</i>			<i>Features Eixo C</i>
ODStraight ODTapered ODConcave ODConvex ODContoured ODSplineVirtual	FaceStraight FaceTapered IDStraight IDTapered IDContoured	IDSplineVirtual GrooveSquare Groove_I_Square FuroPadrao Groove_Complexo	HolePattern KeyWay

*Features disponibilizadas no WebCAPP*



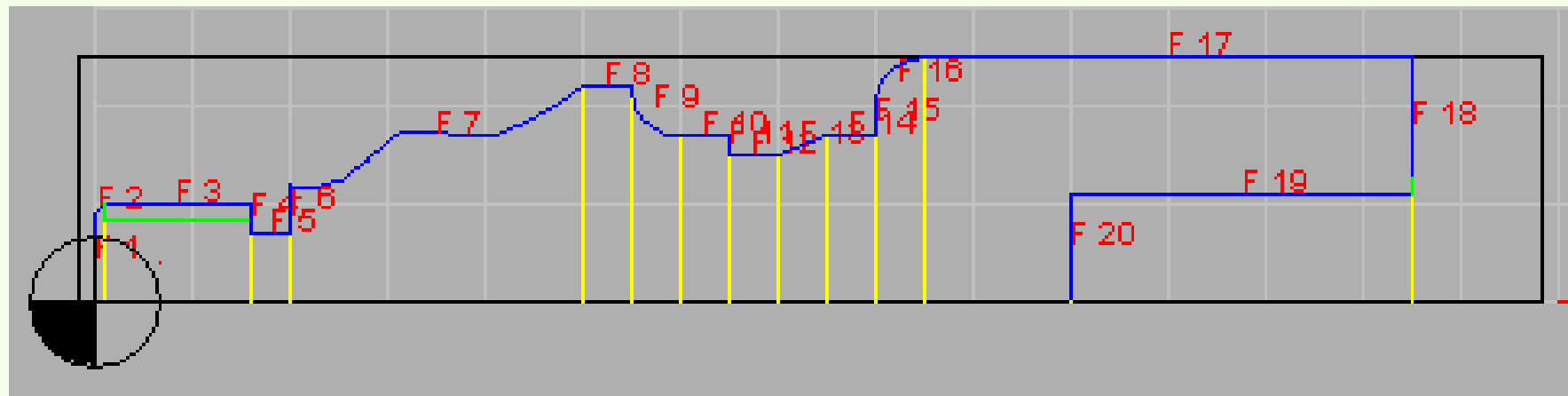
*Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP*



*João Carlos E. Ferreira  
GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)*



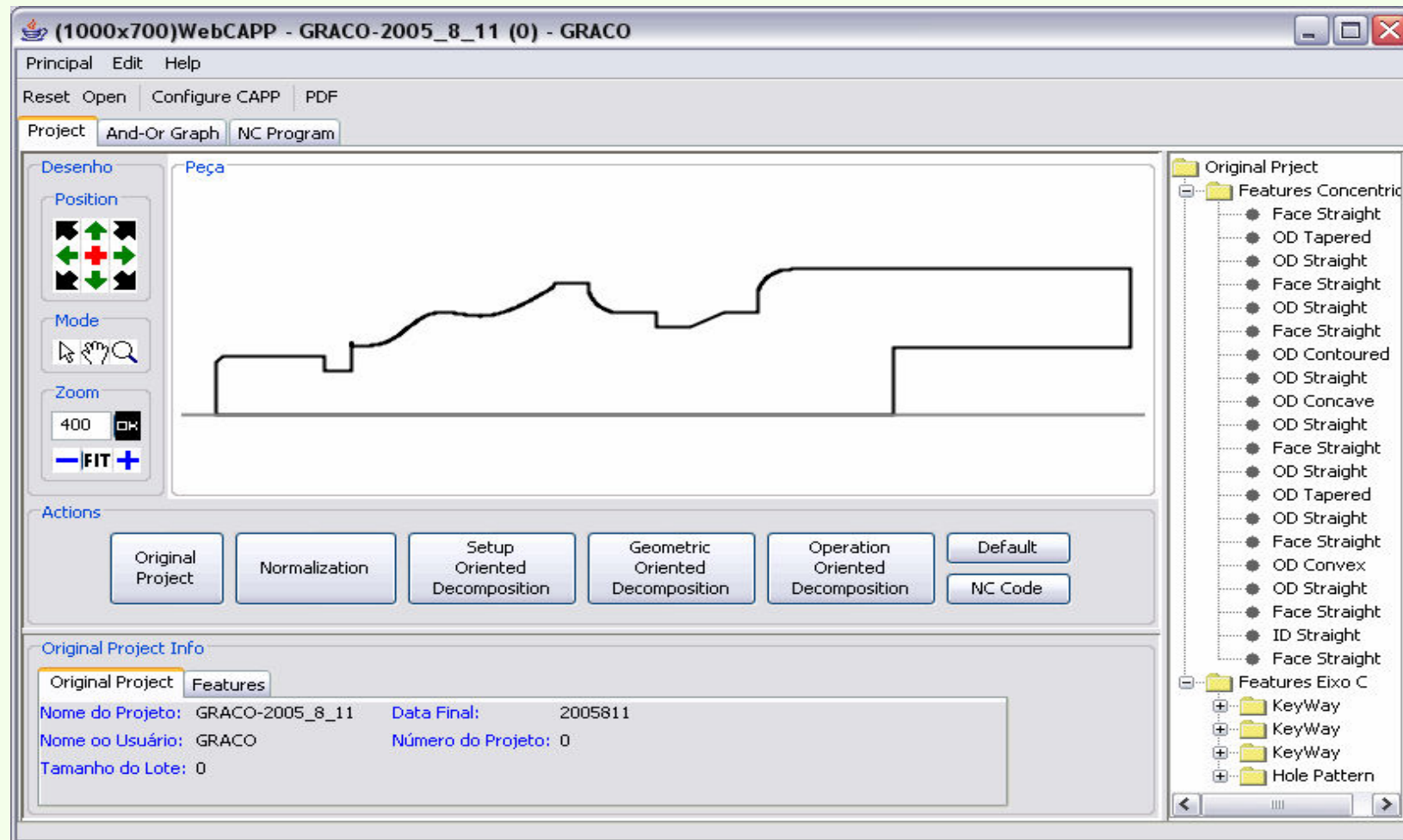
# WebCAPP



*Peça modelada no WebCADByFeatures*



# WebCAPP



*Janela principal do WebCAPP*



# WebCAPP

Nº.	Features	Nº.	Feature	Nº.	Feature	Nº.	Feature
1	FaceStraight	5	<b>Feature Nula</b>	9	ODStraight	13	HolePattern**
2	ODTapered	6	<b>ODSpline Virtual</b>	10	FaceStraight	14	KeyWay***
3	ODStraight*	7	ODStraight	11	IDStraight	15	KeyWay***
4	Groove Completo	8	Groove Completo	12	FaceStraight	16	KeyWay***

\* com rosca, \*\* sobre a feature 10, \*\*\* sobre a feature 9



*Features identificadas após a etapa de normalização no WebCAPP*



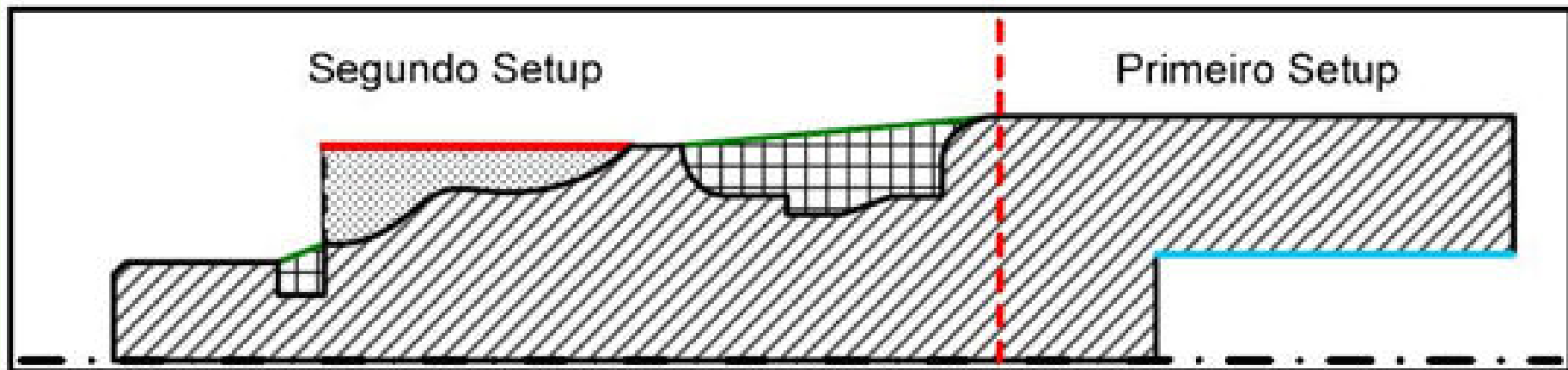
Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP



João Carlos E. Ferreira  
GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)



# WebCAPP



*Um dos possíveis resultados da decomposição orientada ao setup*



Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP

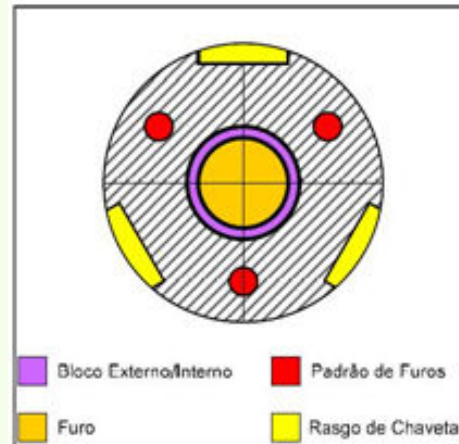
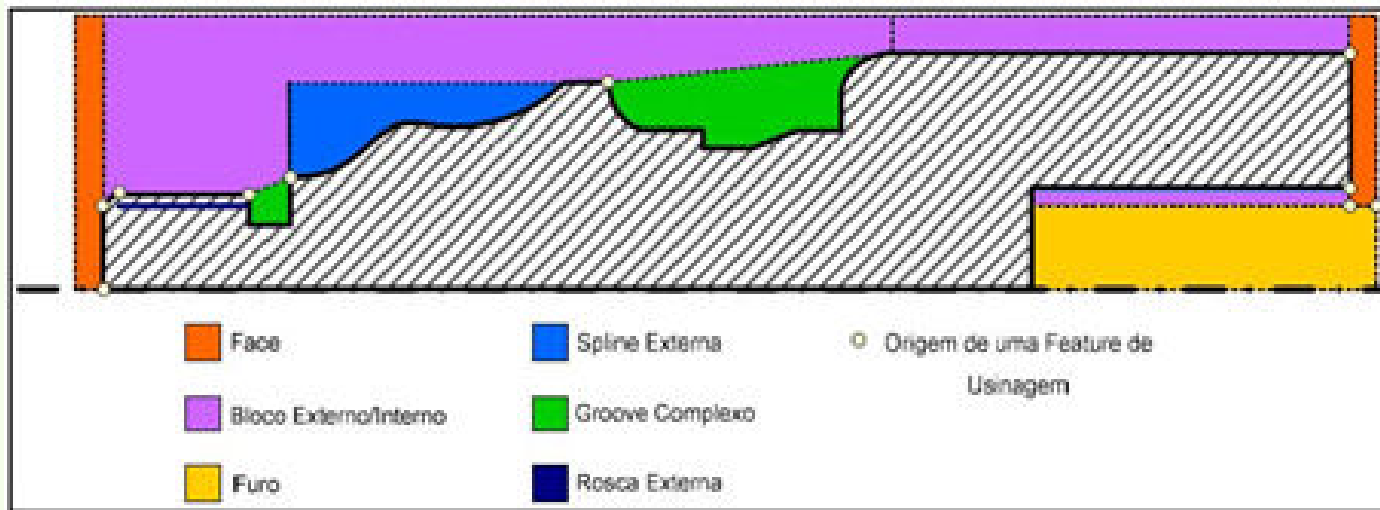


João Carlos E. Ferreira  
GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)





# WebCAPP



*Features de usinagem geradas para a peça exemplo*



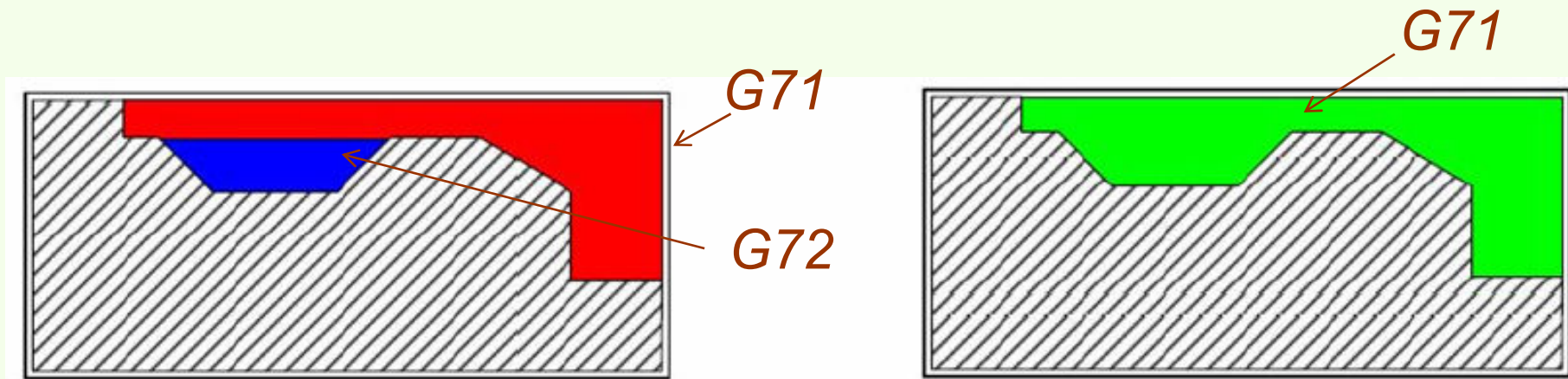
Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP



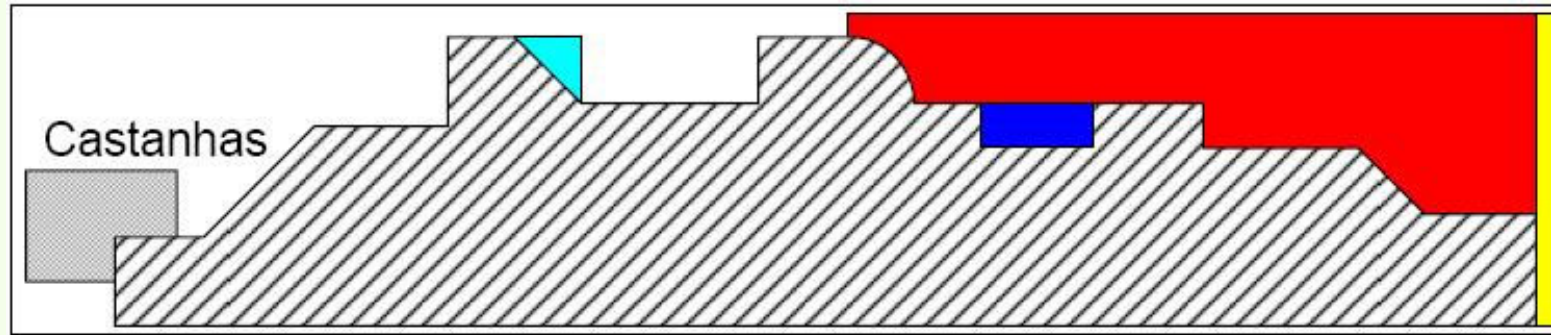
João Carlos E. Ferreira  
GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)



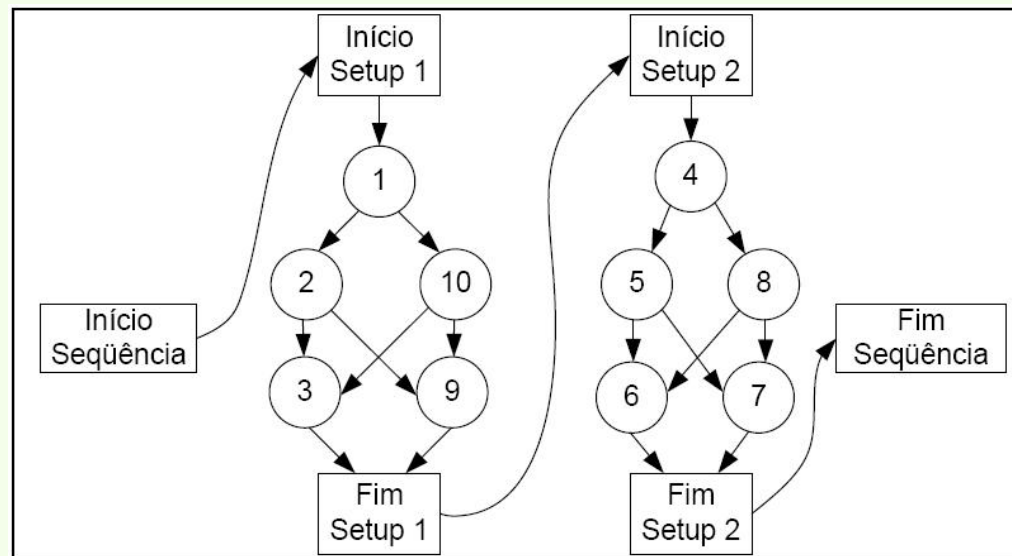
# WebCAPP



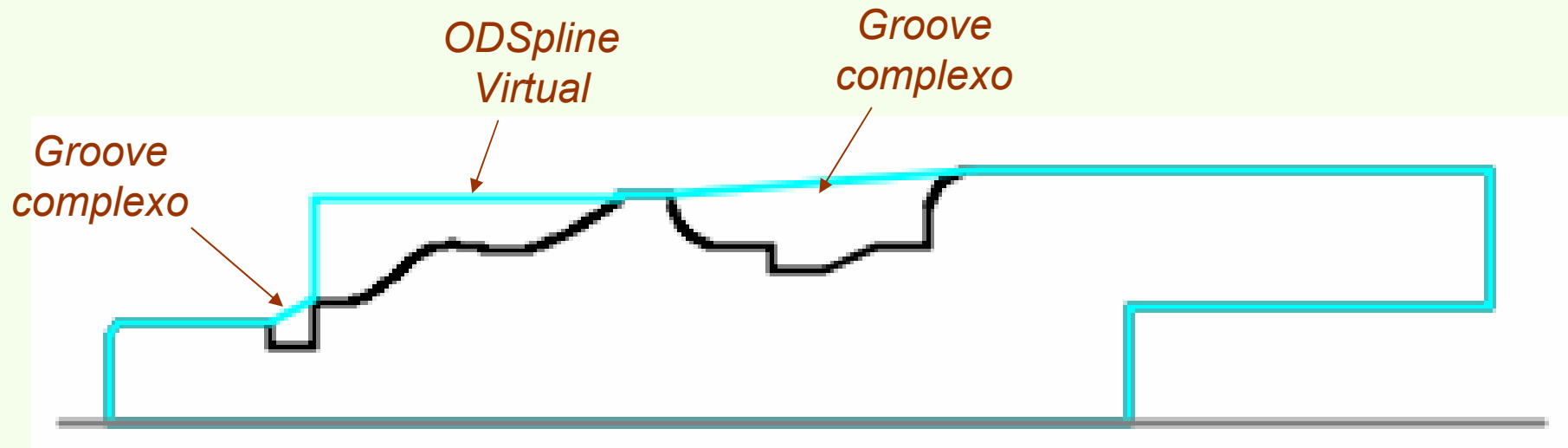
# WebCAPP



*Exemplo de perfil com superfície intermediária (em azul claro), incluindo volumes (em vermelho, azul e amarelo) que serão removidos no setup mostrado*



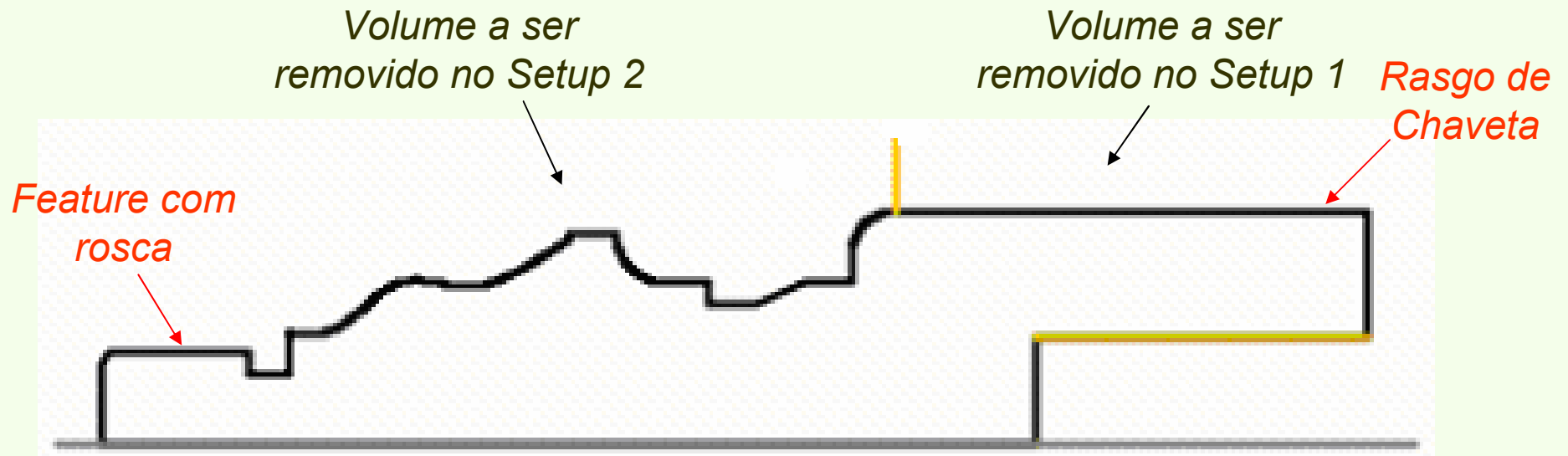
# WebCAPP



*Resultado obtido com a normalização de features, em azul claro*



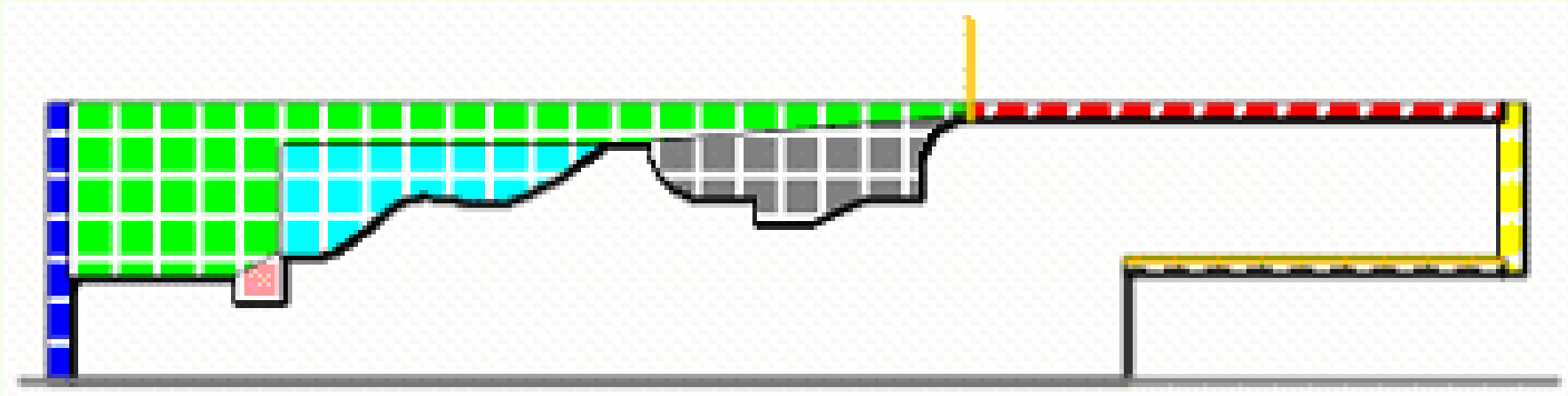
# WebCAPP



*Um dos possíveis resultados da decomposição orientada ao setup*



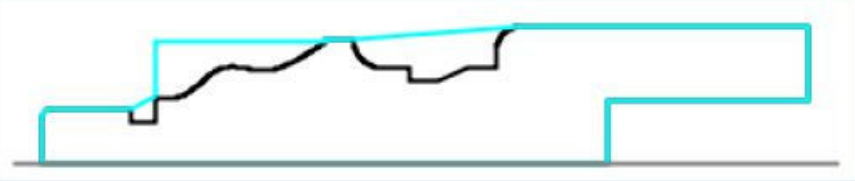


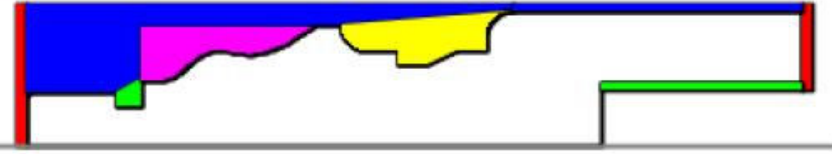
# WebCAPP



*Um dos possíveis resultados da decomposição orientada à geometria*



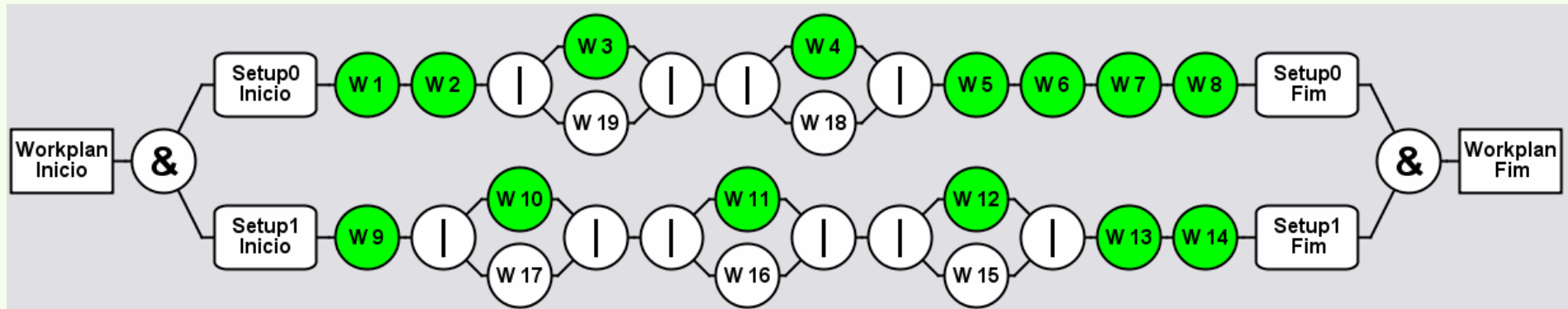
# WebCAPP

Etapa	Representação Gráfica da Peça e das Informações Geradas
Normalização	
Decomposição Orientada ao Setup	
Decomposição Orientada à Geometria	
Decomposição Orientada à Operação	

*Resultados obtidos aplicando-se as etapas do sistema*



# WebCAPP



*Grafo E/OU gerado para a peça acima, e uma das suas possíveis linearizações (em verde)*





# WebCAPP

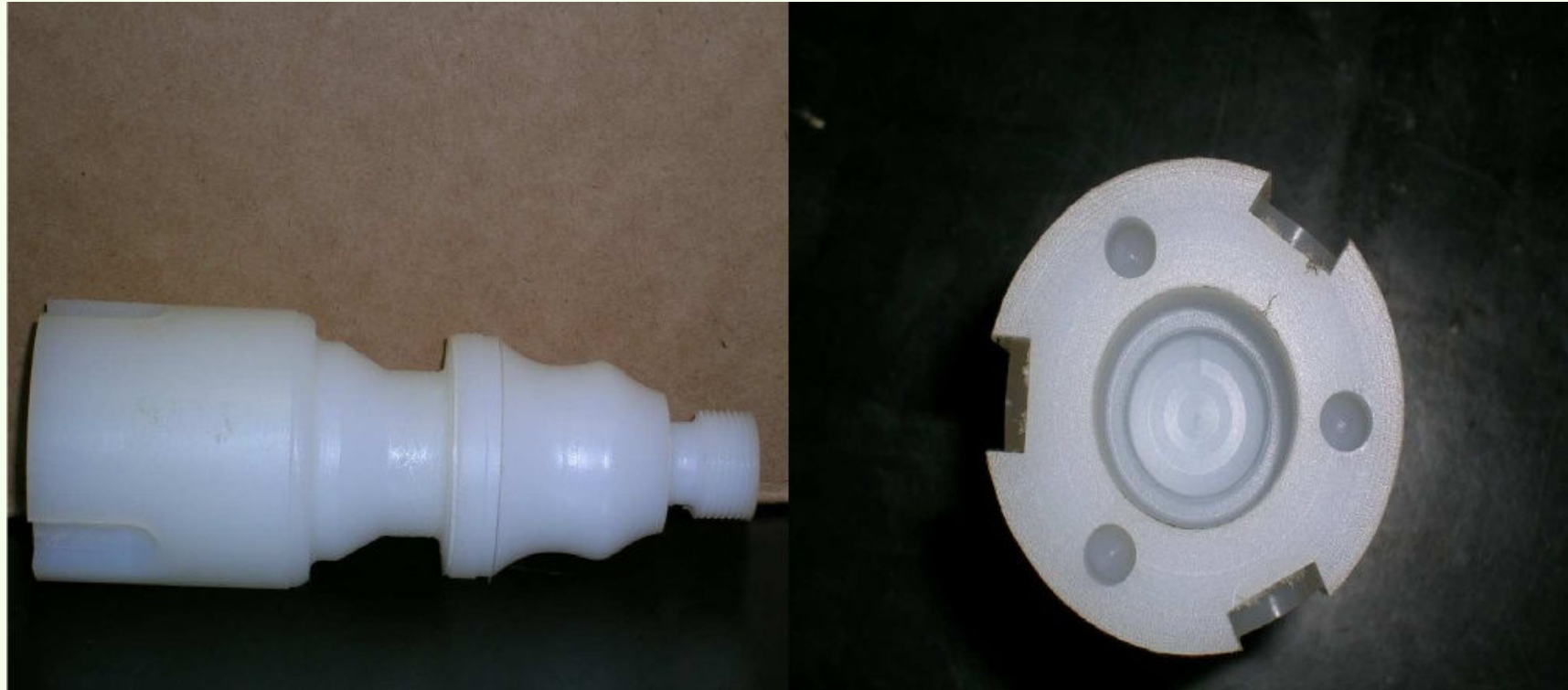
The screenshot displays the WebDNC web interface in a Konqueror browser window. The address bar shows the URL `http://webdnc.graco.unb.br/webdnc/rbwblnfr.html`. The interface includes several control buttons at the top: **CNC/PMC Read**, **WRITE**, **cnc\_upload**, and **CÂMERAS**. The main content area is divided into several sections:

- Machine Status:** Displays "AXIS Absolute Relative Machine Distance" with values for X (430000), Y (444600), and Z (0). It also shows "Eixo X Absoluto: 430000", "Eixo Y Absoluto: 444600", and "Eixo C Absoluto: 0".
- Carregamento Atual = 0**
- PROGRAMS - SIZE:** A list of programs including O1, O2, O3 (PECA CURSO), O4 (CASTANHA 1), O10, O11 (PROG TST), O31 (PECA CURSO), O96, O97 (ATENCAO...), and O98 (ATENCAO...).
- Central Control Panel:** A large window showing a CNC control interface with a digital readout (X: 430.000, Y: 444.600, Z: 0.000) and various parameters like F, S, and M.
- Program List:** A list of programs including %O0003(PECA CURSO), N10G21G40G90G95, G0X400Z300T00, T1010(---FURAR---), G97S1800M15, M19, G28C0, G0C0, G0X75Z89, and G87C0X40F0.08.
- Bottom Status:** Shows "WebDNC: CNC Remoto via Web - Prof. Alberto Jose Alvares, GRACO - UnB" and a "Torno Galaxy ON" indicator.

The browser status bar at the bottom indicates a connection speed of "5,0 fps (91,2 kB/s)".



# WebCAPP



*Peça Usinada*



*Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP*



*João Carlos E. Ferreira  
GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)*



# WebCAPP



*Peças Usinadas*



*Planejamento do Processo  
Assistido por Computador - CAPP*



*João Carlos E. Ferreira  
GRIMA, Dep. Eng. Mecânica, UFSC  
[www.grima.ufsc.br](http://www.grima.ufsc.br)*

