Curso de Graduação em Engenharia Mecânica

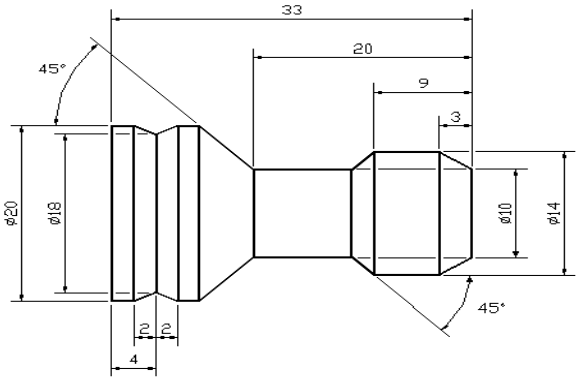
Manufatura Assistida por Computador (SEM-0350)

PROGRAMAÇÃO CNC

Prof. Dr. Alessandro Roger Rodrigues

EESC · USP
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo

Comando Numérico de Máquinas-Ferramenta






```
%10
N10 G00 Z100 T1
N20 G94 G90
N30 G00 X32 Z4 S2000 M03 M08
N40 G01 Z0 F400
N50 X-1
N60 G00 X26 Z1
N70 G01 Z-30 F400
N80 X32
N90 G00 Z2
N100 G01 X22 F1200 S2980
N110 Z-21 F600
```

Sumário

EESC · USP
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo

- ✓ Sistemas de Coordenadas
- ✓ Posicionamento Absoluto e Incremental
- ✓ Pontos de Referência
- ✓ Programação CNC

Sistemas de Coordenadas

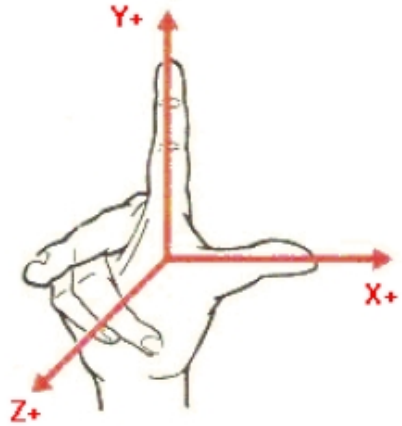
EESC · USP
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo

Sistema de Coordenadas:

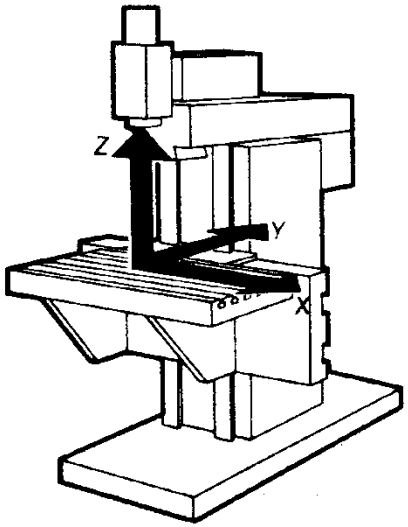
- É a base para a definição dos pontos que representará a trajetória da ferramenta na máquina CNC.
- Sua posição depende do tipo de máquina.
- Para determinar sua posição e direção utiliza-se a regra da mão direita.

Regra da Mão Direita:

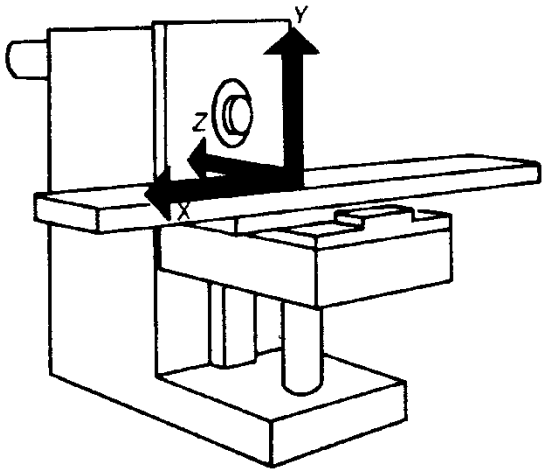
- Posicione sua mão direita direcionando o Eixo Z no sentido do Eixo-Árvore da Máquina e as costas da mão para a base de fixação da peça.



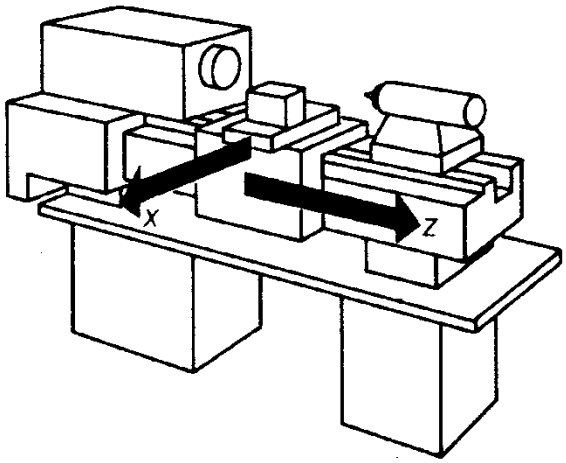
Sistemas de Coordenadas



Fresadora Vertical

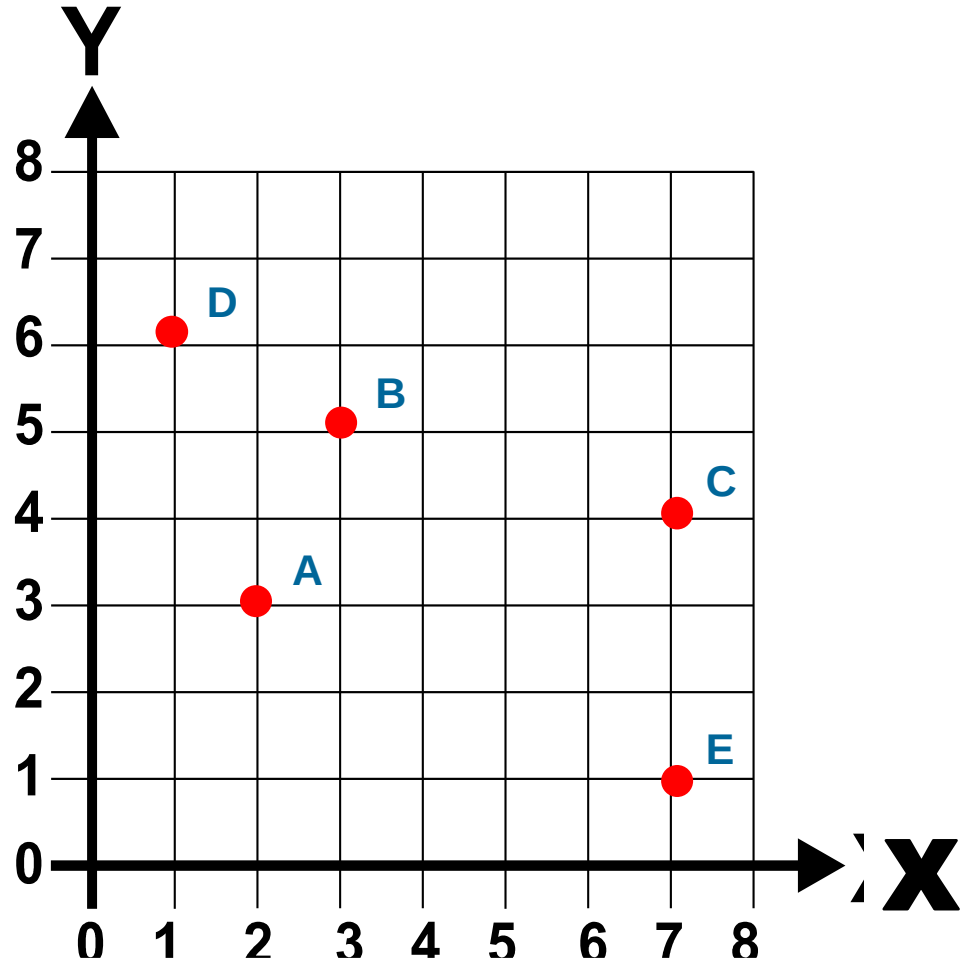


Fresadora Horizontal



Torno

Sistemas de Coordenadas



A = (2,3)

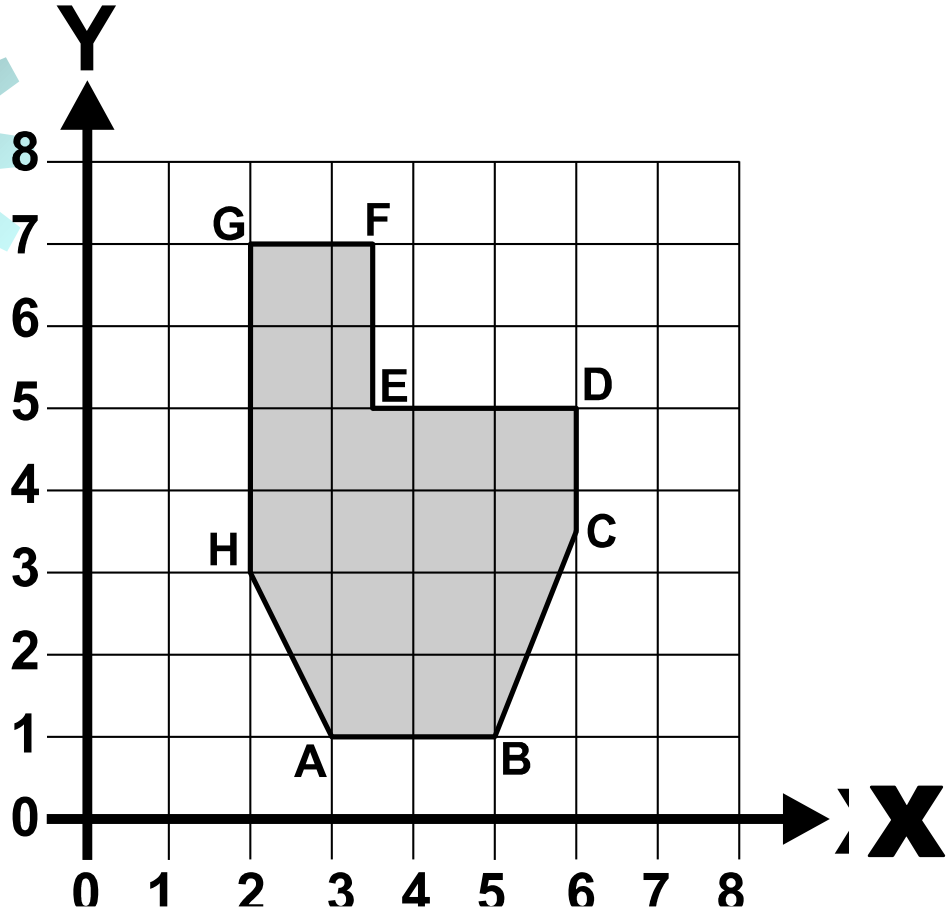
B = (3,5)

C = (7,4)

D = (1,6)

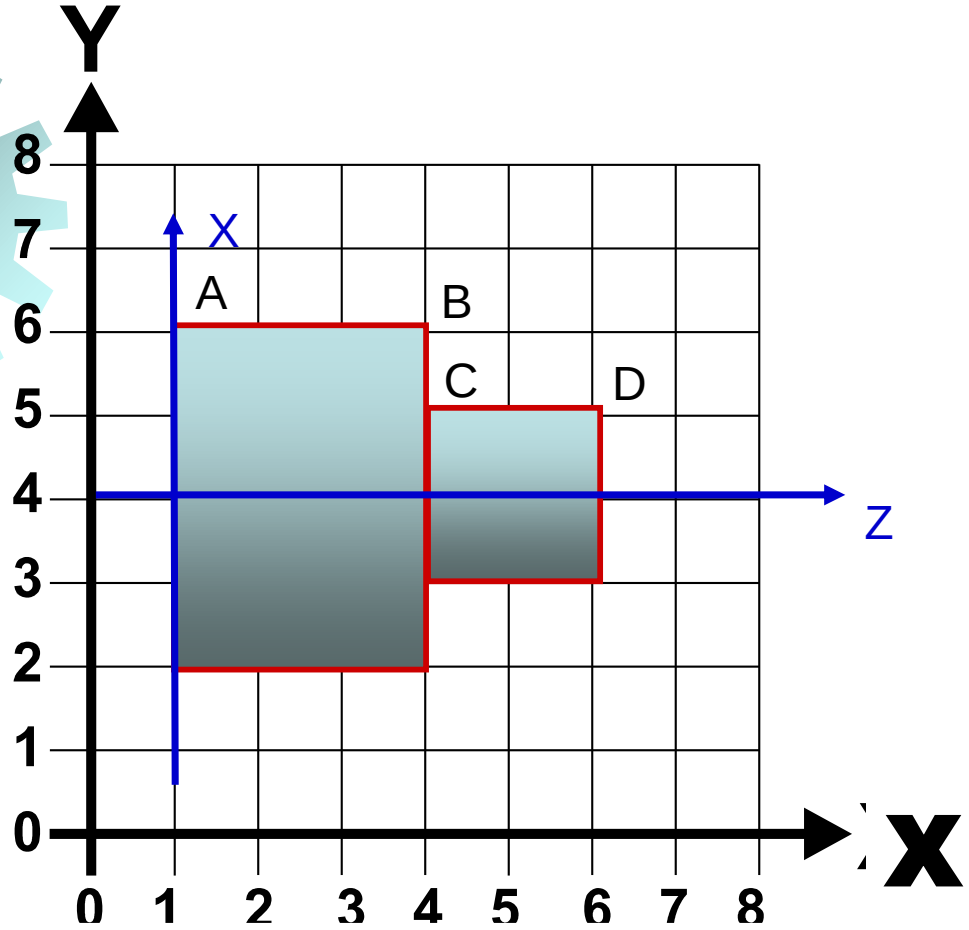
E = (7,1)

Sistemas de Coordenadas



Ponto	X	Y
A	3	1
B	5	1
C	6	3,5
D	6	5
E	3,5	5
F	3,5	7
G	2	7
H	2	3

Sistemas de Coordenadas



Peça rotacional → Eixo Z coincide com eixo da peça

Eixos X,Y

Coordenadas

A = (1,6)

B = (4,6)

C = (4,5)

D = (6,5)

Eixos X,Z

Coordenadas

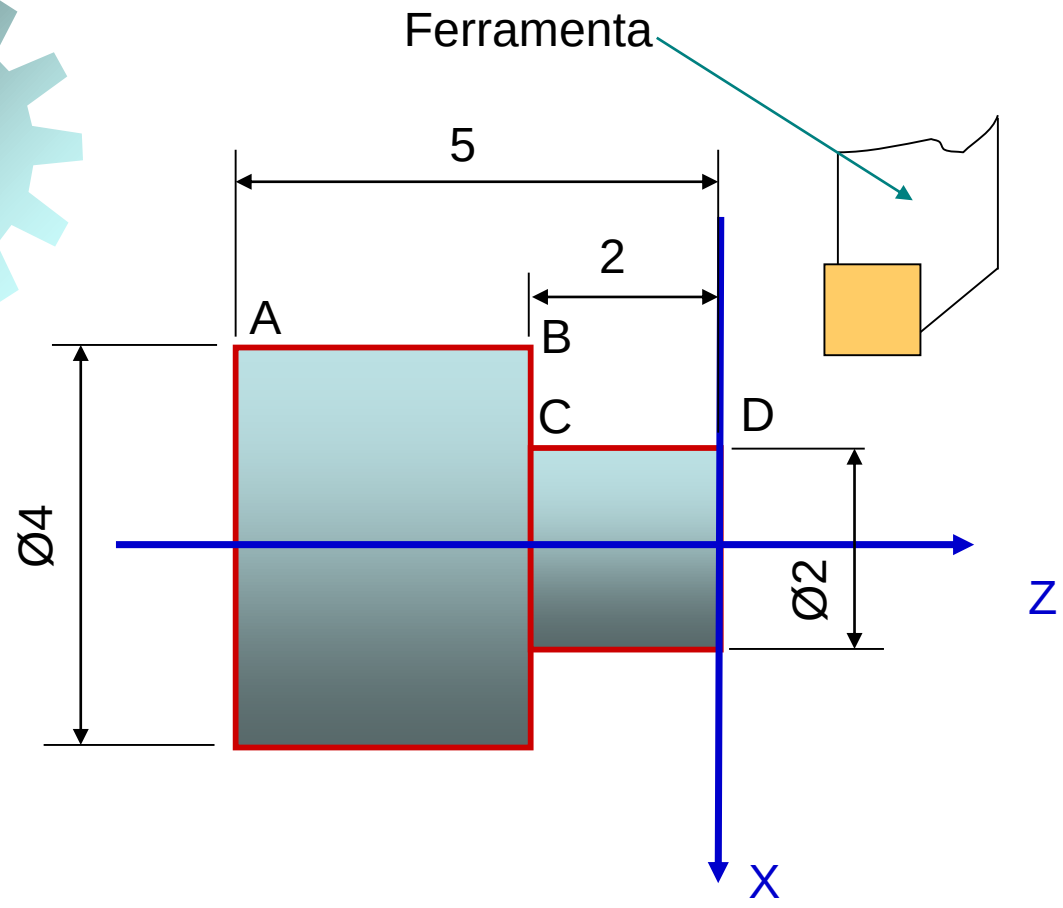
A = (2,0)

B = (2,3)

C = (1,3)

D = (1,5)

Sistemas de Coordenadas



Eixos X,Z

Coordenadas no Raio

A = (-2,-5)

B = (-2,-2)

C = (-1,-2)

D = (-1,0)

Eixos X,Z

Coordenadas no ∅

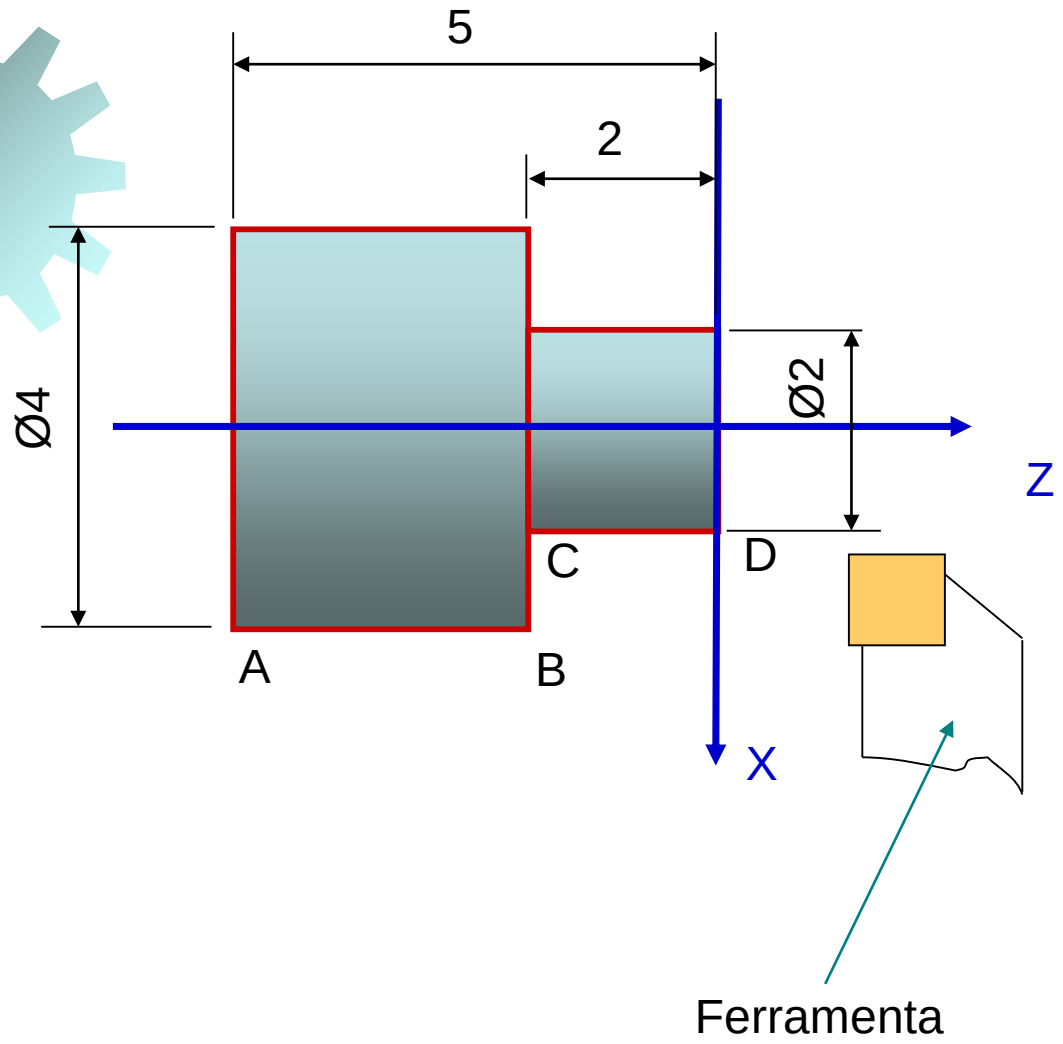
A = (-4,-5)

B = (-4,-2)

C = (-2,-2)

D = (-2,0)

Sistemas de Coordenadas



Eixos X,Z

Coordenadas no Raio

A = (2,-5)

B = (2,-2)

C = (1,-2)

D = (1,0)

Eixos X,Z

Coordenadas no ∅

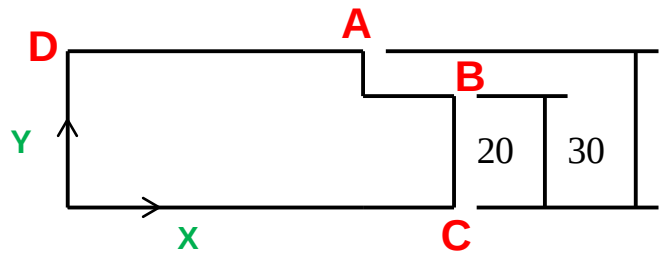
A = (4,-5)

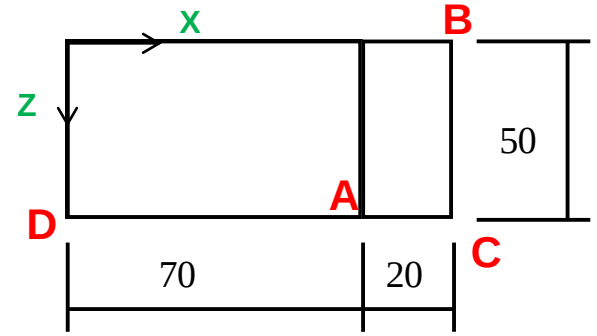
B = (4,-2)

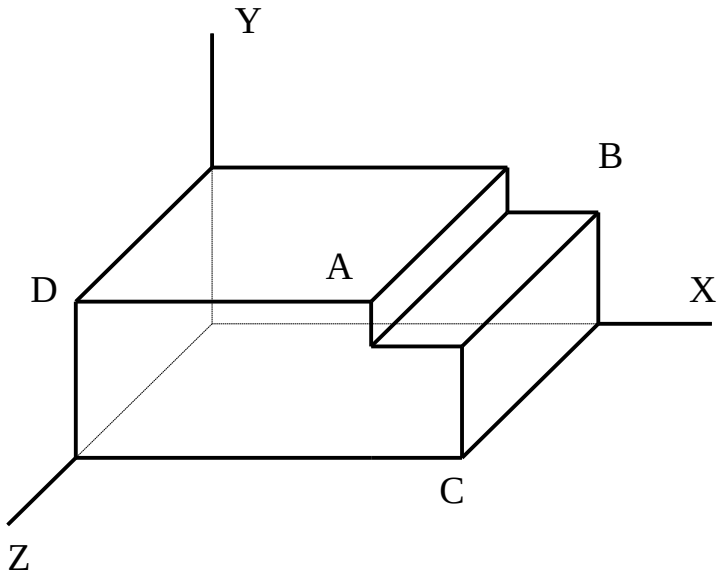
C = (2,-2)

D = (2,0)

Sistemas de Coordenadas







A: X = 70 , Y = 30 e Z = 50

B: X = 90 , Y = 20 e Z = 0

C: X = 90 , Y = 0 e Z = 50

D: X = 0 , Y = 30 e Z = 50

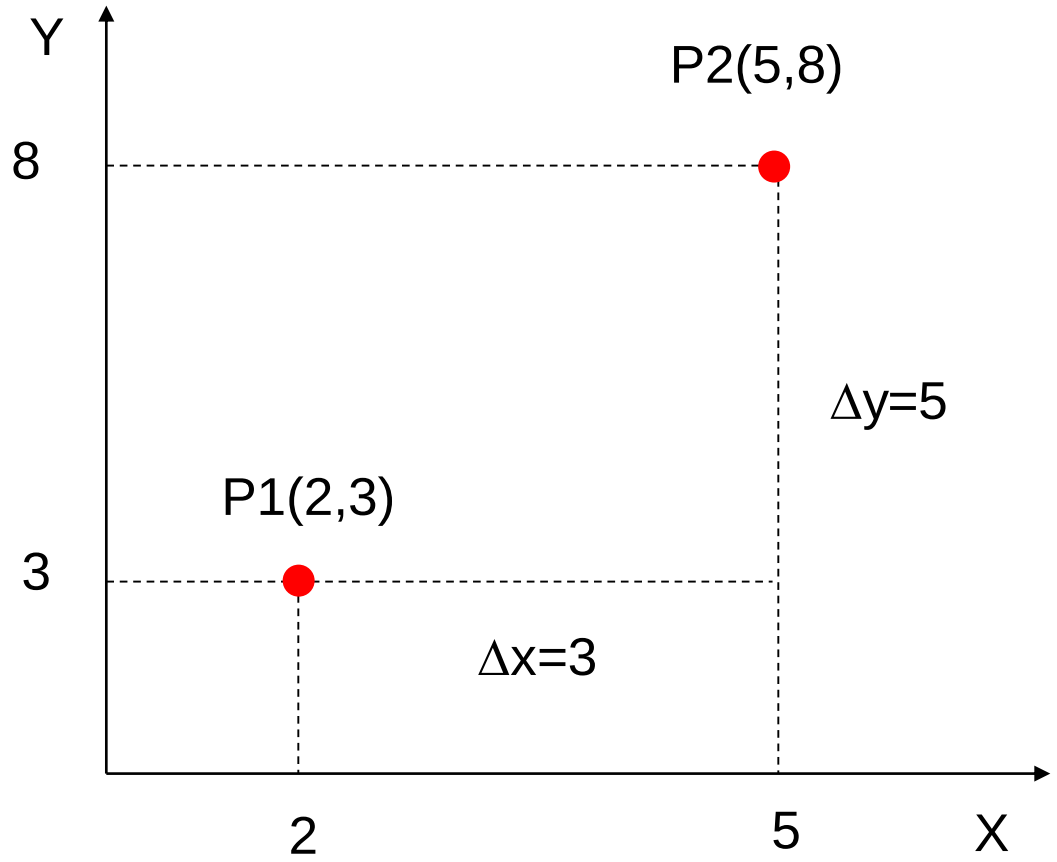
Sistemas de Coordenadas

Posicionamento Absoluto

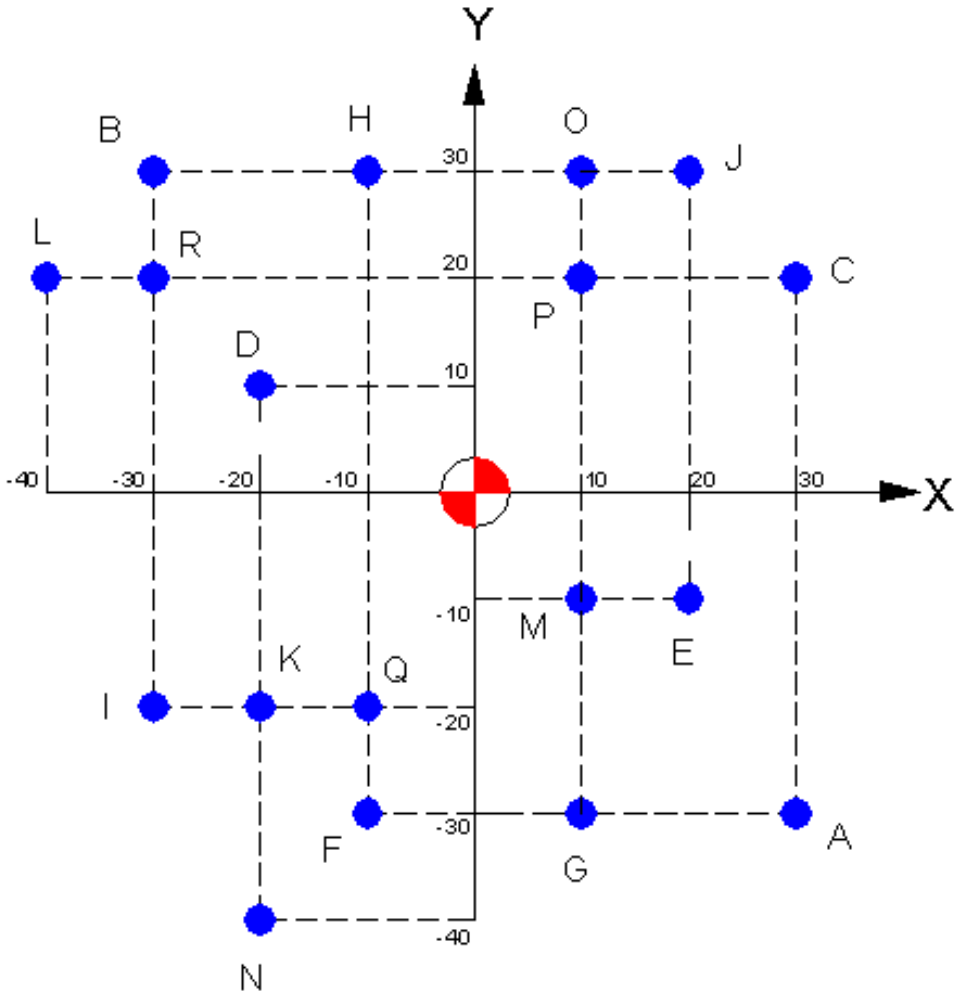
P1=(2,3) e P2=(5,8)

Posicionamento Incremental

P1=(2,3) e P2=(3,5)



Sistemas de Coordenadas



Ponto	Coordenadas			
	Absolutas		Incrementais	
	X	Y	X	Y
A	30	-30	30	-30
B	-30	30	-60	60
C	30	20	60	-10
D	-20	10	-50	-10
E	20	-10	40	-20
F	-10	-30	-30	-20
G	10	-30	20	0
H	-10	30	-20	60
I	-30	-20	-20	-50
J	20	30	50	50
K	-20	-20	-40	-50
L	-40	20	-20	40
M	10	-10	50	-30
N	-20	-40	-30	-30
O	10	30	30	70
P	10	20	0	-10
Q	-10	-20	-20	-40
R	-30	20	-20	40

Pontos de Origem e Referência

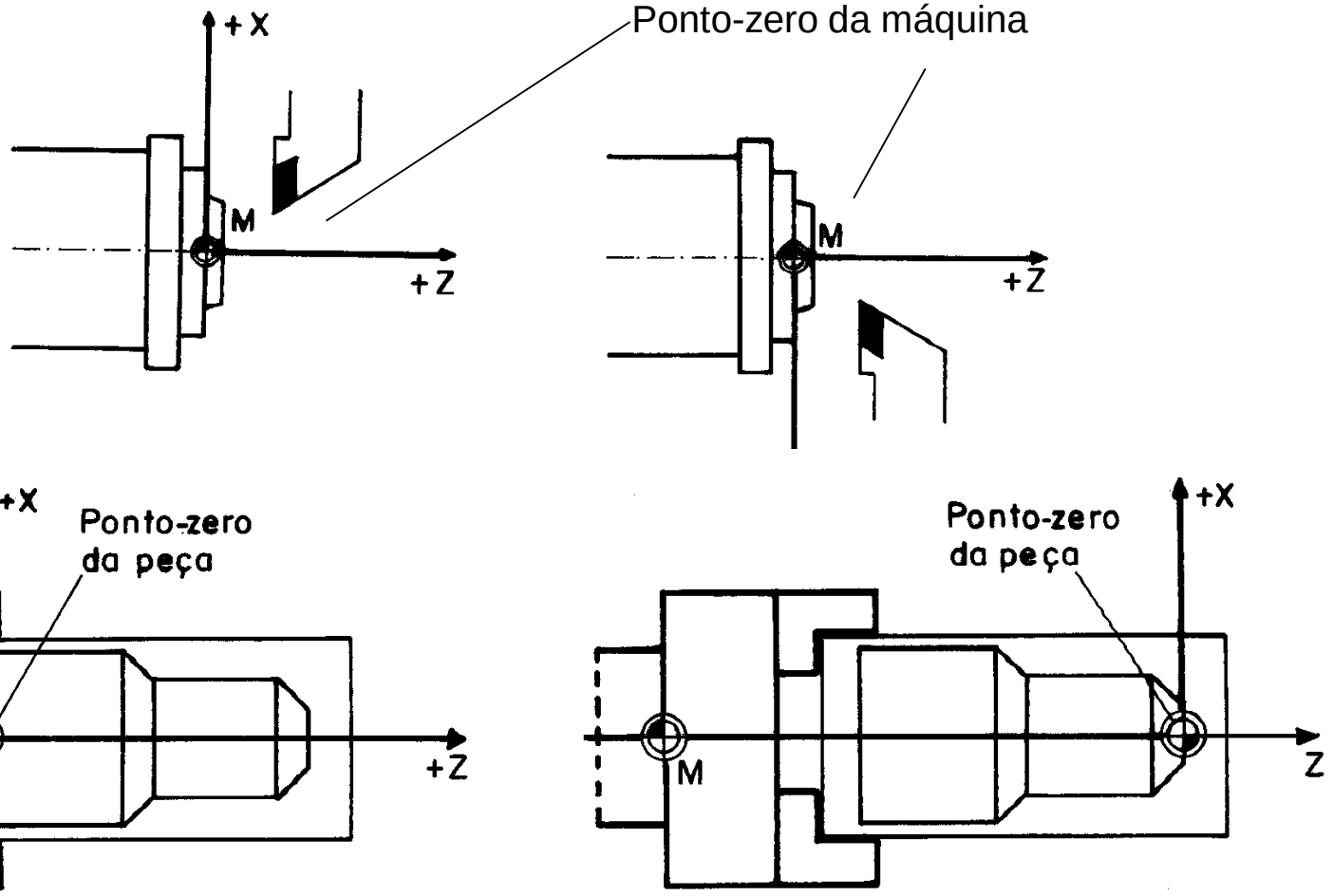
EESC · USP
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo

✓ **Zero-Máquina**: Determinado pelo fabricante como origem do sistema de coordenadas da máquina.

✓ **Zero-Peça**: Determinado pelo programador como origem do sistema de coordenadas da peça.

✓ **Ponto de Referência**: Determinado pelo fabricante sobre o qual se realiza a sincronização do sistema.

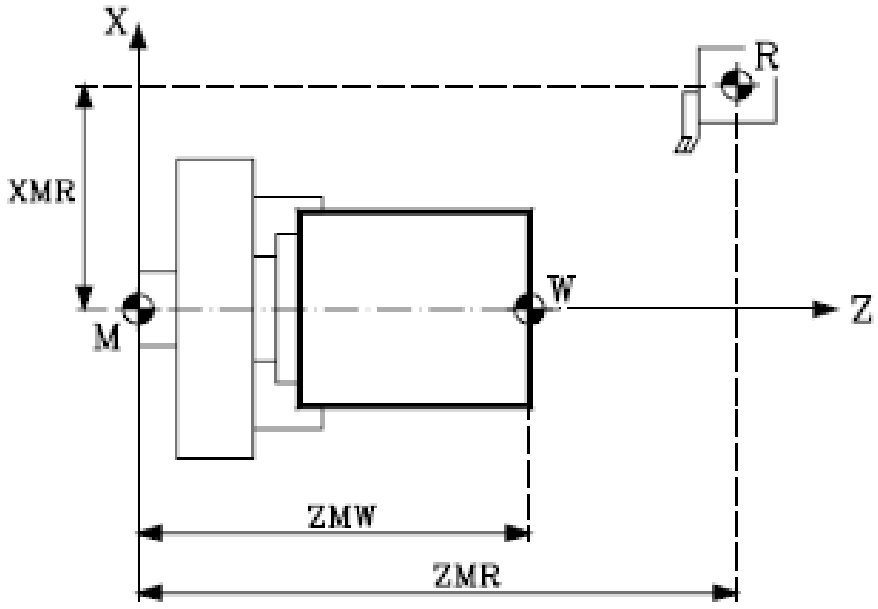
Origem e Referência



Torno

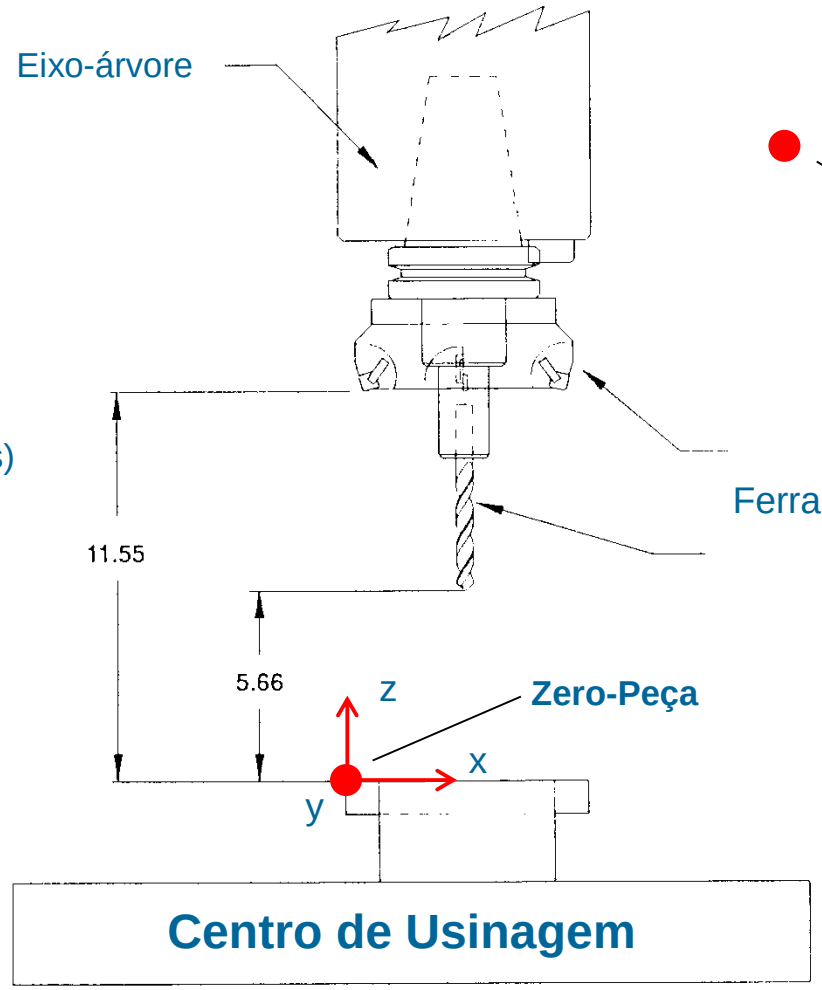
Origem e Referência

Torno



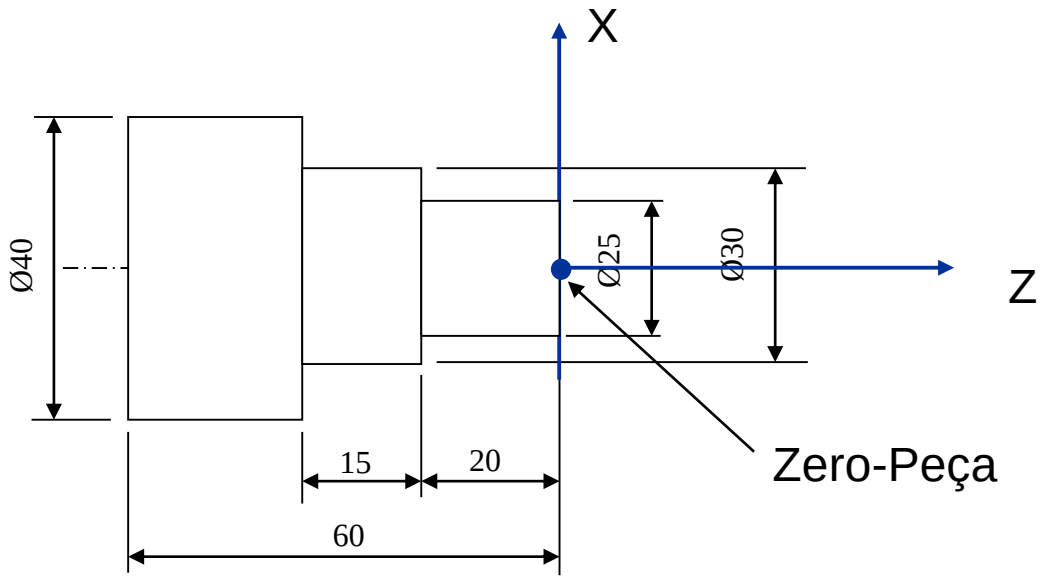
M	Zero máquina
W	Zero peça.
R	Ponto de referência de máquina
XMW, YMW, ZMW...	Coordenadas do zero peça.
XMR, YMR, ZMR...	Coordenadas do ponto de referência máquina ("REFVALUE")

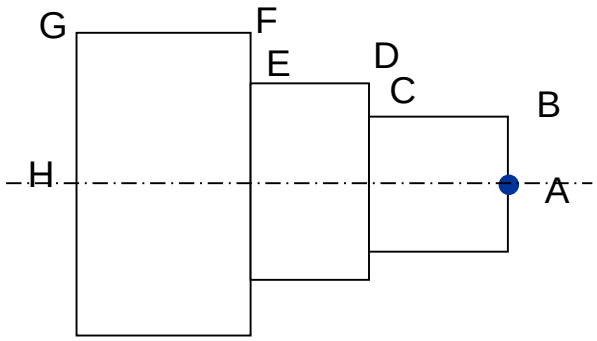
Origem e Referência



Origem e Referência

Exemplo (Torneamento)



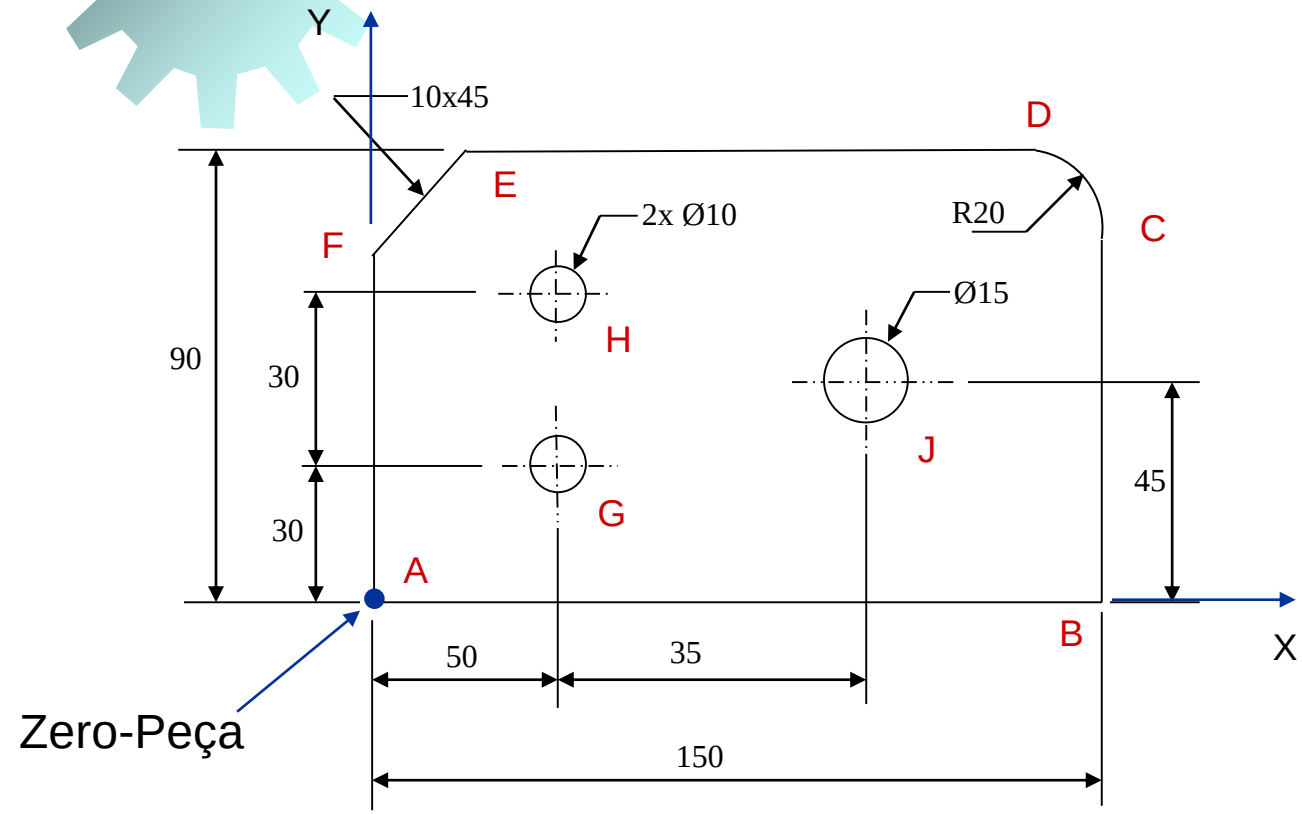


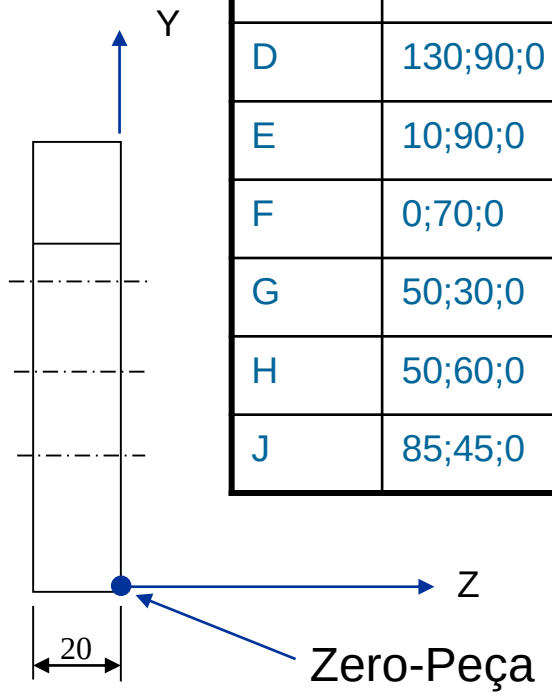
Ponto	Coordenadas
A	0;0
B	25;0
C	25;-20
D	30;-20
E	30;-35
F	40;-35
G	40;-60
H	0;-60

Origem e Referência

Exemplo (Fresamento)

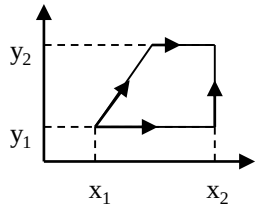
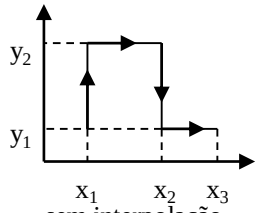
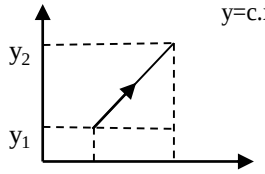
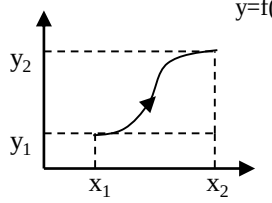
Ponto	Coordenadas
A	0;0;0
B	150;0;0
C	150;70;0
D	130;90;0
E	10;90;0
F	0;70;0
G	50;30;0
H	50;60;0
J	85;45;0





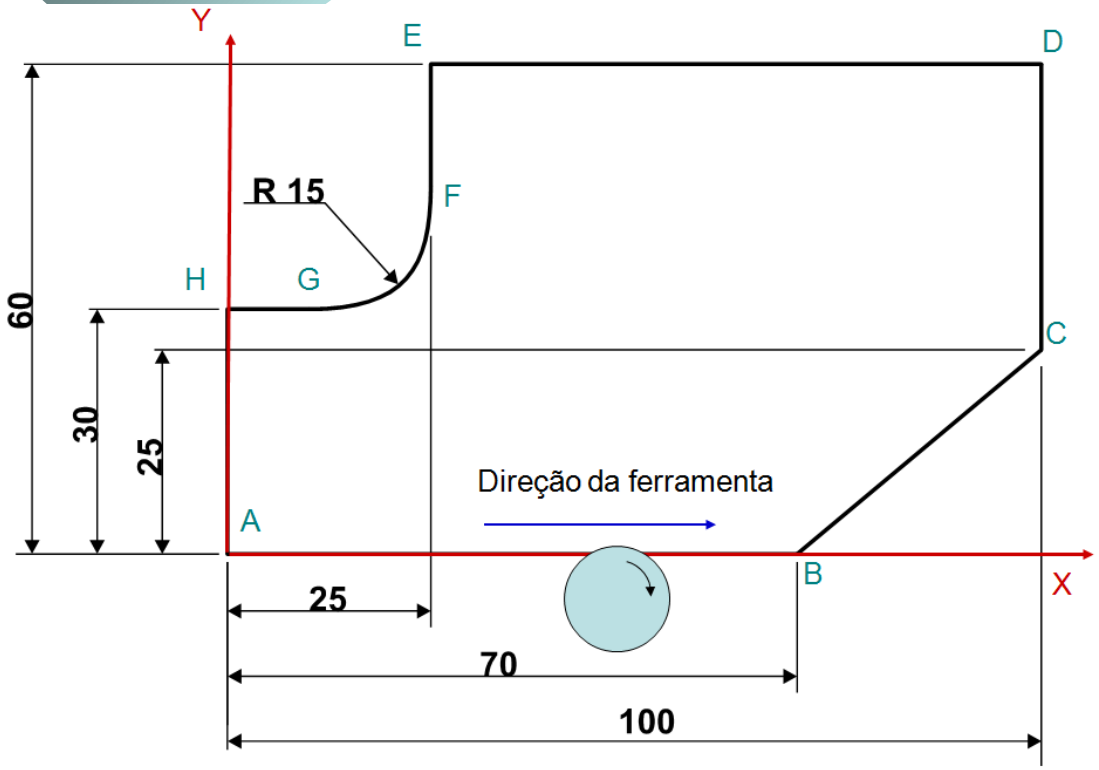
Sistemas de Coordenadas

EESC · USP
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo

Controle	Problema	Ferramenta	Aplicação
(a) Ponto a Ponto	 sem interpolação	Não ativa durante posicionamento	. Solda a ponto . Furadeiras . Puncionadeiras
(b) Corte Reto	 sem interpolação	Ativa durante posicionamento	. Torneamento cilíndrico . Fresamento (paralelo aos eixos)
(c) Contorno Linear	 interpolação linear	Ativa durante posicionamento	. Torneamento cônico . Fresamento ao longo de linhas retas
(d) Contorno Genérico	 interpolação de ordem mais elevada	Ativa durante posicionamento	. Torneamento de contorno . Fresamento ao longo de uma trajetória curva

Sistemas de Coordenadas

Exemplo (Fresamento)

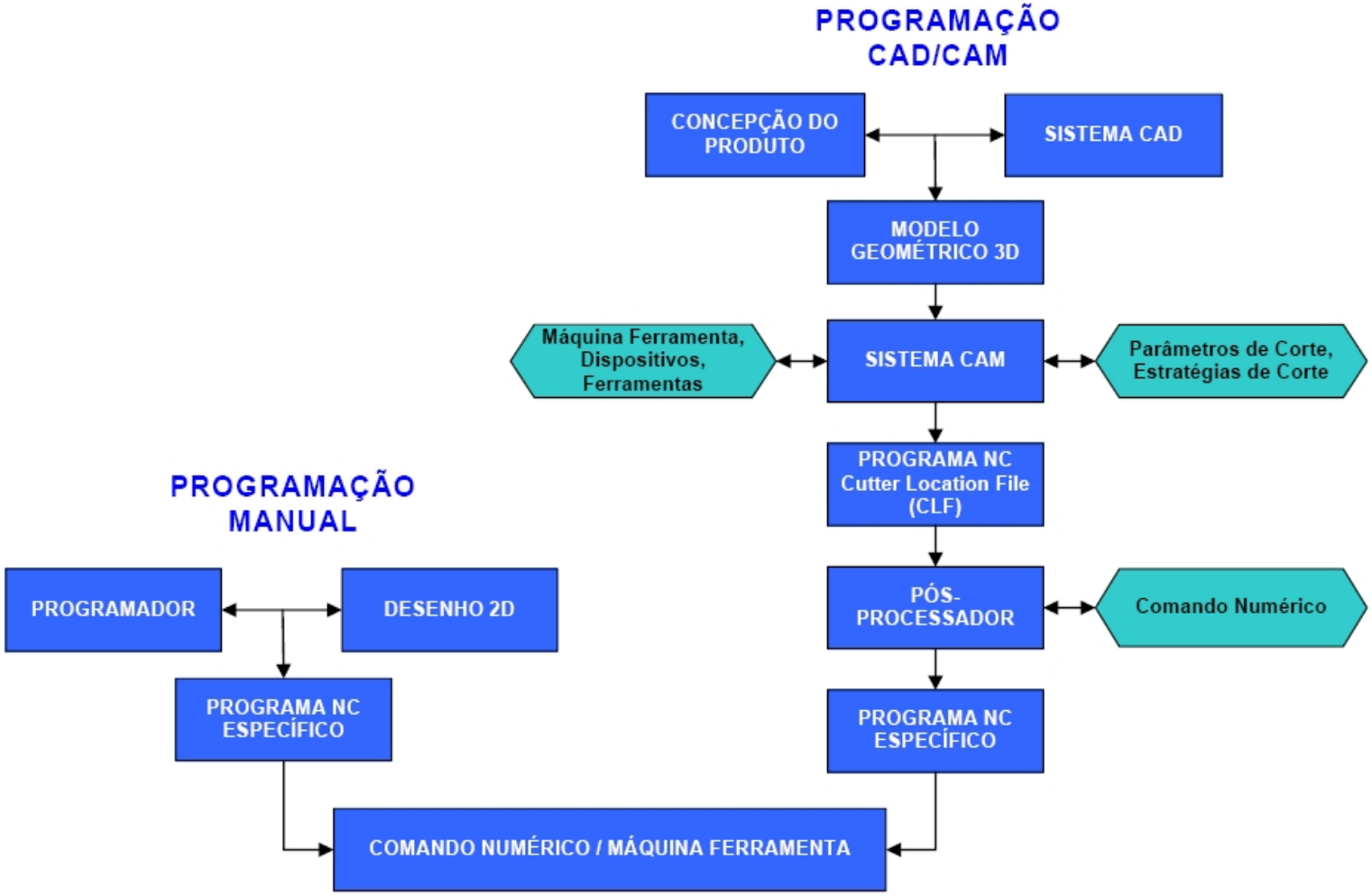


Ponto	X	Y	R	Comentário
A	0	0	---	Origem – Início do Ciclo
B	70	0	---	Início do chanfro
C	100	25	---	Fim do chanfro
D	100	60	---	Canto Superior Direito
E	25	60	---	
F	25	45	---	Início do Raio 15 mm
G	10	30	15	Final do Raio 15 mm
H	0	30	---	
A	0	0	---	Final do Ciclo

Programação CNC

- Programa CNC é a codificação, em linguagem específica, das instruções, comandos, dimensões e funções auxiliares necessárias à fabricação das peças.
- Conhecimentos matemáticos e tecnológicos.
- Características da máquina CNC.
- Normalizado pela ISO 6983.

Programação CNC



Programação CNC

EESC · USP
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo

Programação Manual:

- Alto tempo para a geração do Programa NC;
- Conhecimento detalhado da linguagem NC conforme ISO 6983;
- Conhecimento das características específicas de cada CNC;
- Permite apenas a programação de peças com geometria simples representadas por retas e arcos;
- Maior possibilidade de erros de programação.

Programação CAD/CAM:

- Menor tempo de geração do Programa NC;
- Recursos gráficos para simulação da usinagem;
- Recursos de estratégias de usinagem;
- Permite programação de peças com geometrias simples e complexas num pequeno espaço de tempo;
- Menor influência do programador, possibilitando assim, menores chances de erro.

Programa CNC

Estrutura Básica

IDENTIFICAÇÃO
CABEÇALHO
DADOS DA FERRAMENTA
APROXIMAÇÃO E USINAGEM DO PERFIL DA PEÇA
FIM DE PROGRAMA

Alfanumérica

Programação CNC

EESC · USP
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo

LETRAS	
D	Diâmetro da ferramenta
F	Velocidade de avanço da ferramenta
G	Códigos G (funções “Guidance” de operação)
H	Comprimento da ferramenta
I	Centro de arco no eixo x
J	Centro de arco no eixo y
K	Centro de arco no eixo z
M	Códigos M (funções “Miscelaneous” de preparação)
N	Numeração das linhas do programa (bloco)
O	Número do programa
R	Raio de arcos de circunferência
S	Rotação do eixo-árvore
T	Seleção de ferramenta
X	Eixo linear x
Y	Eixo linear y
Z	Eixo linear z

Programação CNC

EESC · USP
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo

NÚMEROS

Associados às letras, podem indicar:

- Velocidade de avanço ou avanço da ferramenta (F)
- Tipo de função “Guidance” (G)
- Tipo de função “Miscelaneous” (M)
- Medidas ou coordenadas (X, Y, Z, I, J, K, R, H, D)
- Número do programa CNC (O)
- Rotação do eixo-árvore (S)
- Número de ferramenta enderaçada no magazine (T)

Programação CNC

Principais Códigos M para Centro de Usinagem

- Funções de controle da máquina e também do programa
- Podem variar conforme o tipo de máquina e fabricante

M00	Parada do programa (Aguarda Start para continuar)
M03	Aciona eixo-árvore no sentido horário
M04	Aciona eixo-árvore no sentido anti-horário
M05	Desliga o eixo-árvore
M06	Habilita troca de ferramenta
M08	Aciona fluido refrigerante
M09	Desliga fluido refrigerante
M30	Fim de programa
M98/99	Chamada/Fim de subprograma

Programação CNC

EESC · USP
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo

Principais Códigos G para Centro de Usinagem

G00/01	Interpolação linear com avanço rápido / programado
G02/03	Interpolação circular (sentido horário / anti-horário)
G04	Tempo de espera
G17/18/19	Plano de trabalho XY / XZ / YZ
G20/21	Unidade em polegada / milímetro
G40	Cancela compensação automática do raio da ferramenta
G41/42	Compensação do raio da ferramenta à esquerda / direita
G43	Compensação do comprimento da ferramenta
G49	Cancela a compensação automática do comprimento da ferramenta
G54-59	Zero-peça
G90/91	Programação em coordenadas absolutas / incrementais
G94/95	Avanço da ferramenta (mm/min / mm/rot)
G96/97	Velocidade de corte constante / rotação constante (torneamento)

Programação CNC

EESC · USP
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo

Funções Modais

São as funções que permanecem ativas até que sejam substituídas por uma outra função, também modal, de efeito contrário.

(G00/01, G40/41/42, G20/21, G90/91, G94/95, M03, F, S)

Funções não Modais

São funções que não ficam memorizadas e são atuantes apenas nos blocos que as contém.

(G02/03)

Programação CNC

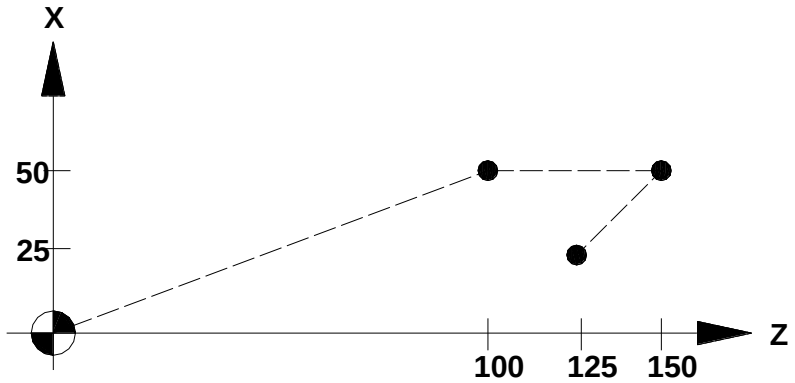
Avanço Linear Rápido (G00)

Utilizado para posicionar a ferramenta com os eixos se movimentando na maior velocidade fornecida pela máquina.

N__ G00 X__ Y__ Z__

Exemplo (Torno):

...
N50 G00 X50 Z100;
N60 Z150;
N70 X25 Z125;
...



Programação CNC

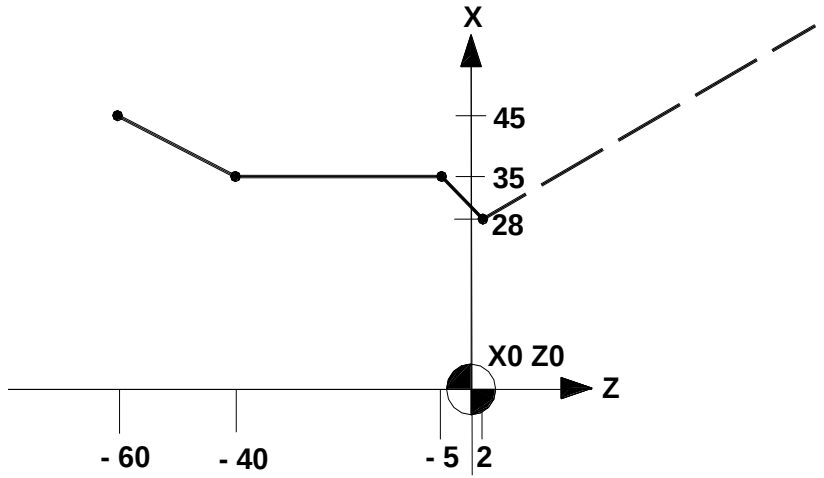
Avanço Linear com Velocidade Programada (G01)

Utilizado para movimentar a ferramenta com velocidade de avanço controlada pelo parâmetro F.

N__ G01 X__ Y__ Z__ F__

Exemplo (Torno):

```
...
N50  G00 X28 Z2  M3;
N60  G01 X35 Z-5 F0.2;
N70  Z-40;
N80  X45 Z-60;
...
```



Programação CNC

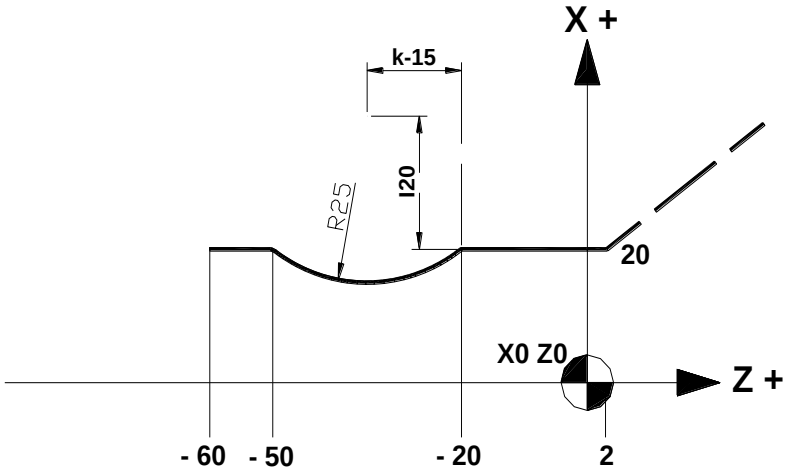
Interpolação Circular Horária (G02)

Movimenta a ferramenta em um arco de circunferência de raio programado pelo parâmetro R, no sentido horário, com velocidade F.

N__ G02 X__ Y__ R__ F__ (para o plano XY).
N__ G02 X__ Z__ R__ F__ (para o plano XZ).
N__ G02 Y__ Z__ R__ F__ (para o plano YZ).

Exemplo (Torno):

...
N50 G00 X20 Z2;
N60 G01 Z-20 F0.20;
N70 G02 **X20 Z-50 R25;**
ou
N70 G02 **X20 Z-50 I20 K-15;**
...



Programação CNC

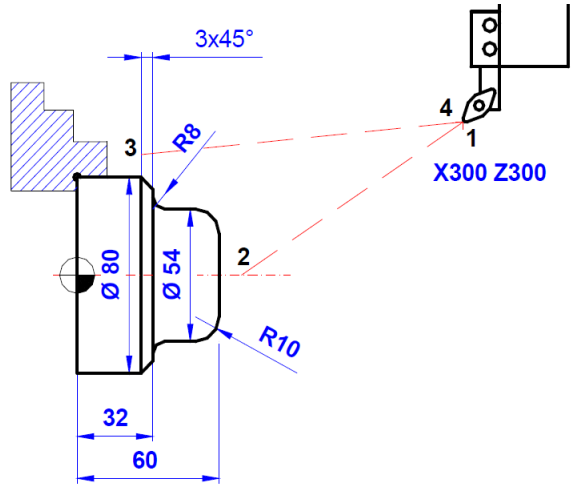
Interpolação Circular Anti-horária (G03)

Movimenta a ferramenta em um arco de circunferência de raio programado pelo parâmetro R, no sentido anti-horário, com velocidade F.

N__ G03 X__ Y__ R__ F__ (para o plano XY).
N__ G03 X__ Z__ R__ F__ (para o plano XZ).
N__ G03 Y__ Z__ R__ F__ (para o plano YZ).

Exemplo (Torno):

...
N60 G01 X0 Z60 F0.5;
N70 X34 F0.2;
N80 G03 **X54 Z50 R10;**
ou
N80G03 **X54 Z50 I0 K-10;**
...



Programação CNC

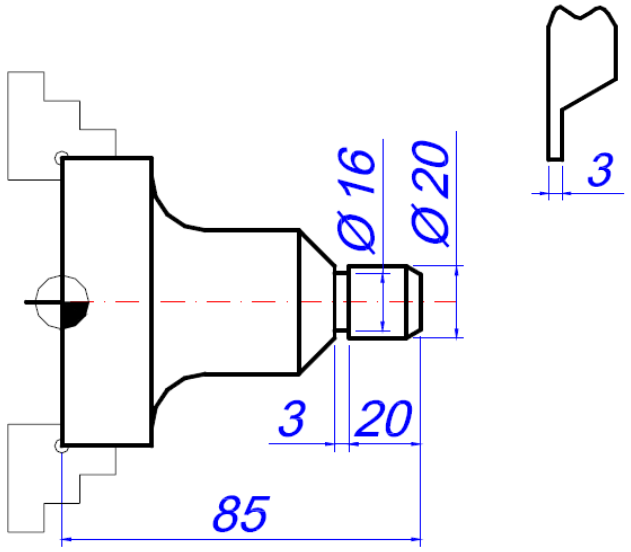
Tempo de Permanência (G04)

Em algumas situações é necessário paralisar a execução do programa por um determinado tempo (valor em X ou P).

N__ G04 X__ (segundos)
N__ G04 P__ (milésimos de segundo)

Exemplo (Torno):

```
...
N70 G0 X50 Z90;
N80 G1 X22 Z62 F1;
N90 X16 F0.08;
N100 G4 X1;
N110 G1 X22 F0.5;
...
```



Programação CNC

Plano de trabalho (G17, G18 e G19)
(usado em centros de usinagem)

Para o correto cálculo das interpolações circulares é importante que o comando da máquina conheça o plano no qual a usinagem está sendo efetuada.

É um comando sem parâmetros. Como são três os possíveis planos de trabalho, há três comandos. Não é usado em tornos pois só trabalham no plano XZ.

N__ G17 (Plano XY) ou N__ G18 (Plano XZ) ou N__ G19 (Plano YZ)

Programação CNC

Unidade de Programação (G20/G21)

G20 Programação em polegadas
G21 Programação em milímetros

É um comando sem parâmetros.

N__ G20 ou N__ G21

Programação CNC

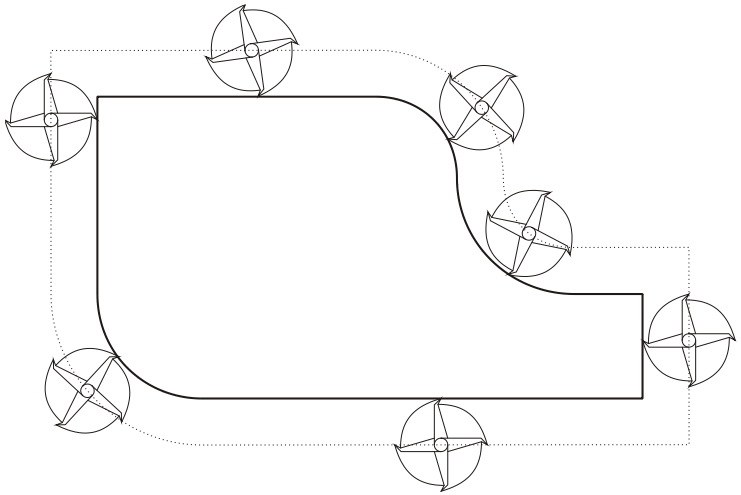
Compensação do Raio da Ferramenta (G40/G41/G42)

É usada em centros de usinagem e permite que o raio da ferramenta possa variar sem necessidade de modificar o programa.

A aplicação é apenas em ferramentas que tem corte na periferia tais como fresas de topo e fresas frontais.

Brocas, alargadores, barras de mandrilar e machos não usam compensação do raio da ferramenta.

Passos: chamar a compensação, mover a ferramenta (usinar), cancelar a compensação.

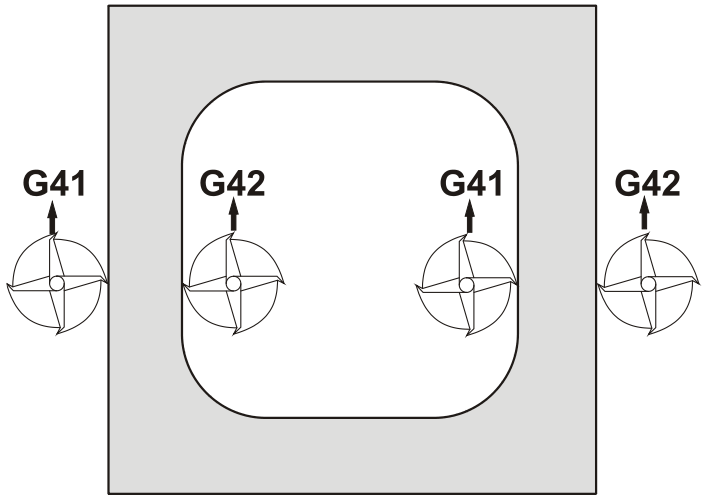


Programação CNC

G40 Desliga compensação de raio da ferramenta.

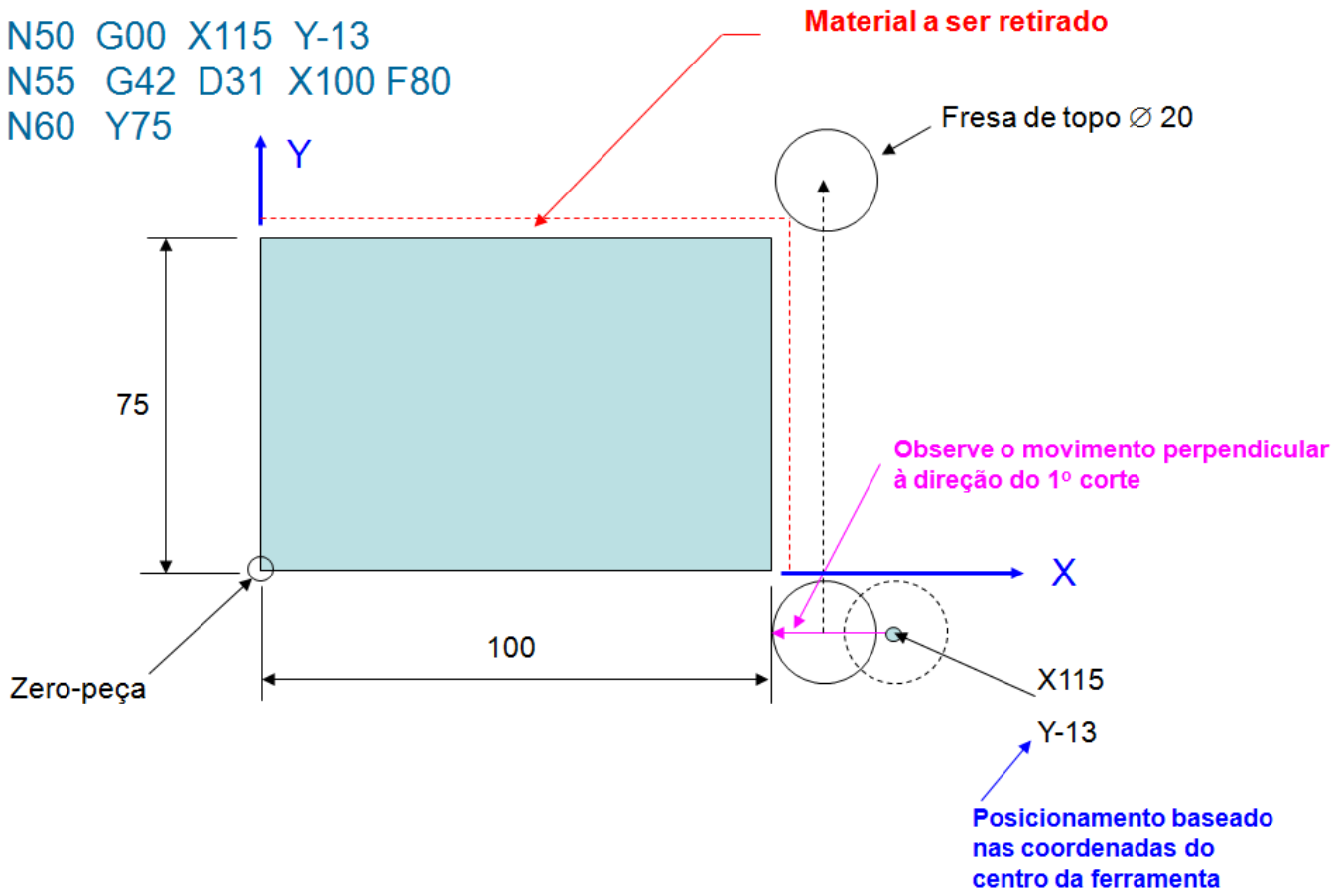
G41 Ativa compensação de raio com a ferramenta à esquerda da peça.

G42 Ativa compensação do raio com a ferramenta à direita da peça.



Deve-se olhar na direção do movimento da ferramenta para determinar se usamos G41 ou G42.

Programação CNC



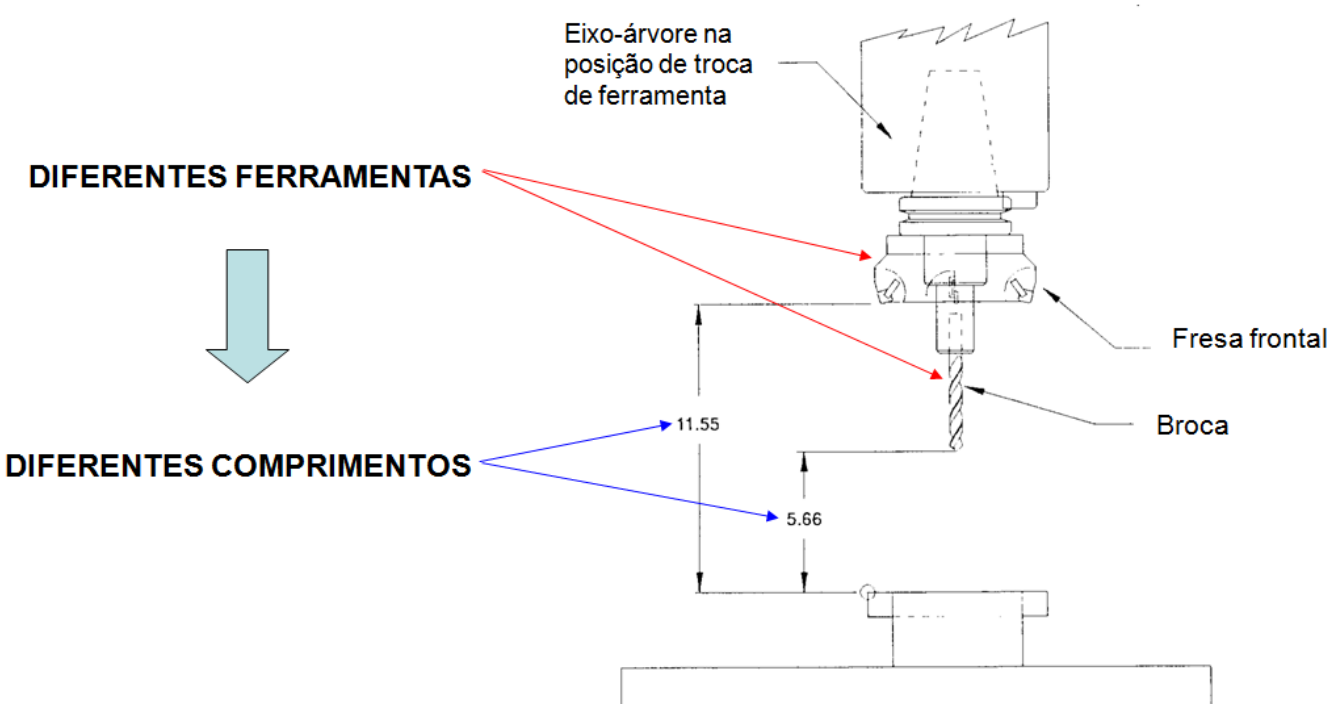
D31 é a posição da memória onde está armazenado o diâmetro (20) da ferramenta

Programação CNC

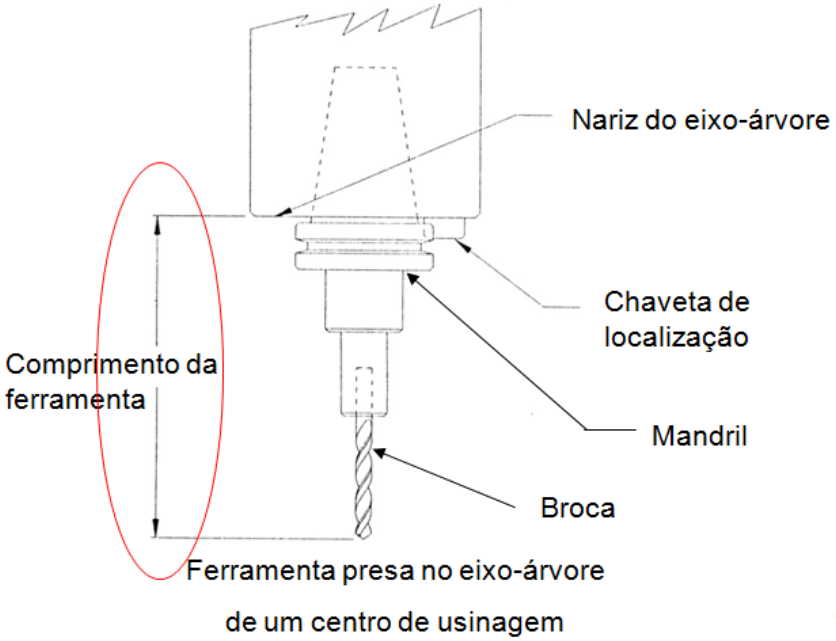
Compensação do Comprimento da Ferramenta (G43/G49)

É usada em centros de usinagem, fresadoras, furadeiras e rosqueadoras, e permite que o comprimento da ferramenta possa variar sem necessidade de modificar o programa.

Passos: chamar a compensação, mover a ferramenta (usinar), cancelar a compensação.



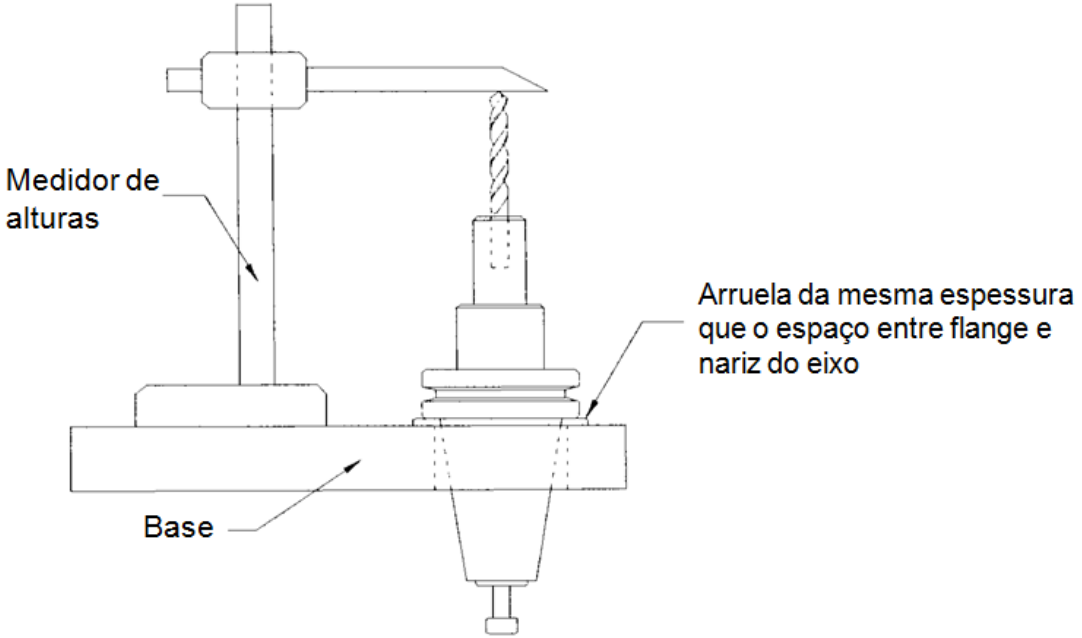
Programação CNC



Ferramenta presa no eixo-árvore de um centro de usinagem

Ferramenta montada

Medição da Ferramenta



Programação CNC

N__ G43 H__ Z__

O código H é usualmente mantido com o mesmo número da torre porta-ferramenta. Posição 1 da torre usa código 1, ou seja, H01.

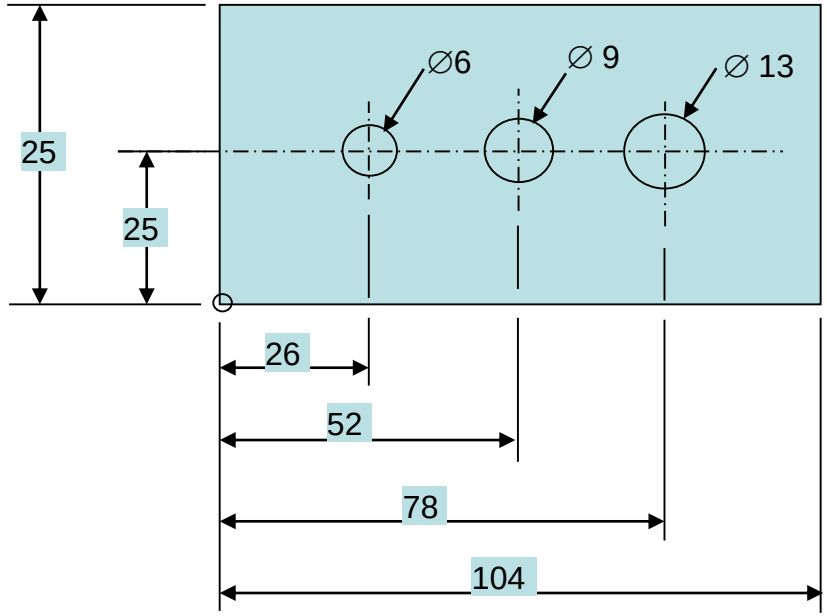
No parâmetro 01 do comando, coloca-se o comprimento da ferramenta medido.

A coordenada de Z define o ponto onde a ferramenta será posicionada (por exemplo: Z3 = 3 mm acima do zero–peça).

Deve existir um e somente um comando G43 para cada ferramenta em um programa!

G49 cancela compensação

Programação CNC



N10 G00 X78 Y25

N15 G43 H01 Z3.0 (ativar compensação, buscar offset 01, movimentar broca 3 mm acima da peça)

N20 M08 (liga fluido de corte)

N25 G01 Z-18 F125 (fazer furo de 13 mm)

N30 G00 Z3.0 M09 (sair rápido do furo, desligar fluido de corte)

N35 G49 (cancela compensação de comprimento da ferramenta)

Programação CNC

Sistema de Coordenada (G90/G91)

G90 Coordenadas absolutas
G91 Coordenadas incrementais

Um mesmo programa pode usar os dois tipos de sistemas, mas o programa deve começar em absoluto.

É um comando sem parâmetros.

N__ G90 ou N__ G91

Programação CNC

Sistema de Coordenada (G94/G95)

G94 Velocidade de avanço (mm/min ou pol/min)
G95 Avanço (mm/rot ou pol/rot)

Um mesmo programa pode usar os dois tipos de sistemas.

É um comando sem parâmetros.

N__ G94 ou N__ G95

Programação CNC

EESC · USP
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo

Cabeçalho Típico de Programa CNC

```
O0001 (Usinagem do Molde #1);
N10 G17 G21 G90 G94;
N20 G54;
N30 T01;
N40 M6;
N50 S3000 M03;
...
...
```

Programação CNC

Programa Principal

O0001 (Usinagem do Molde #1);
N10 G17 G21 G90 G94;
N20 G54;
N30 T01;
N40 M6;
N50 S3000 M03;
N60 M98 P100030
...
N200 M30

Subprograma

O0030 (Usinagem da cavidade);
N10 G91;
N20 T02;
N40 M6;
N50 S4000;
N60 G01 X10 Y10 F300;
...
N150 G90;
N160 M99;

P100030 = Executa 10 vezes o subprograma O0030

Programação CNC

EESC · USP
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo

Ciclos Fixos

Ciclo fixo é um bloco de comando que informa ao CNC como executar uma determinada operação, que, se fosse programada em comandos simples, resultaria em múltiplos blocos.

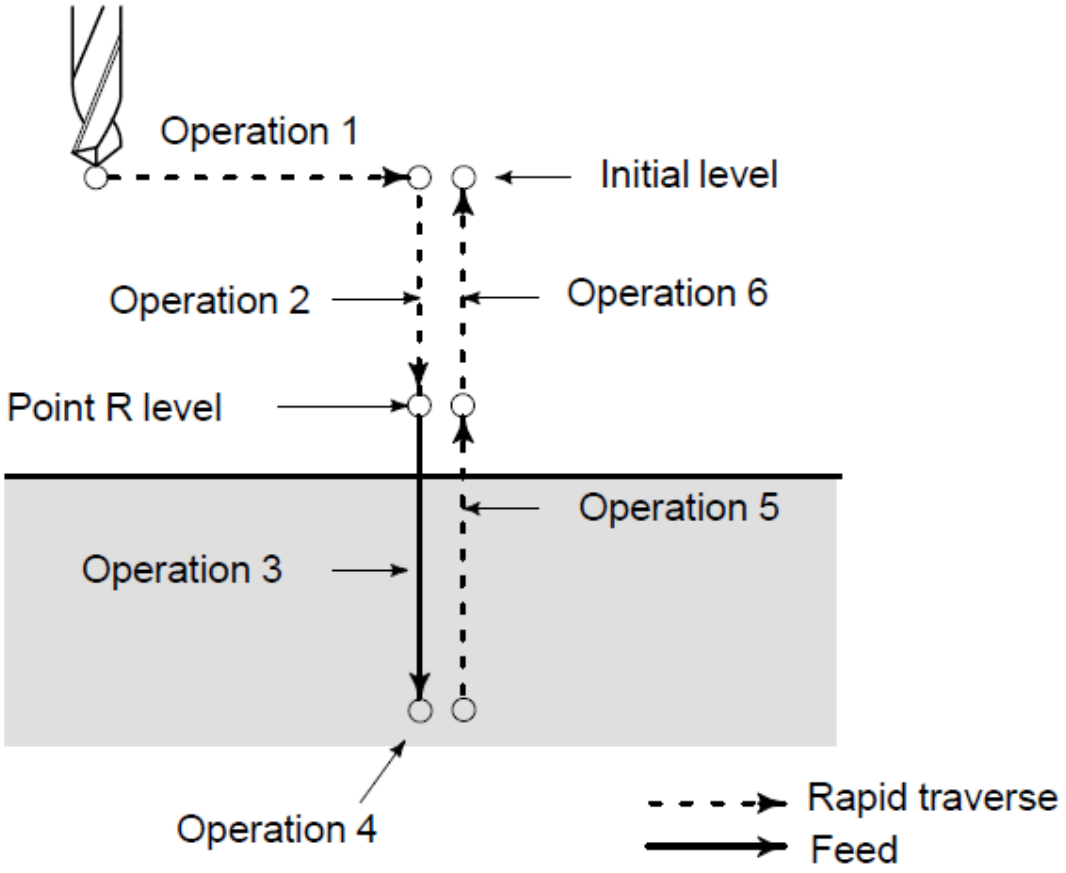
O uso de ciclos fixos simplifica a programação, reduzindo o número de blocos

Operações**:** Furação, roscamento e mandrilamento

Programação CNC

Geralmente, os ciclos fixos em centros de usinagem consistem em uma sequência de até 6 operações:

1. Posicionamento no plano xy
2. Avanço rápido em z
3. Usinagem principal
4. Usinagem complementar
5. Retorno em z
6. Retorno ao ponto inicial



Programação CNC

Furação com Quebra-Cavaco (G73)

Utilizado para operação de furação com pequenos recuos para quebra de cavaco, sem recuo ao plano R.

N__ G73 X__ Y__ Z__ R__ Q__ F__ K__

X,Y: Coordenadas do furo

Z: Nível da posição final em z

R: Nível de aproximação rápida (Ponto R)

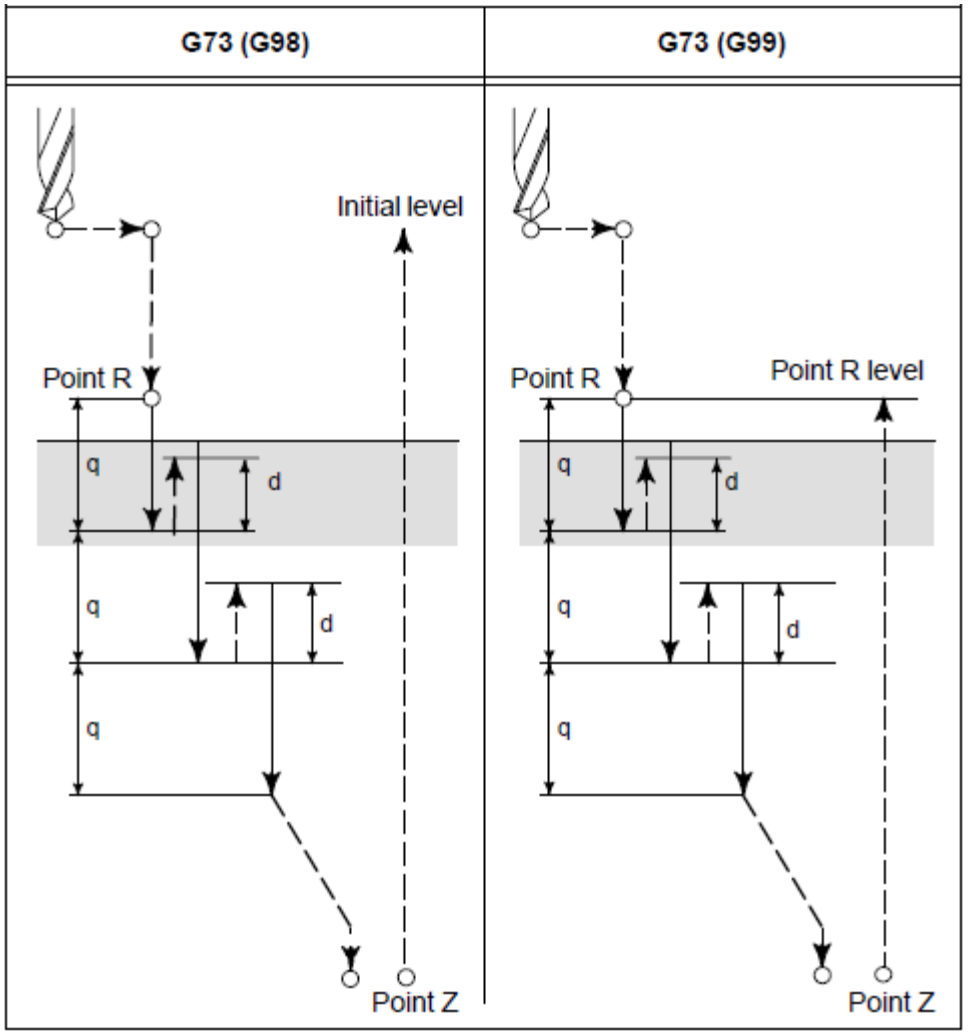
Q: Incremento de corte

F: Avanço programado para os incrementos Q

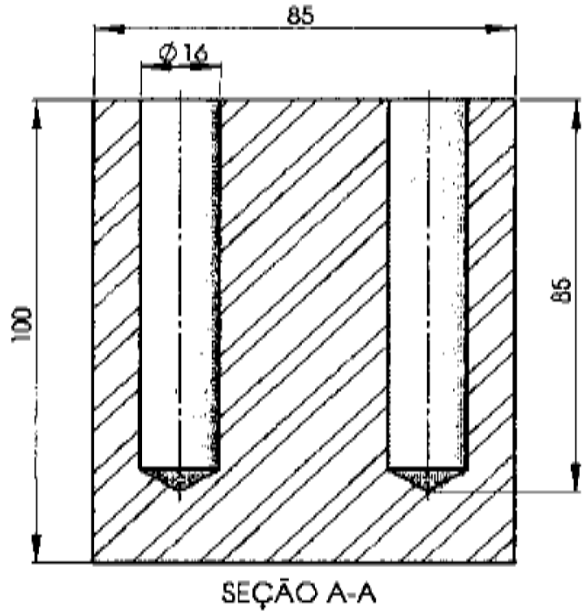
K: Número de execuções (se necessário)

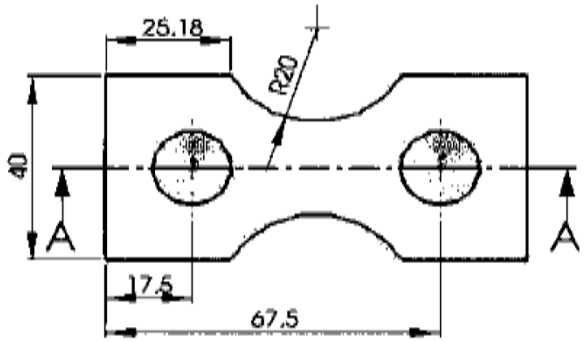
OBS: G98 (retorno ao ponto inicial) / G99 (retorno ao ponto R)

Programação CNC



Programação CNC





EXEMPLO:

O0073 (Furo);

N10 G17 G21 G90 G95;

N20 T02 (broca ∅ 16 mm);

N30 M06;

N40 G54 S3000 M03;

N50 G00 X17.5 Y20;

N60 G43 H02 Z10;

N70 G98 G73 Z-85 R2 Q10 F0.3;

N80 G49 G80;

N90 M30;

Programação CNC

Furação Contínua (G81)

Utilizado para operação de furação sem recuo para quebra cavaco.

N__ G81 X__ Y__ Z__ R__ F__ K__

X,Y: Coordenadas do furo

Z: Nível da posição final em z

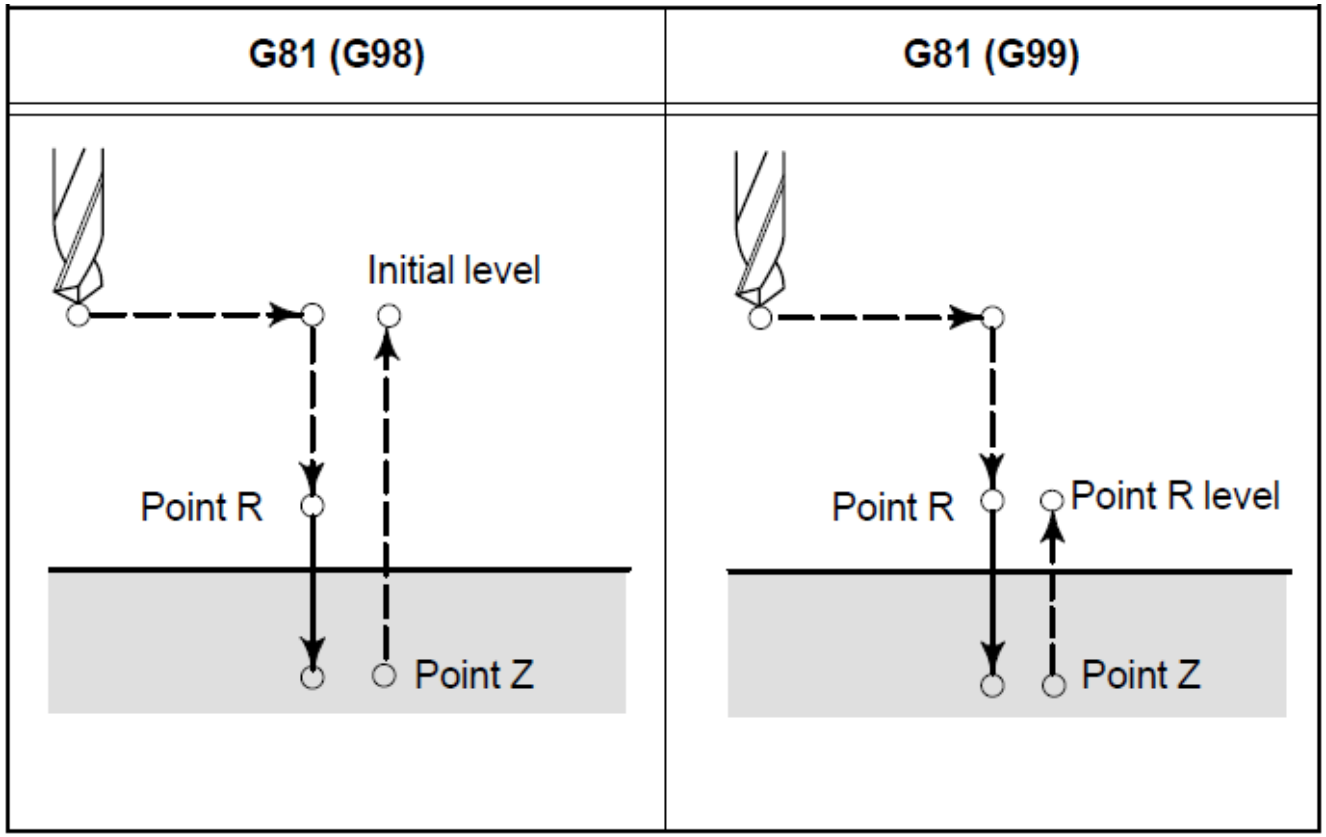
R: Nível de aproximação rápida (Ponto R)

F: Avanço programado para os incrementos Q

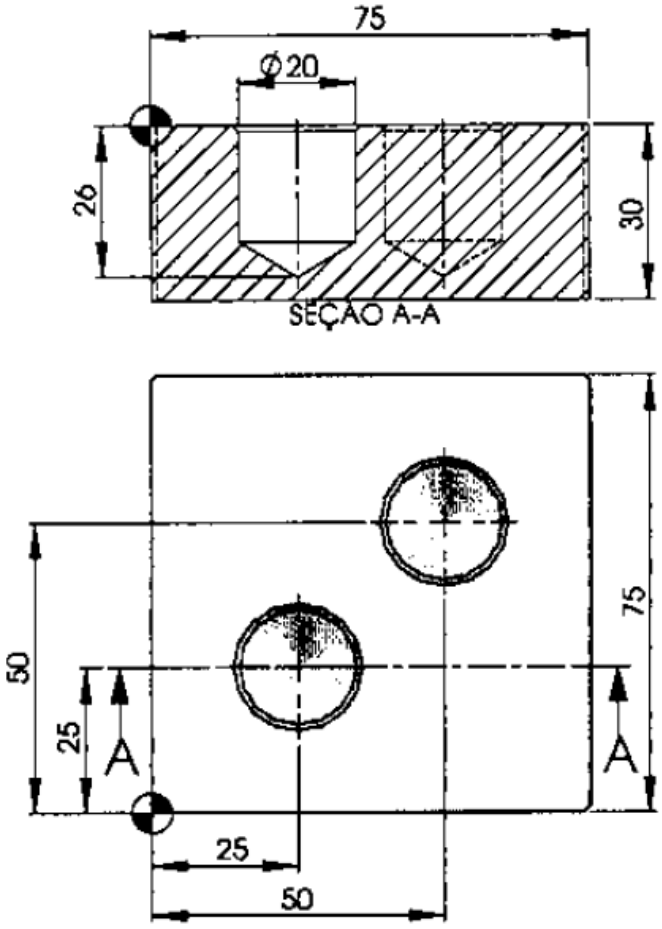
K: Número de execuções (se necessário)

OBS: G98 (retorno ao ponto inicial) / G99 (retorno ao ponto R)

Programação CNC



Programação CNC



EXEMPLO:

O0081 (Furo);

N10 G17 G21 G90 G94;

N20 T01 (broca ∅ 20 mm);

N30 M06;

N40 G54 S1800 M03;

N50 G00 X25 Y25;

N60 G43 H01 Z10;

N70 G99 G81 Z-26 R1.5 F150;

N80 G49 G80;

N90 M30;

Programação CNC

Roscamento Rígido à Direita (G84)

Utilizado na fabricação de rosca interna direita com macho de corte fixado direto na pinça.

N__ M29 S__
N__ G84 X__ Y__ Z__ R__ F__ P__ K__

X,Y: Coordenadas do furo

Z: Nível da posição final em z

R: Nível de aproximação rápida (Ponto R)

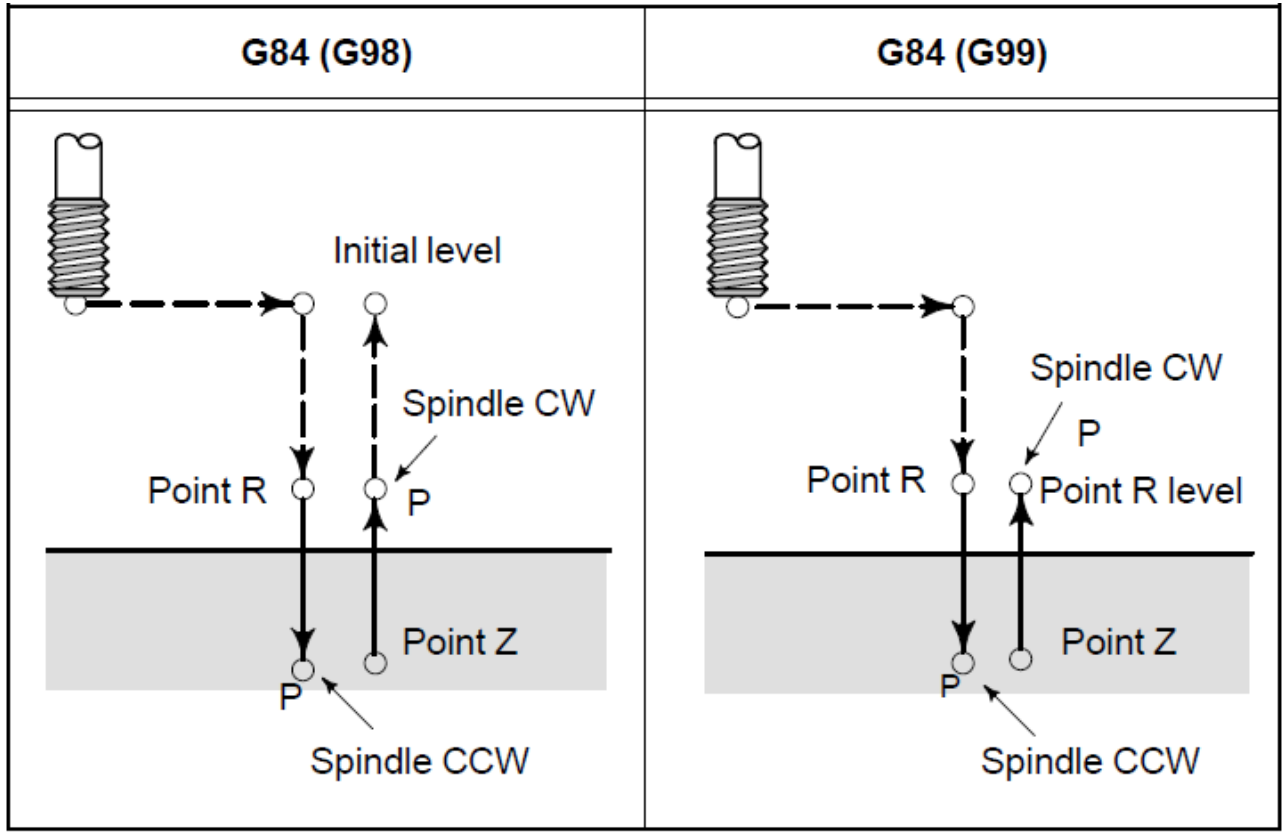
F: Avanço programado para usinagem e recuo

P: Tempo de espera (em milissegundos)

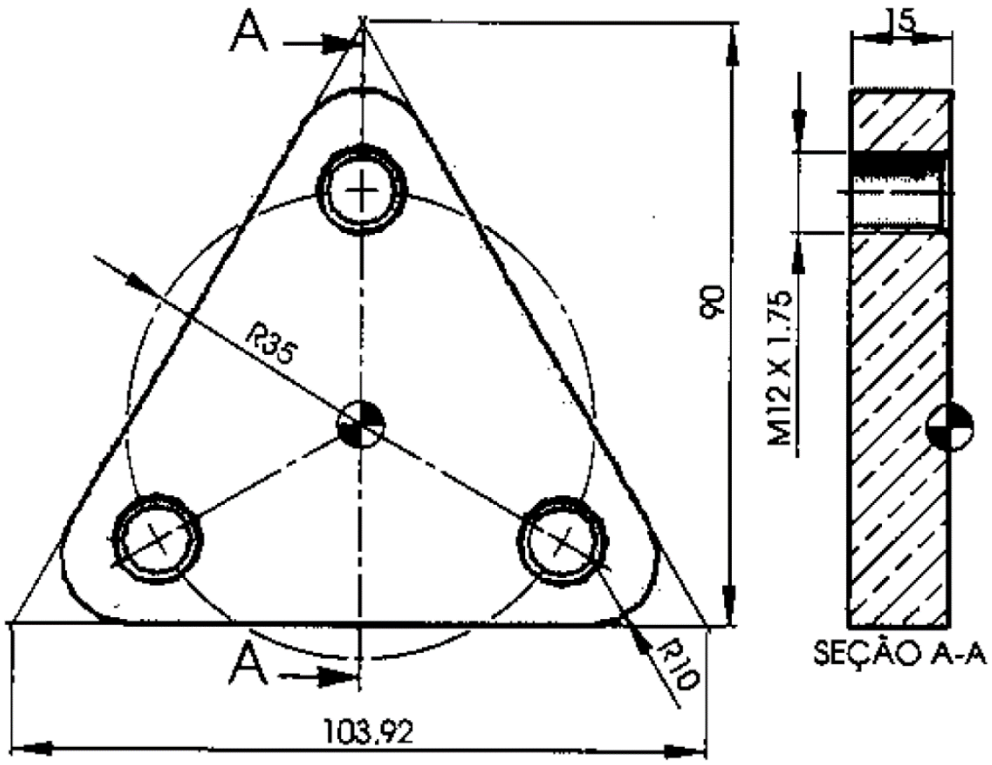
K: Número de execuções (se necessário)

OBS: G98 (retorno ao ponto inicial) / G99 (retorno ao ponto R)

Programação CNC



Programação CNC



EXEMPLO:

O0084 (Rosca);

N10 G17 G21 G90 G95;

N20 T20 (macho M12 x 1,75);

N30 M06;

N40 G54;

N50 G43 H20 Z5;

N60 G16;

N70 M29 S500 M03;

N80 G99 G84 X35 Y90 Z-18 R2 F1.75;

N90 G49 G80 G15;

N100 M30;

Programação CNC

Mandrilamento com Retorno Deslocado (G76)

Utilizado para operação de mandrilamento onde o retorno da ferramenta não toca o furo.

N__ G76 X__ Y__ Z__ R__ Q__ F__ K__

X,Y: Coordenadas do furo

Z: Nível da posição final em z

R: Nível de aproximação rápida (Ponto R)

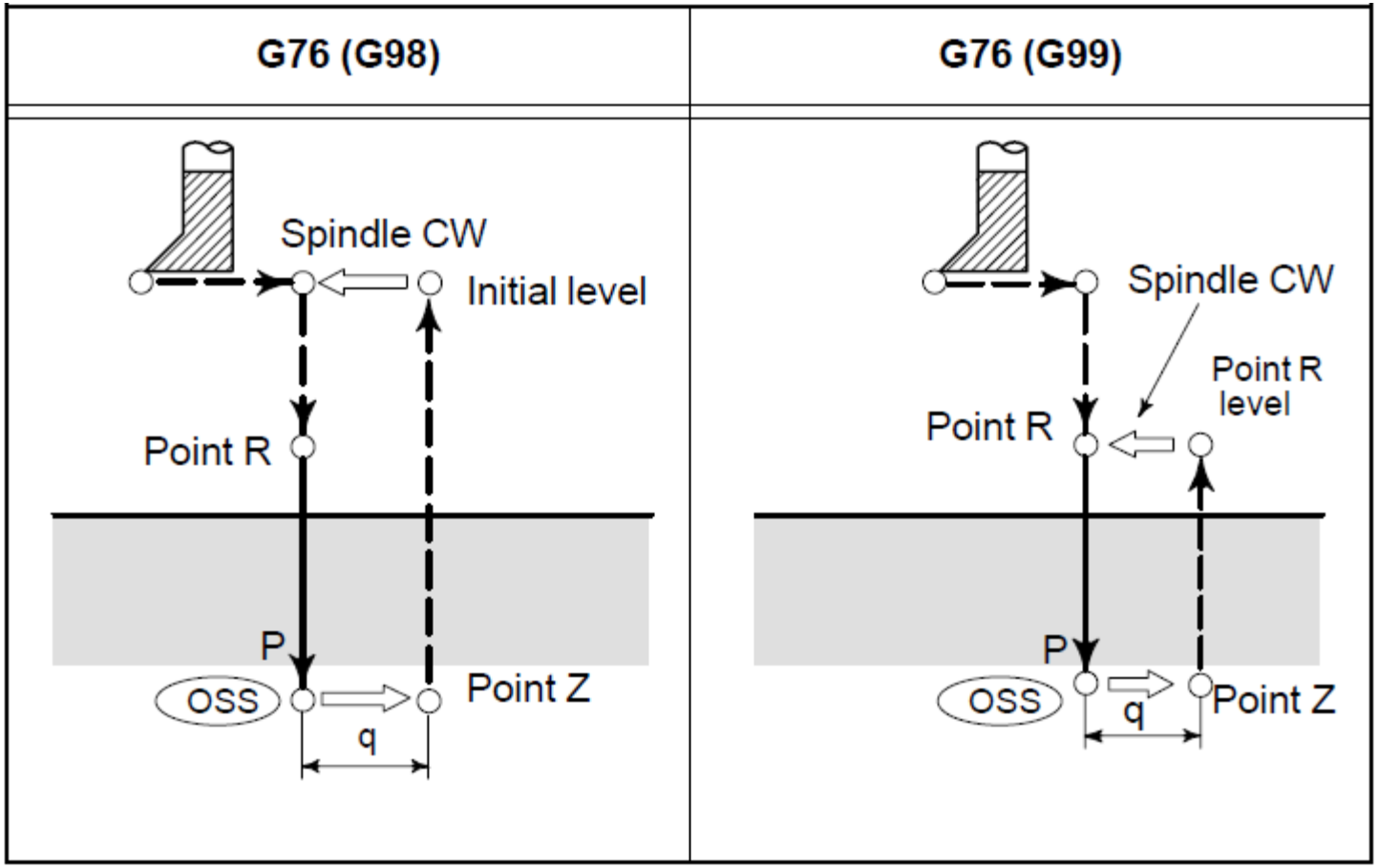
Q: Incremento da ferramenta em x

F: Avanço programado para usinagem e recuo

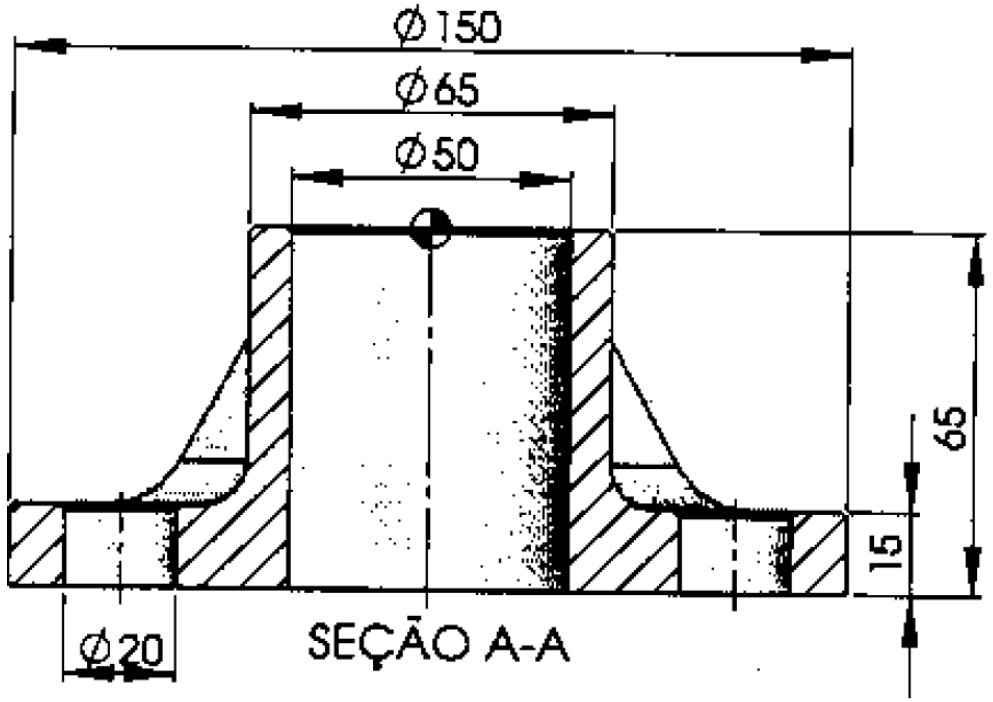
K: Número de execuções (se necessário)

OBS: G98 (retorno ao ponto inicial) / G99 (retorno ao ponto R)

Programação CNC



Programação CNC



EXEMPLO:

O0076 (Mandrilamento);

N10 G17 G21 G90 G94;

N20 T06 (barra de mandrilar);

N30 M06;

N40 G54 S800 M03;

N50 G00 X0 Y0;

N60 G43 H06 Z10;

N70 G99 G76 Z-66 R2 Q0.5 F300;

N80 G49 G80;

N90 M30;

Programação CNC

EESC · USP
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo

Parametrização

As variáveis são definidas pelo símbolo #

Pode-se atribuir valores e fórmulas

```
#1 = 10;
#2 = #1+5;
```

As coordenadas podem ser variáveis

```
N30 G1 X#1 Y#2 F100;
```

Pode-se utilizar funções matemáticas

```
#2 = SIN[#1];
#3 = SQRT[100];
```

Programação CNC

Parametrização

Funções condicionais

IF/GOTO e DO/WHILE

Operadores condicionais

EQ = Igual

NE = Diferente

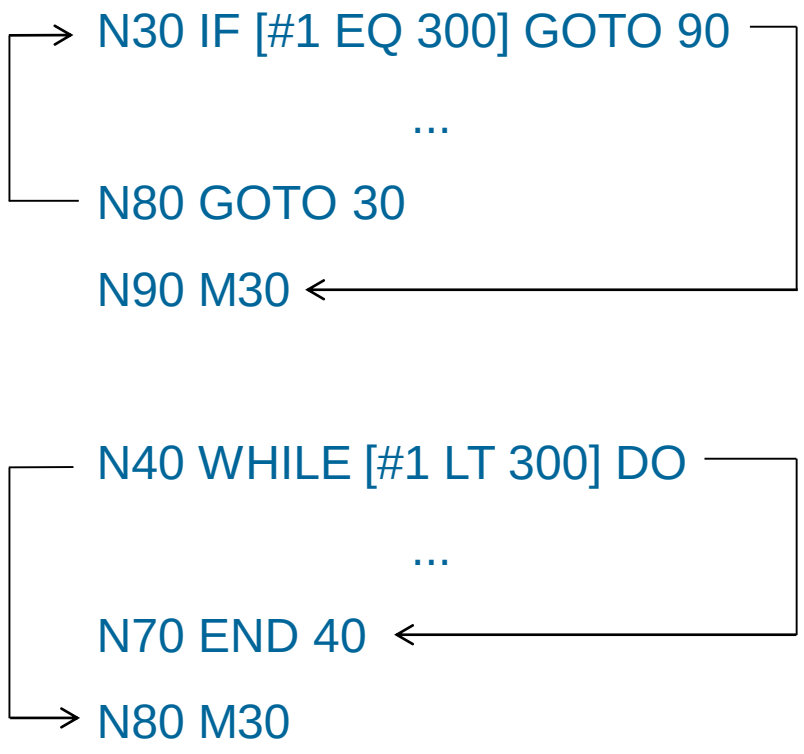
GT = Maior que

LT = Menor que

GE = Maior ou igual

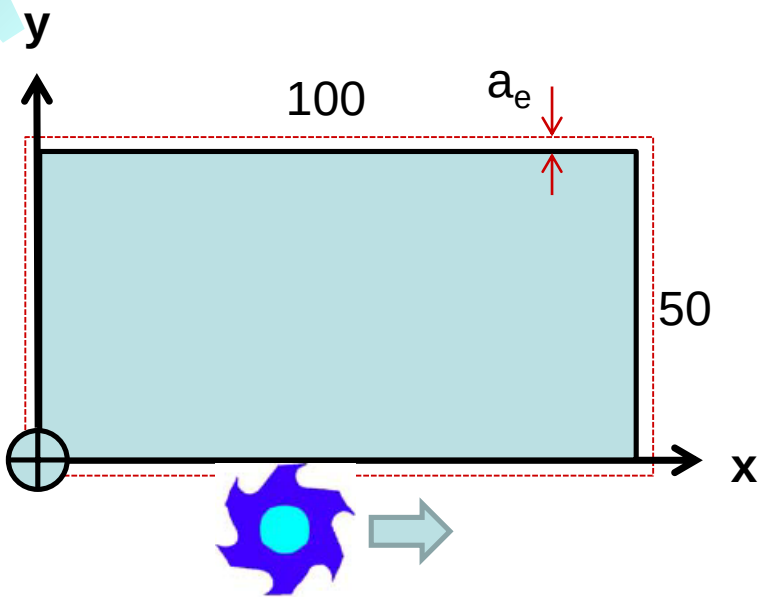
LE = Menor ou igual

Exemplos



Programação CNC

Exemplo de Programação Parametrizada




```
O0015 (Contorno);
N10 G17 G21 G40 G49 G54 G80 G90 G94;
N20 T01; (fresa de topo)
N30 M06;
N40 G42 D01;
N45 G43 H01 Z10;
N50 S500 M03;
N60 G00 X0 Y0;
N70 M08;
N80 #1 = -10; (passo em z)
N90 IF [#1 LE -50] GOTO 170;
N110 G01 Z#1 F100;
N120 X100;
N125 Y50;
N130 X0;
N140 Y0;
N150 #1 = #1 - 10;
N160 GOTO 90;
N170 M30;
```

Parâmetros de Corte

- **Rotação da Ferramenta (n)**

$$Vc = \frac{\pi \times D \times n}{1000}$$

$$n = \frac{Vc \times 1000}{\pi \times D}$$

Onde:

Vc = Velocidade de Corte (m/min)

D = Diâmetro da Ferramenta (mm)

n = Rotação da Ferramenta (rpm)

- **Velocidade de Avanço (*Va*)**

$$Va = fz \times z \times n$$

Onde:

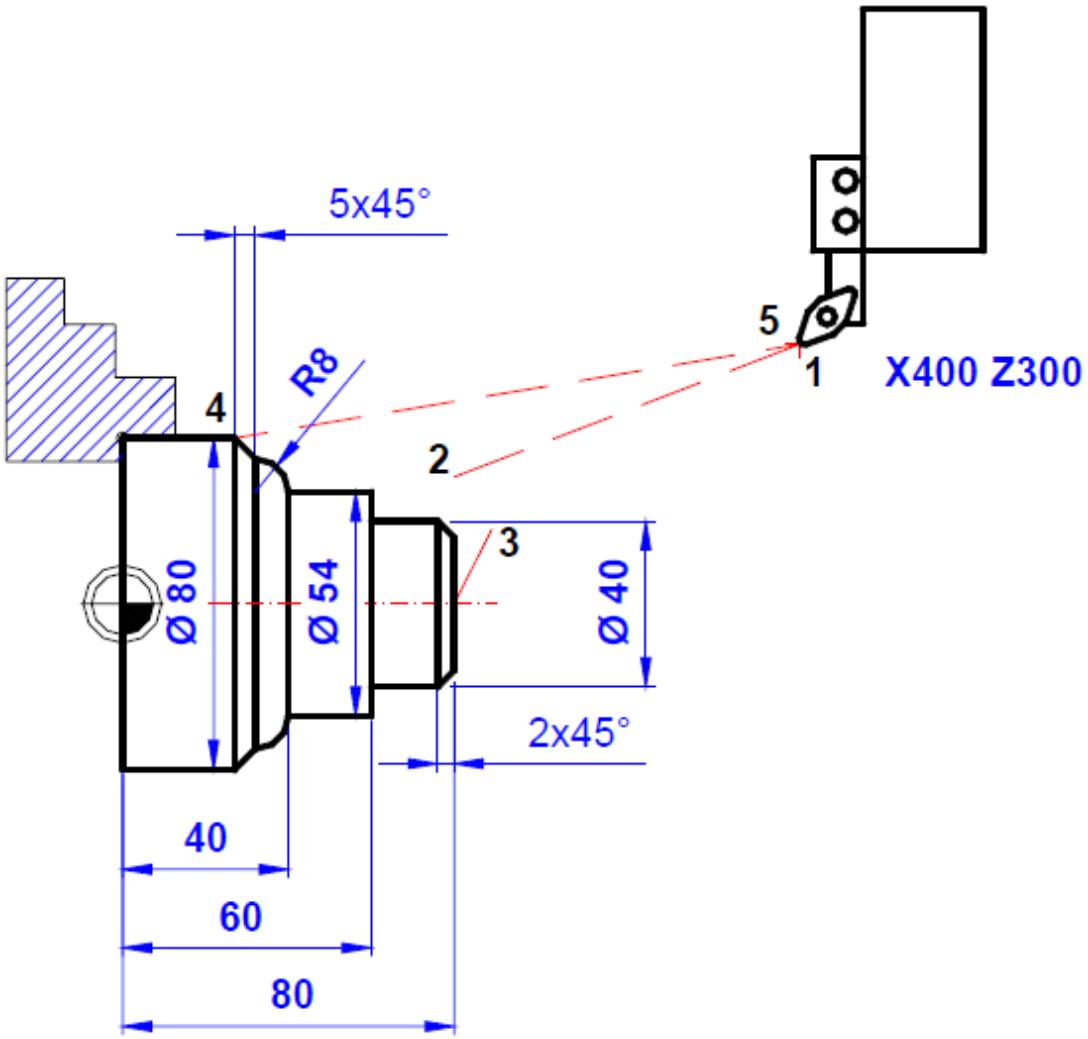
Va = Velocidade de avanço (mm/min)

fz = Avanço por Aresta de Corte (mm)

z = Número de Arestas de Corte

n = Rotação da Ferramenta (rpm)

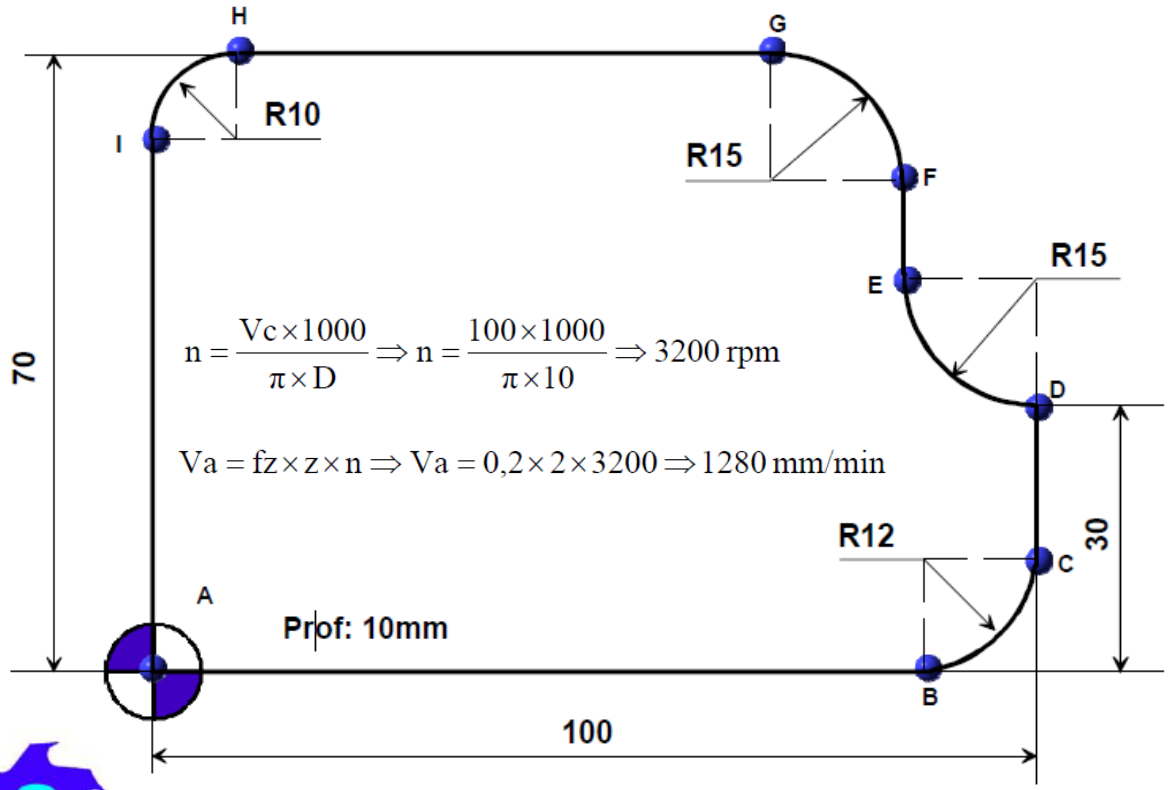
Exemplo (Torneamento)




```
O0013 (Eixo 2532);
N10 G21 G40 G90 G95;
N20 G0 X400 Z300; (Ponto 1)
N30 T0101 (acabamento r=0,8mm);
N40 G54;
N50 G96 S220;
N60 G92 S3500 M4;
N70 G0 X44 Z80; (Ponto 2)
N80 G1 X-1.5 F.3;
N90 G0 X36 Z82;
N100 G42;
N110 G1 Z80 F0.1;
N120 X40 Z78;
N130 Z60;
N140 X54;
N150 Z40;
N160 G3 X70 Z32 R8;
N170 G1 X80 Z27;
N180 G40;
N190 G1 X85 F.3;
N190 G0 X400 Z300;
N200 M30;
```

Exemplo (Fresamento)

T05 - Fresa de topo Ø 10mm
2 Arestas de corte
Vc = 100 m/min
fz = 0,2 mm




```
O0010 (Contorno Chapa);
N10 G17 G21 G90 G94;
N20 T05;
N30 M06;
N40 G54 S3200 M3;
N45 G43 H01 Z1;
N50 G0 X-10 Y-10 Z-10;
N60 G42 D3;
N70 G1 X0 Y0 F1280;        PTO A
N80 X88;                   PTO B
N90 G3 X100 Y12 R12;       PTO C
N100 G1 Y30;               PTO D
N110 G2 X85 Y45 R15;       PTO E
N120 G1 Y55;               PTO F
N130 G3 X70 Y70 R15;       PTO G
N140 G1 X10;               PTO H
N150 G3 X0 Y60 R10;        PTO I
N160 G1 Y0;                PTO A
N170 G40;
N175 G49;
N180 G0 Z100;
N190 M30;
```

Referências

Manual de Programação e Operação CNC Fanuc 21i, 198p, 2006.

Schützer. K., Helleno, A.L., Programação NC (Notas de Aula / UNIMEP).

Programação CNC 2D/3D (Notas de Treinamento / DEBMAQ)

Comando Numérico Computadorizado, SENAI “Roberto Mange”, 43p.