

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP**

**ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - EESC**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**NÚCLEO DE MANUFATURA AVANÇADA - NUMA**

**PRÁTICAS EM PROCESSOS DE PRODUÇÃO**

**PRÁTICA 2 – PRINCÍPIOS DE TORNEAMENTO CNC**



Prof. Tit. REGINALDO T. COELHO

Prof. Tit.. JOÃO FERNANDO GOMES DE OLIVEIRA

Prof. Assoc. ERALDO JANONNE DA SILVA

Fevereiro 2013

## ÍNDICE

<b>A MÁQUINA.....</b>	<b>3</b>
<b>DISPOSITIVOS DE ALIMENTAÇÃO E FIXAÇÃO DA PEÇA .....</b>	<b>4</b>
<b>AS FERRAMENTAS E SUA FIXAÇÃO.....</b>	<b>5</b>
<b>PROCESSO E PROGRAMAÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>PRÁTICA: OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE TORNEAMENTO E DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL:.....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>PROBLEMA PROPOSTO PARA A PRÁTICA.....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>ANEXO 1 - COMANDOS CNC PARA TORNEAMENTO .....</b>	<b>8</b>

## A Máquina

A descrição apresentada no texto da Prática 1 mostra bem as características mecânicas de um torno mecânico convencional. Essas máquinas evoluíram ao longo das décadas, até que ao final dos anos 60, iniciaram-se a produção dos primeiros tornos de comando numérico. A sigla CNC surgiu nos anos 70/80, com o advento do controle ser efetuado por computador e mais tarde conectado a uma rede local.

Atualmente, um torno comandado numericamente tem características básicas ainda similares às de um torno convencional, entretanto seu projeto é pensado de forma que possa operar automaticamente. Assim, as principais características desse tipo de máquina são:

- a) seus eixos de deslocamento da ferramenta, bem como seu eixo árvore, são acionados por servo motores,
- b) sua estrutura é desenhada de forma a permitir que os cavacos deixem facilmente a área de corte,
- c) seus sistemas de fixação de peças tem acionamentos automáticos,
- d) o sistema de fluido de usinagem dispõe de dispositivos especiais de forma a garantir, para cada sub-operação, que a ponta ativa da ferramenta seja atingida,
- e) suas ferramentas são montadas em um sistema que permite a troca rápida e
- f) sua operação é realizada através de programa elaborados em linguagem especialmente criada para isso e normalizada.

A figura 1 mostra imagens de tornos CNC fabricados no Brasil e a figura 2 o sistema de coordenadas padronizado:



Figura 1 – Tornos de comando numérico

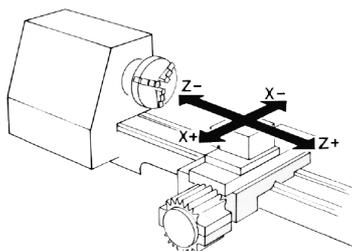


Figura 2 – Sistema de coordenadas de um torno CNC

## Dispositivos de Alimentação e Fixação da Peça

Nos tornos CNC as peças são fixadas na extremidade do eixo árvore através de placas ou pinças. A alimentação da peça pode ser manual ou automática, onde há a possibilidade de se alimentar a barra de material por dentro do eixo. Nesse caso as peças são torneadas na extremidade da barra e a operação final as corta deixando-as cair por gravidade.

O alimentador de barras tem um sistema que mantém a barra de matéria-prima apta a girar e tem capacidade de empurrá-la contra a placa sempre que for acionado. Normalmente ele é montado no mesmo alinhamento do eixo árvore da máquina.

A alimentação automática pode também ser realizada por um braço mecânico. Nesse caso, as peças são cortadas previamente à operação de torneamento. O braço posiciona as peças numa pinça a cada início de ciclo de trabalho.

As figuras 3, 4 e 5 mostram respectivamente um sistema de fixação por placa, um alimentador de barras e um braço alimentador de peças.



Figura 3 - Placa de fixação da peça em um torno CNC (seu fechamento é automático e pode ser comandado por programa)



Figura 4 – Alimentador de barras acoplado a um torno CNC

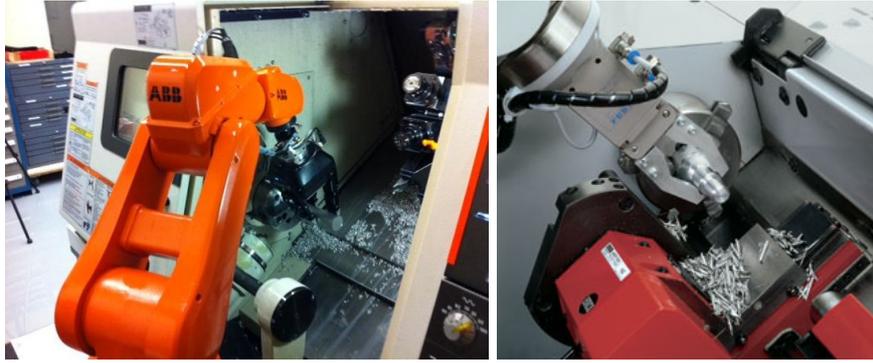


Figura 5 – Braço alimentador de peças em tornos CNC

### As Ferramentas e sua fixação

As ferramentas utilizadas em tornos CNC têm características especiais. Em primeiro lugar utilizam-se materiais com maior resistência ao desgaste, como o carbeto de tungstênio ou as cerâmicas, com o objetivo de minimizar as trocas. A ferramenta deve também ser calibrada juntamente com o seu suporte ao ser montada no torno CNC, uma vez que a posição de sua ponta deve ser reconhecida pelo sistema com erro que pode variar de 1 a 20 microns. A figura 6 mostra diversos tipos de suporte de ferramentas para torneamento externo, interno e corte:



Figura 6 – Diversos tipos de suporte de ferramentas para tornos CNC

Como o torneamento de uma peça envolve o uso de diversas ferramentas, o torno CNC tem um magazine porta ferramentas que permite a troca com um simples comando no programa CNC. A figura 7 mostra diversos exemplos de magazines de troca de ferramentas para tornos CNC.

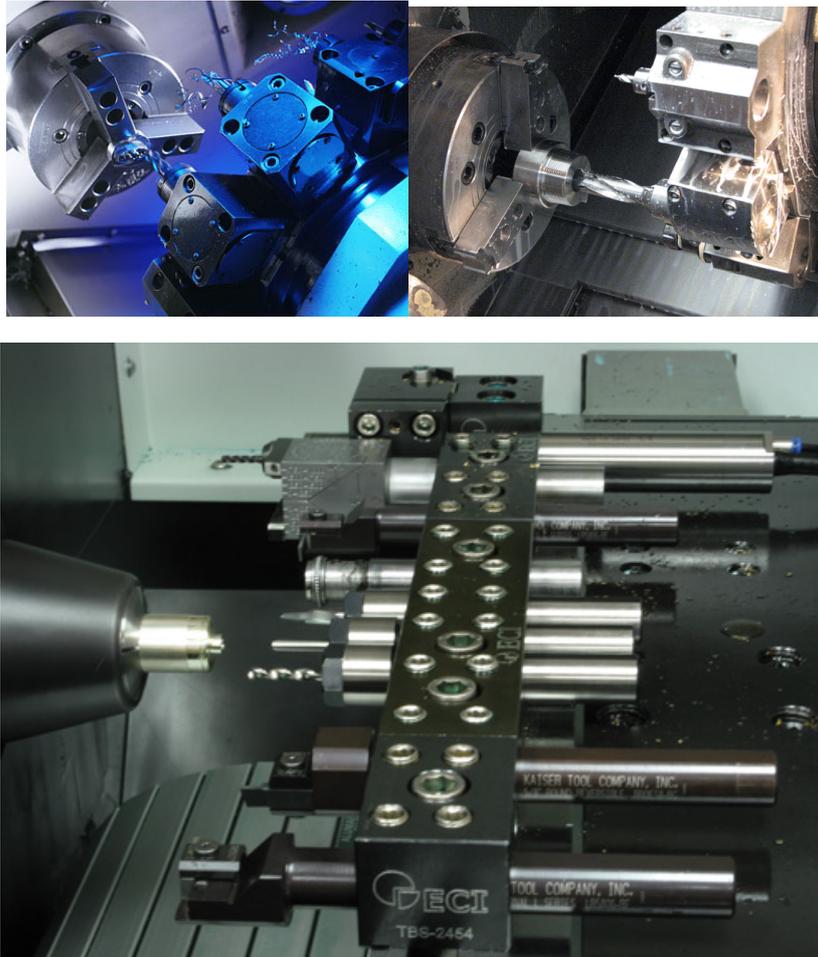


Figura 7 – Acima dois sistemas rotativos de troca de ferramentas, sendo que o da direita está realizando operação de furação. Abaixo um sistema linear de troca de ferramentas que utiliza o eixo Z do torno como indexador.

### Processo e Programação

No torneamento CNC é essencial que o processo seja totalmente planejado antes do início da produção. Para isso, especifica-se as ferramentas a serem utilizadas, calibrando-as e montando-as na máquina. O programa CNC pode então ser realizado considerando a posição de cada ferramenta no magazine. O programa pode ser realizado manualmente ou através de um sistema CAM.

A figura 8 mostra um exemplo de um programa CNC. Nele cada bloco (linha de comando) inicia-se com um número sequencial. Em seguida podem ser adicionados comandos do tipo G (Funções preparatórias destinadas a movimentar os sistemas da máquina, ligar sistemas ou definir unidades e coordenadas absolutas ou relativas), T (destinados às trocas de ferramentas), M (funções miscelânea para definição de sentido de rotações, fim de programas, parâmetros) e parâmetros do tipo F (velocidade de avanço), S (velocidade de rotação), etc. Uma lista mais completa dos comandos de um torno CNC estão mostrados no anexo 1 juntamente com exemplos de programação.

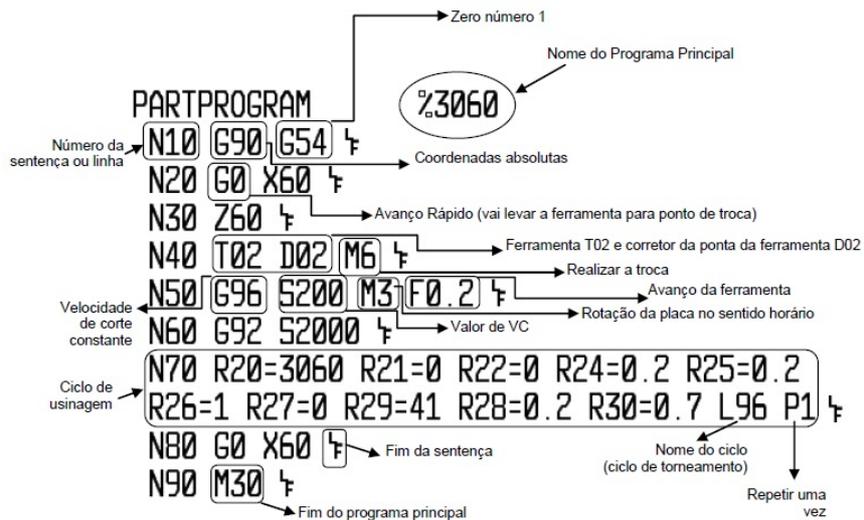


Figura 8 – Exemplo de programa CNC com comentários.

Para programar, o usuário deve idealizar uma sequência de passos que possa ser representada pelo programa. A partir daí escreve-se a sequência de blocos de forma a cumprir todas as etapas do processo. O programa precisa então ser testado e posteriormente transferido para a máquina para sua execução.

## Questões sobre o torneamento CNC

- 1) Cite três elementos ou componentes presentes no torno CNC que não estão disponíveis no torno convencional.
- 2) Como é feito o sistema de troca de ferramentas em um torno CNC?
- 3) Quais os elementos básicos que estão presentes na estrutura de um programa CNC para o torneamento cilíndrico externo?
- 4) O que difere um torno CNC de um centro de torneamento CNC?

## Anexo 1 – Comandos CNC para torneamento

Código	Função	Exemplo
G00	Interpolação linear em avanço rápido.	N... G00 X.. Z..;
G01	Interpolação linear em avanço programado.	N... G01 Z... F...;
G02	Interpolação circular em sentido horário.	N... G02 X.. Z.. R..;
G03	Interpolação circular em sentido anti-horário.	N... G03 X.. Z.. R..;
G17	Plano de trabalho em X e Y. (ferramenta paralela a Z)	
G18	Plano de trabalho em X e Z. (ferramenta paralela a Y)	
G19	Plano de trabalho em Y e Z. (ferramenta paralela a X)	
G20	Programação em polegadas.	
G21	Programação em milímetros.	
G28	Deslocamento para o zero-máquina.	N... G28 X..Z.. ;
G40	Usinagem sem compensação do raio da ferramenta.	
G41	Usinagem com compensação do raio da ferramenta à esquerda do contorno.	N... G41 X..Z.. ;
G42	Usinagem com compensação do raio da ferramenta à direita do contorno.	N... G42 X..Z.. ;
G50	Limite de rotação máxima da operação.	N... G50 S.... ;
G54	Definição do zero peça em relação ao zero máquina. (G54 até G59)	
G70	Ciclo de acabamento.	N... G70 P.. Q... F... S....;
G71	Ciclo de <b>desbaste</b> longitudinal	N... G71 U... R.... N... G71 P.. Q... U... W... F... S....;
G72	Ciclo de desbaste <b>transversal</b>	N... G72 W... R.... N... G72 P.. Q... U... W... F... S....;
G74	Ciclo de rosqueamento com macho <b>rosca</b> esquerda.	N... G74 X.. Z.. R.. F.. P.. ,R1 ;
G76	Ciclo de rosqueamento com ferramenta monocortante.	N... G76 P__ __ R.... N... G76 X.. Z.. P.. Q... R... F....;
G80	Desliga os ciclos de furação.	N... G80
G81	Ciclo de furação simples.	N... G81 X..Z.. R.. F.. ;
G82	Ciclo de Furação com faceamento.	N... G82 X..Z.. R.. F.. P.. ;
G83	Ciclo de furação profunda.	N... G83 X..Z.. R.. F.. Q.. ;
G84	Ciclo de rosqueamento com macho rosca direita.	N... G84 X..Z.. R.. F.. P.. ,R1 ;
G90	Sistema de coordenadas absolutas.	
G91	Sistema de coordenadas relativas ou incrementais.	
M00	Parada programada.	
M01	Parada programada. (opcional)	
M03	Liga a rotação da árvore em sentido horário. (CW)	N... M03 S... ;
M04	Liga a rotação da árvore em sentido anti-horário. (CCW)	N... M04 S... ;
M05	Desliga a rotação da árvore.	
M08	Liga o fluido <b>refrigerante</b> .	
M09	Desliga o fluido refrigerante.	
M43	M03 + M08	
M44	M04 + M08	
M30	Fim de programa.	