

LABORATÓRIO DE MÁQUINAS FERRAMENTAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INTRODUÇÃO AO
CONTROLE NUMÉRICO

Arthur José Vieira Porto
coordenador

SÃO CARLOS - 1985
Publicação 026/89
Reimpressão

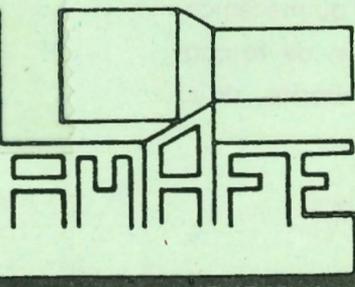
LABORATÓRIO DE MÁQUINAS-FERRAMENTAS

31100107267



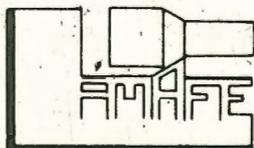
DEDALUS - Acervo - EESC

ILA



AGRADECIMENTO

AGRADECEMOS ÀS INDÚSTRIAS ROMI S.A.,
A CESSÃO DAS INFORMAÇÕES SOBRE O
TORNO A COMANDO NUMÉRICO ECN-40 E
SOBRE O COMANDO NUMÉRICO GE-1050 TZ,
PARA FINS DIDÁTICOS.



Í N D I C E

CAPÍTULO I

I - O comando numérico e sua aplicação.	
1 - Introdução.....	1
2 - Histórico.....	1
3 - O que é comando numérico.....	3
4 - Vantagem do comando numérico.....	8
5 - Recursos do comando numérico.....	13

CAPÍTULO II

II - Programação de controle numérico.	
1 - Conceitos de programação.....	16
2 - Linguagem do comando GE-1050 TZ.....	16
3 - Designação e formato das funções.....	22
4 - Sistemas de coordenadas	40
5 - Sequência necessária para programação manual	47

CAPÍTULO III

III - Exemplo de utilização de comando numérico.	
1 - Exemplo de programação.....	52
2 - Exemplo.....	54
3 - Conclusão.....	56

IV - Anexos.



I - O COMANDO NUMÉRICO E SUA APLICAÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

O comando numérico é hoje o mais dinâmico processo de fabricação, constituindo um dos maiores desenvolvimentos para a automação de máquinas operatrizes de usinagem, além de outras aplicações possíveis fora da indústria metalúrgica.

Analisando comparativamente, o C.N. representa um investimento inicial maior, porém quando bem estruturada sua aplicação, isto se compensa, devido as vantagens inerentes ao processo, que diminui sensivelmente o tempo de fabricação, material em processamento, espaço total útil, além de contribuir para a racionalização do trabalho e qualidade do serviço.

Podemos comprovar a validade da referência na aplicação de a C.N., pela demanda havida nos Estados Unidos nos últimos 15 (quinze) anos. Cerca de 80% das máquinas operatrizes que estão sendo adquiridas pelas empresas Norte Americanas, são a C.N. e com tendências de aumentar mais este emprego.

Atualmente, as palavras Comando Numérico estão sendo pronunciadas com maior frequência e já são entendidas como solução para os problemas de usinagem, especialmente de peças para as quais o uso de máquinas especiais não é justificado.

Em nosso país, o C.N. iniciou sua caminhada em direção à meta da substituição do controle convencional em máquinas-ferramenta.

2 - HISTÓRICO

O C.N. tem uma história bem atual, pois em 1950 pensava-se que a cibernética revolucionaria completamente as máquinas operatrizes de usinagem, mas não se sabia exatamente como. Inicialmente houve tendências de aplicar o computador para comando de máquinas, o que de certa forma retardou o aparecimento do C.N. Somente quando esta caminho foi abandonado principalmente em consequência de ordem econômica, abriu-se caminho para a pesquisa e desenvolvimento do que seria o C.N.



As pesquisas sobre C.N. desenvolveram-se em função da necessidade de atendimento para fabricação de peças com alto grau de complexidade e a baixo custo, usadas na indústria aero-espacial.

Através de um contrato entre uma divisão da Força Aérea dos Estados Unidos (Air Material Command) e a J.Parsons, foram projetadas e construídas máquinas programáveis capazes de produzir contornos.

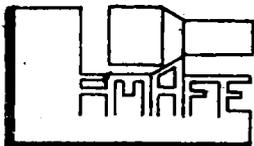
Os primeiros comandos utilizaram como meio de entrada de dados o cartão standard "IBM". O MIT (Massachusetts Institute of Technology) entrou no acordo para ajudar a refinar os comandos e máquinas, tinha as seguintes metas:

- 2.1- Desenvolver um código para fita perfurada.
- 2.2- Dotar a máquina com servo mecanismo para minimizar erros.
- 2.3- Desenvolver o sistema de leitura de fitas.
- 2.4- Desenvolver calculadoras para com os dados de entrada, comandar os eixos da máquina simultaneamente.
- 2.5- Partindo-se de uma fresadora copiadora, modificar a mesma para receber estes recursos.
- 2.6- Demonstrar que seria tecnicamente possível construir e usar estas máquinas controladas por este sistema cuja entrada de dados seria feita por fita perfurada.

Isto foi possível e em 1950 uma máquina com um eixo controlado estava em operação, em 1952 outro protótipo com três eixos controlados continuamente estava em operação.

A aplicação ainda não era significativa, pois faltava confiança, os custos eram altos e a experiência muito pequena. Na década de 60, desenvolveram-se novos sistemas, máquinas foram especialmente projetadas para receberem o C.N., dessa forma a aplicação no campo de máquinas ferramenta aumentou consideravelmente.

Este desenvolvimento chega a nossos dias com plena aprovação, satisfazendo perfeitamente em questão de confiança, experiência e viabilidade econômica.



Muitos sistemas foram experimentados e abandonados. Os cartões e as fitas magnéticas deram lugar às fitas perfuradas, e hoje vemos ressurgir a utilização de fitas magnéticas com sistemas de "cassets", e ainda recentemente já se aplica discos magnéticos para entrada de dados.

O sistema da utilização de um comando central para assistir simultaneamente várias máquinas, não teve plena aceitação no mercado; a tendência mais recente é a utilização dos comandos numéricos com mini-computadores internos (CNC) e individuais para cada máquina-ferramenta, os quais oferecem uma série de novas vantagens.

Dentre as grandes vantagens que os modernos "CNC" oferecem, podemos citar o número maior de recursos operativos e auxiliares, compactação do conjunto, maior versatilidade, etc.

Hoje também se pesquisam comandos numéricos com servo-mecanismos, que corrigem as condições de corte, avanços, velocidades, profundidade, medidas finais, acabamento, adaptando-se às condições do momento, para que fiquem dentro de um valor pré-determinado.

A história não termina, mas abrem-se novas perspectivas de desenvolvimento, que deixam de envolver somente máquinas operatrizes de usinagem, entrando em novas áreas. O desenvolvimento da eletrônica aliado ao grande progresso da tecnologia mecânica garantem estas perspectivas de crescimento.

3 - O QUE É COMANDO NUMÉRICO

No desenvolvimento histórico das máquinas, o homem sempre esteve procurando soluções que permitissem aumentar a produção, com qualidades superiores e a minimização do desgaste físico na operação (comando) das máquinas.

Assim, foram surgindo muitas soluções. No entanto nenhuma oferecia, até recentemente, a flexibilidade necessária para o uso de uma mesma máquina na usinagem de peças com configurações diferentes e em lotes de reduzido número de peças.

Um exemplo dessa situação é o caso do torno. A evolução do torno paralelo universal levou à criação do torno revolver, ao torno copiador, do torno automático e do torno com programação elétrica, os quais ganharam em produtivi



dade e na qualidade do produto fabricado. Mas, continuaram limitados na possibilidade de mudança fácil de tipo de trabalho.

A solução finalmente encontrada, consiste em dotar as máquinas de um "cérebro" (comando numérico), que tem a faculdade de ler e transformar as instruções em comandos, para os diferentes órgãos da máquina, ou em outras palavras, considerando-se a máquina como um todo, diríamos que esta "entende" um certo número de palavras e desde que só estas sejam utilizadas, o homem pode comunicar-se com a máquina.

3.1 - Definição de comando numérico.

Como definição, pode-se dizer que o Comando numérico é um equipamento eletrônico, capaz de receber informações através de entrada de dados própria, compilar estas informações e transmiti-las em forma de comando à máquina operatriz de modo que esta, sem a intervenção do operador, realize as operações na sequência programada.

Para entendermos o princípio básico de funcionamento de uma máquina-ferramenta a Comando Numérico, devemos dividi-la em três partes:

3.1.1 - Programação. - Numa primeira divisão simplista, podemos dizer que a programação envolve o desenho da peça, o planejamento de usinagem e a máquina-ferramenta a ser utilizada.

Por tratar-se de um estudo profundo, esclarecemos em outro item os principais parâmetros que envolvem a programação.

3.1.2 - Comando Numérico. - O Comando Numérico é composto de uma unidade de recepção de informações que pode ser o leitor de fitas, de fitas magnéticas, cassetts, discos magnéticos, ou alimentações direta de uma central de computação. Uma unidade calculadora, onde as informações são processadas e transmitidas às unidades de força.

O circuito que integra a máquina-ferramenta ao Comando é denominado de interface, o qual é projetado de acordo com as características mecânicas da máquina.



3.1.3 - Máquina-Ferramenta. - O projeto da máquina-ferramenta deverá objetivar os recursos operacionais oferecidos pelo Comando. Quanto mais recursos oferecer, maior versatilidade ela terá.

3.1.4 - Como exemplo, mostramos na página seguinte o esquema de funcionamento do torno a Comando Numérico Romi, modelo ECN-40.

3.2 - Tipos de Comando.

O Comando Numérico está dividido em dois grandes grupos:

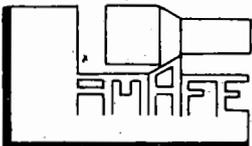
3.2.1 - Comando Numérico ponto a ponto. - Neste caso o comando garante o posicionamento segundo os eixos geométricos de uma máquina, dentro do intervalo de precisão e repetibilidade previstas, porém, em movimento rápido e sem uma trajetória pré-determinada e controlada. É aplicado em furadeiras ou mandriladoras, onde o interesse básico consiste no posicionamento exato da peça para o trabalho.

3.2.2 - Comando Numérico contínuo. - O comando numérico garante o posicionamento exato e controla a trajetória e o avanço, podendo os carros terem movimentos simultâneos e perfeitamente conjugados de modo a se obter quaisquer ângulos ou perfis circulares com qualquer raio.

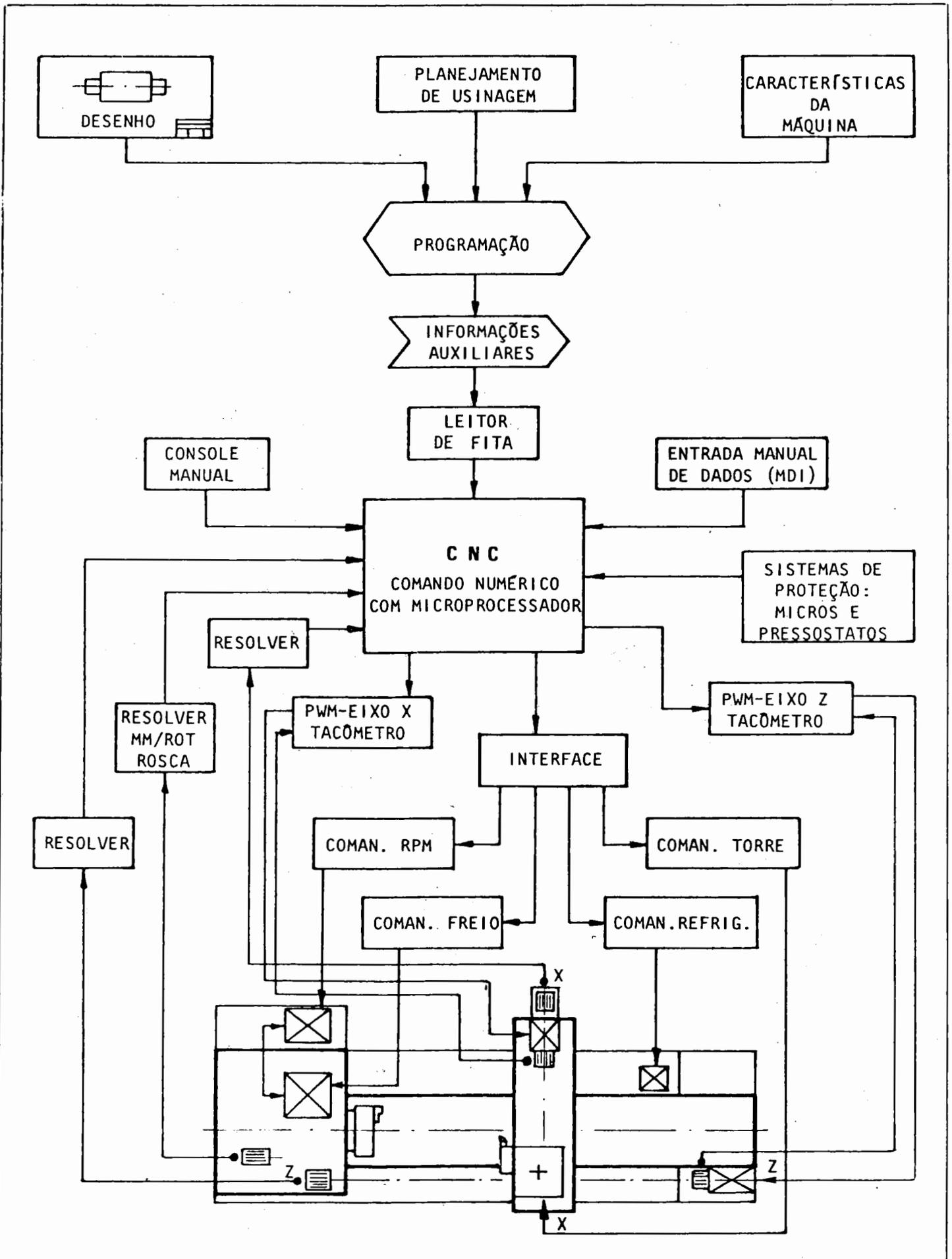
3.3 - Comandos Numéricos com Micro-Processadores.

Assim como na aviação os motores com pistão cederam lugar aos motores turbinados (os jatos), da mesma forma na aplicação do comando numérico nas máquinas operatrizes de usinagem a tendência atual constitui na aplicação dos modernos CNC em substituição aos comandos constituídos e projetados para a função específica. A grande diferença consiste em que para o primeiro caso existe um Mini-Processador interno que é o comando, portanto, se for necessário acrescer um recurso a mais no sistema, este recurso vem geralmente em forma de um programa. No segundo caso, ou seja, para os Comandos Numéricos comuns, um aumento de recurso implica em aumento de circuitos eletrônicos e componentes, em ou

tras palavras este recurso vem através de um aumento físico do comando. Por outro lado outra característi



ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DE TORNO A COMANDO NUMÉRICO



ca essencial dos CNC é sua capacidade elevada de arquivo de programa.

Voltando a comparação com a aviação tem-se que os aviões movidos à motor com pistão serão ainda usados por longo tempo, porém nos novos, estes motores já serão mais raros. Assim está ocorrendo com os CNC, que ultimamente vem substituindo os CN nas máquinas atualmente fabricadas.

Os Comandos Numéricos com Computador começaram a ser usados por volta de 1970, sendo que hoje é perfeitamente viável e economicamente vantajoso em todos os aspectos.

Os CNC começaram com a incorporação de um mini-computador. Hoje alguns tipos de CNC já não adotam mais os mini-computadores e sim os micro-processadores.

O micro-processador leva à diminuição de custo, aumento da capacidade, redução do tamanho, etc.

3.4 - Comando Numérico controlado por uma unidade Central de Computação.

Este sistema já usado por algumas empresas no mundo, é um sistema que consiste em se ter várias máquinas com CN sendo que estes CN estão ligados à um computador central o qual pode atuar de duas formas:

3.4.1 - Primeiro método. - São os chamados sistemas de Arquivo de Programa onde o Computador Central, tem em seu arquivo todos os programas feitos para as máquinas as quais estão a este interligadas. Estas máquinas portanto não possuem leituras de fitas, recebendo a informação do arquivo central, quando requisitado pelo operador. O programa vem à máquina de modo sequencial, da mesma forma que seria o caso da entrada em fita, mas neste caso não há o pequeno tempo perdido na leitura dos blocos, visto que o acesso é instantâneo.

O comando pode controlar deste modo, várias máquinas simultaneamente, operando com programas e peças diferentes. Cada máquina operatriz possui seu próprio CN sem leitora, conectado à central, que por sua vez pode estar em lugar remoto e distante.



3.4.2 - Segundo Método. - Comando Numérico Direto (DNC). Neste caso, um complexo sistema de máquina está interligado à um computador central que além de conter arquivado todos os programas, ainda controla diretamente cada máquina, englobando portanto a unidade de entrada de dados e a unidade de controle. Neste caso como todo sistema da programação está diretamente dependente do computador, aumenta-se grandemente os recursos de programação, recursos de versatilidade nas correções e os recursos operativos. Da mesma forma, a unidade central pode estar colocada em lugar remoto, cuja ligação é feita através de via telefônica ou satélite.

Este método foi aplicado em algumas empresas e existe a possibilidade de voltar a ser empregado mais largamente quando os grandes sistemas que estão sendo desenvolvidos, estiverem em atividade.

Por outro lado, os modernos CNC permitem um acoplamento muito mais fácil que os CN comuns.

4 - VANTAGENS DO COMANDO NUMÉRICO

O Comando Numérico pode ser utilizado em qualquer tipo de máquina-ferramenta. Sua aplicação tem sido maior nas máquinas que executam diferentes operações de usinagem, como tornos, fresadoras, furadeiras, mandriladoras e centros de usinagem.

Basicamente, sua aplicação deve ser efetuada em empresas que utilizem as máquinas na usinagem de séries médias e repetitivas ou que usinam peças complicadas em lotes pequenos.

A compra de uma máquina ferramenta não poderá basear-se somente na demonstração de economia comparado com o sistema convencional, pois o seu custo inicial ficará em segundo plano quando analisarmos os seguintes critérios na aplicação de máquina a C.N.

4.1 - Maior versatilidade do processo.

O grau de versatilidade de uma máquina a CN, aumenta em função dos recursos do comando.

A maior versatilidade do CN, está nas formas que se consegue obter através do uso das interpolações lineares e circulares, dispensando o uso de padrões.



Outra grande versatilidade é o grau de liberdade que existe com relação ao posicionamento e percurso da ferramenta em avanço rápido e de trabalho. Pode-se dividir o número de passadas da forma que o programador achar melhor, não se limitando à quantidades nem incrementos, e nem a cursos fixos impostos por sistemas mecânicos ou hidráulicos.

No emprego de ferramentas, se tem como consequência o uso de ferramentas não especiais, quer na forma, quer nas dimen - sões, além do emprego dentro dos parâmetros de corte possíveis de serem melhor controlados.

A medida que o comando vai se desenvolvendo e sendo a crescidos novos recursos, mais versátil se torna a máquina.

Como exemplo: corte de roscas, controle automático da velocidade de corte, etc.

4.2 - Compactação do ciclo de usinagem.

Devido a grande versatilidade, o ciclo que antes era feito em várias máquinas, se resume a uma só. Implicam desta vantagem dentre outras, as seguintes:

4.2.1 - Menor tempo de espera.

4.2.2 - Menor movimento da peça.

4.2.3 - Menor tempo de preparação da máquina.

4.2.4 - Pode implicar também em menor quantidade de dispositivos e de ferramental.

4.2.5 - Menor controle de produção.

4.2.6 - Menor controle de qualidade.

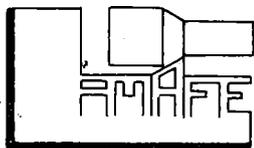
4.3 - Aumento na qualidade do serviço.

Este fator fica favorecido porque:

4.3.1 - O sistema de posicionamento controlado pe lo CN é de grande precisão.

4.3.2 - Existe a repetibilidade dentro dos limites próprios da máquina para todas as peças, uma vez feita a preparação para a primeira peça. A chance de se perder a primeira peça na preparação é reduzida a possibilidades mínimas.

4.3.3 - Independem de posicionamento com desen - gates mecânicos ou manuais.



- 4.3.4 - Maior controle sobre desgastes das ferramentas.
- 4.3.5 - Possibilidade de correção destes desgastes.
- 4.3.6 - Menor interação entre homem-máquina. As dimensões dependem quase que somente do comando e máquina.

4.4 - Rápida e econômica modificação no processo de usinagem quando da alteração do projeto.

A engenharia de produto pode efetuar modificações significativas no projeto com as seguintes vantagens:

- 4.4.1 - Não há perda do ferramental ou dispositivos.
- 4.4.2 - Protótipos mais baratos e menos expensivos.
- 4.4.3 - Resposta mais rápida sobre o produto projetado ou modificado.
- 4.4.4 - Maior velocidade na modificação do produto final, face a exigências do mercado.

4.5 - Uso racional de ferramentas.

Face aos recursos do comando/máquina, os quais executam as formas geométricas da peça, as ferramentas não necessitam de projetos especiais

- 4.5.1 - Seleção infinitesimal dos avanços.
- 4.5.2 - Profundidade de corte perfeitamente controlável.
- 4.5.3 - Redução na gama utilizável de ferramentas.
- 4.5.4 - Velocidade de corte dentro das especificações, devido a troca automática de velocidades.

4.6 - Simplificação dos dispositivos.

Devido a grande versatilidade das máquinas a CN e com relação a contornos e posicionamento, os dispositivos empregados são geralmente muito mais simples dos usados em sistemas convencionais.

4.7 - Redução do refugo.

Praticamente inexistente refugo de peças, pois todos os parâmetros que envolvem sua manufatura independem do ope



dor. O único item a ser observado são as eventuais cor
reções devido ao desgaste das ferramentas.

4.8 - Maior segurança para o operador.

Devido a participação indireta do operador na operação,
os riscos de acidente são reduzidos praticamente a zero.

4.9 - Redução na fadiga do operador.

É uma consequência natural do item anterior, onde a fun
ção principal do operador é trocar peças e efetuar eventuais cor
reções.

4.10 - Economia na utilização de operários não qualifi
cados.

Conforme visto nos itens anteriores, a interferência do
operador é mínima, portanto não há necessidade de especialização.

4.11 - Rápido intercâmbio de informações entre os seto
res de planejamento e produção.

Este intercâmbio de informações torna-se mais dinâmico
em relação ao processo convencional, pois quando se executa a usi
nagem da peça primeira vez, o programador participa da opera
ção. Caso haja ajustes a serem executados, estes são feitos ime
diatamente.

4.12 - Menor estoque de peças em razão da rapidez de fa
bricação.

Desde que a matéria prima esteja disponível, o estoque
pode ser minimizado, pois as operações do CN podem ser realizadas
de imediato.

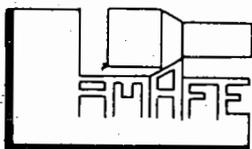
4.13 - Facilidade na confecção de perfis simples e com
plexos sem a utilização de modelo.

Graças aos recursos do comando/máquina, modelos podem
ser executados com rapidez e economia sem a interferência da habi
lidade humana.

4.14 - Uso racional do arquivo de processos.

Um dos fatores a serem comprovados durante o uso do CN,
é a relativa facilidade no arquivamento e localização do processo
de usinagem e da fita.

4.15 - Resumimos na folha seguinte os efeitos principais
e secundários advindos da aplicação do torno a C.N.



CRITÉRIOS NA APLICAÇÃO DE TORNOS A COMANDO NUMÉRICO

EFEITOS DE FABRICAÇÃO CARACTERÍSTICAS		● EFEITO PRINCIPAL ○ EFEITO SECUNDÁRIO				
		PEÇAS UNITÁRIAS	LOTES UNITÁRIOS PEQUENOS E MÉDIOS	LOTES PEQUENOS E REPETITIVOS	LOTES MÉDIOS E REPETITIVOS	LOTES GRANDES E UNITÁRIOS
VANTAGENS	RÁPIDA AMORTIZAÇÃO DO INVESTIMENTO		○	●	●	
	MAIOR VERSATILIDADE DO PROCESSO	○	●	●	●	●
	COMPACTAÇÃO DO CICLO DE USINAGEM	○	○	●	●	●
	AUMENTO NA QUALIDADE DO SERVIÇO	○	●	●	●	●
	RÁPIDA E ECONOMICA MODIFICAÇÃO NO PROCESSO DE USINAGEM QUANDO DA ALTERAÇÃO DO PROJETO	○	●	●	●	
	USO RACIONAL DE FERRAMENTAS	●	●	●	●	●
	SIMPLIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS			●	●	
	REDUÇÃO NA POSSIBILIDADE DO REFUGO		○	●	●	●
	MAIOR SEGURANÇA PARA O OPERADOR	○	●	●	●	●
	REDUÇÃO NA FADIGA DO OPERADOR		○	●	●	○
	ECONOMIA NA UTILIZAÇÃO DE OPERÁRIOS NÃO QUALIFICADOS			●	●	○
	RÁPIDO INTERCÂMBIO DE INFORMAÇÕES ENTRE OS SETORES DE PLANEJAMENTO E PRODUÇÃO			●	●	
	MENOR ESTOQUE DE PEÇAS EM RAZÃO DA RAPIDEZ DE FABRICAÇÃO			●	●	
	FACILIDADE NA CONFECÇÃO DE PERFIS SIMPLES E COMPLEXOS SEM A UTILIZAÇÃO DE MODELO	●	○			
	USO RACIONAL DO ARQUIVO DE PROCESSOS			●	●	
INCONVENIENTES	MANUTENÇÃO MAIS RIGIDA EM RELAÇÃO AS MÁQUINAS CONVENCIONAIS					
	NECESSIDADE DE UM PLANEJAMENTO CUIDADOSO, ENVOLVENDO TODOS OS PARÂMETROS DE USINAGEM					
	PROCESSISTA DE USINAGEM COM CONHECIMENTOS DE TRIGONOMETRIA BÁSICA					
	INVESTIMENTO INICIAL EM UMA PERFURADORA DE FITAS					
	MAIORES EXIGÊNCIAS NAS DIMENSÕES DA MATÉRIA PRIMA					



5 - RECURSOS DO COMANDO NUMÉRICO.

5.1 - Definição.

Como definição, tem-se que o recurso de um CN, é a capacidade de comandar uma operação da máquina, que substitua a ação direta do operador, de um dispositivo ou de um componente da própria máquina.

São também, os diversos componentes do comando, que o fazem mais versátil, mais fácil de operar ou mais comunicativo com o operador, tais como:

- 5.1.1 - Troca de ferramenta automática, que substitui a ação direta do operador.
- 5.1.2 - Possibilidade de se obter contornos em fresamento ou torneamento, substituindo a ação de um copiador.
- 5.1.3 - Possibilidade de corte de rosca em tornos que substitui a ação dos mecanismos do re câmbio e caixa de rosca.
- 5.1.4 - Versatilidade devido a possibilidade de operar em polegadas ou em milímetros.
- 5.1.5 - Facilidade de operação graças a pontos de referência fixos, que permitem "zerar" a máquina a qualquer instante.
- 5.1.6 - Comunicativo, pois, mostradores ativos durante toda a operação de execução, mostram a cada instante, todas as condições atuantes.

5.2 - O Conjunto da "Máquina Operatriz e C.N."

Um conjunto de "Máquina CN" é composto geralmente de 3 (três) unidades principais a saber:

- 5.2.1 - Parte Mecânica, formada pela máquina operatriz propriamente dita incluindo motores elétricos, sistemas hidráulicos e pneumáticos, sistemas de refrigeração, transportadores de cavacos, etc.
- 5.2.2 - Interface, é o sistema elétrico que distribui e comanda os diversos elementos da máquina



quina tais como: motor principal do eixo árvore, motor da bomba refrigerante, motores das bombas hidráulicas, comandam também abertura e fechamento de válvulas solenoides atuantes em sistemas hidráulicos e pneumáticos.

5.2.3 - Comando Eletrônico é o comando numérico que recebe as informações em seu painel e atua no "interface" que por sua vez transmite à máquina as operações requeridas.

O C.N. atua nos motores de avanço, através de uma unidade de força de comando própria, para estes motores responsáveis pelo movimento dos carros.

5.3 - Recursos Operacionais e Modos de Operação.

Para operarmos uma máquina através do C.N., podemos introduzir informações de 3 (três) maneira a saber:

5.3.1 - Manual. - Atuando nos contatores a ação é direta, pois se desejarmos ligar a árvore' no sentido horário, basta pressionarmos o botão correspondente. Na maioria das vezes, em manual se atua diretamente no "interface" ou na unidade de força do C.N. responsável pelos movimentos dos motores de avanço.

5.3.2 - Automático. - O comando somente obedece as informações escritas na fita ou armazenadas na memória, as quais inicialmente são interpretadas pelo leitor de fitas e processada na área respectiva.

5.3.3 - Entrada Manual de Dados. - Com as mesmas funções usadas para escrevermos o programa, introduz-se manualmente no painel as informações requeridas. Em outras palavras, o comando recebe as mesmas informações que poderiam ser introduzidas por fita ou outra via de entrada.



A Entrada Manual de Dados (MDI) é usada normalmente na preparação da máquina, quando se roda pela primeira vez um programa ou para introdução de um dado adicional corretivo.

OBS.: Os três modos operativos são geralmente exclusivos, tornando inoperante os outros dois, quando um está ativo.



II - PROGRAMAÇÃO DE CONTROLE NUMÉRICO

I - CONCEITOS DE PROGRAMAÇÃO

Um programa de CN pode ser definido como uma sequência lógica de informações para a usinagem de uma peça. Esta sequência deve ser escrita em códigos apropriados, de modo que o CN os interprete e emita os sinais necessários à máquina, para que es execute a operação programada.

Todo programa é composto de três funções básicas:

- Funções preparatórias (o que executar)
- Funções de posicionamento (onde executar)
- Funções complementares (como executar).

O programador tem a responsabilidade de converter os detalhes do projetista em comandos exigidos pela máquina-ferramenta, levando em conta o planejamento da peça e os métodos de usinagem.

2 - LINGUAGEM DO COMANDO GE 1050-TZ (CNC)

2.1 - Introdução.

Normalmente um programa para máquinas de CN é escrito em fitas perfuradas, sendo também viável a entrada de informações por fitas magnéticas ou cartões perfurados, a exemplo do computador. Estes dois últimos processos apresentam inconvenientes para o uso em oficinas, tendo portanto uso limitado.

2.2 - Sistema Binário de Numeração.

Sabe-se que o sistema decimal emprega a base 10 para representar um determinado número, utilizando 10 (dez) caracteres diferentes (0, 1, 2,, 9).

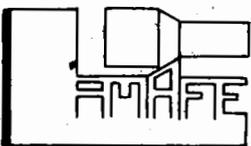
$$\text{Exemplos: } 125 = 1 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0$$

$$7349 = 7 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^2 + 4 \cdot 10^1 + 9 \cdot 10^0$$

O sistema binário de numeração é aquele capaz de representar números empregando a base 2. Embora os valores sejam os mesmos, a forma de apresentação dos números é diferente, pois este sistema utiliza apenas 2 (dois) caracteres (0 e 1).

Exemplos:

- a) O número decimal 85 tem valor binário = 1 0 1 0 1 0 1
($85 = 1 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$)



b) O número decimal 24 tem valor binário= 1 1 0 0 0
 (24=1.2⁴+1.2³+0.2²+0.2¹+0.2⁰)

QUADRO COMPARATIVO

Sistema Decimal				Sistema Binário						
				(equivalente)						
10 ³ (1000)	10 ² (100)	10 ¹ (10)	10 ⁰ (1)	2 ⁶ (64)	2 ⁵ (32)	2 ⁴ (16)	2 ³ (8)	2 ² (4)	2 ¹ (2)	2 ⁰ (1)
			1							1
			2						1	0
			4					1	0	0
			8				1	0	0	0
		2	4			1	1	0	0	0
	1	2	5	1	1	1	1	1	0	1
		8	5	1	0	1	0	1	0	1

O sistema binário de numeração é usado em todo sistema de comando, bem como em computadores.

A natureza do comando GE 1050-TZ (CNC) faz com que seus componentes se utilizem de códigos escritos na forma binária.

Os componentes do comando GE 1050-TZ (CNC) estão capacitados para duas condições, ou seja, acionados ou não acionados.

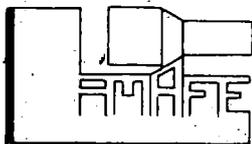
Exemplos:

- Uma chave está ligada ou desligada.
- Um relé está aberto ou fechado.
- A fita dá passagem de luz ou não dá.

A fita deve ser perfurada de tal modo, que transmita informações na forma binária. Assim, os valores escritos, sob a forma decimal, na folha de programação, aparecerão na fita no sistema binário e ativarão o comando da máquina. A fita funciona como um tradutor de idéias.

2.3 - Preparação da fita (tape) pelo processo manual.

Preparar uma fita é transferir as informações de programação para códigos (forma binária), que são entendidos pelo sistema de comando. A máquina-ferramenta responde aos sinais do sistema de comando e a peça é usinada.



2.4 - Padronização da fita.

A fita "Standard" é normalizada pela E.I.A. (Eletronics Industries Association) e I.S.O. (International Standard Organization), tendo uma polegada (25,4 mm) de largura, com capacidade para 8 (oito) canais de informação e um canal especial para a furação de arraste da leitora, o qual não possui função informativa.

Cada canal é definido no sentido do comprimento da fita e a linha é definida no sentido perpendicular ao canal.

Uma linha comporta no máximo 8 (oito) furos de \varnothing 1,80 mm, a lém do furo menor de arraste de \varnothing 1,20 mm, localizado entre os canais 3 e 4.

Cada dígito (código) é escrito numa linha, combinando convenientemente os furos nos canais, dentro do sistema binário. Isto é codificado por normas, sendo as mais usadas a EIA-RS 244-A e EIA-RS 358 (ASC II, ISO). Nos tornos Romi ECN-40, equipados com comandos GE 1050-TZ, é possível trabalhar nos 2 (dois) sistemas, bastando para isto a perfuração de 2 (dois) códigos E.O.B. antes do início do primeiro bloco informativo. A seleção é automática.

Os canais 1, 2, 3 e 4 são chamados canais principais. Utilizando-se estes canais, pode-se escrever no sistema binário os números decimais (códigos) 1, 2, 3,, 9.

Estabeleceu-se que o número zero (código zero) seja sempre perfurado no canal 6, no sistema EIA RS 244-A.

O sistema EIA-RS 244-A estabelece um número ímpar de furos em cada linha na perfuração de um código, utilizando o canal 5 para a paridade. Já o sistema EIA RS-358 (ASC-II ISO) estabelece um número par de furos em cada linha na perfuração de um código, sendo utilizado o canal 8 para o estabelecimento da paridade.

Quem determina a paridade no sistema EIA-RS 244-A é o canal 5 e no sistema EIA 358 (ASC II, ISO) é o canal 8.

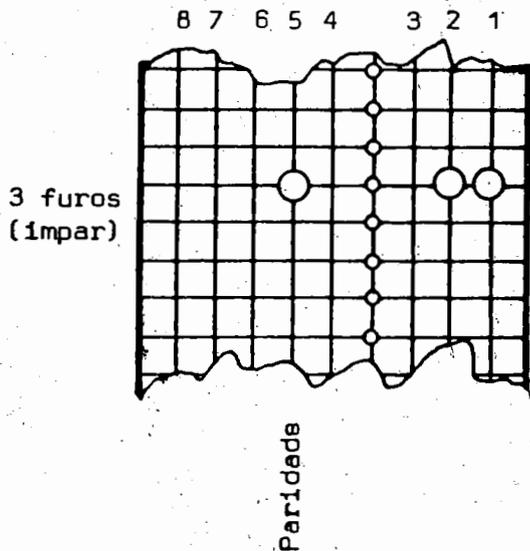
NOTA: (O comando GE 1050 TZ admite a omissão do sinal (+). Já o sinal (-) deve ser perfurado quando da preparação da fita).



Exemplo:

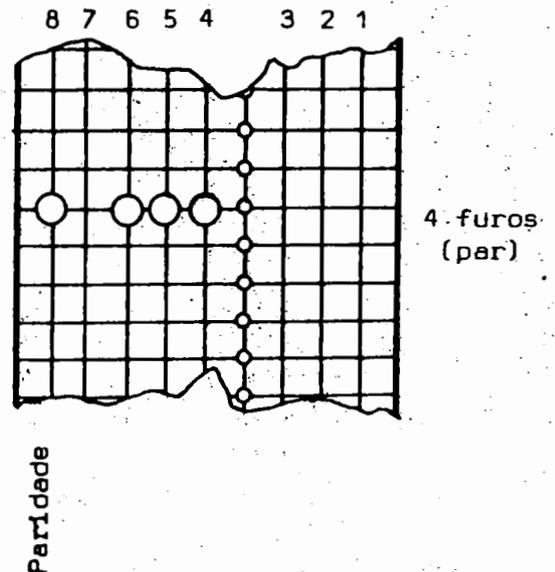
Sistema EIA RS-244-A

Perfuração do número 3



Sistema EIA 358 (ASC II, ISO)

Perfuração do número 8



Observações sobre o sistema EIA-RS 244-A:

- a) O código E.O.B. (end of Block), fim de bloco, é o único que utiliza o canal 8. Neste sistema torna-se fácil notar a separação dos blocos informativos na fita perfurada.
- b) A representação das letras (dígitos, códigos) A, B, C, D, E, F, G, H e I é feita de maneira similar à representação dos números decimais 1, 2, 3,, 9, perfurando-se também os canais auxiliares de 6 e 7.
- c) A representação das letras (dígitos, códigos) J, K, L, M, N, O, P, Q e R é feita de maneira similar à representação dos números decimais 1, 2, 3,, 9, perfurando-se o canal auxiliar 7.
- d) A representação dos códigos SLASH (Traço, S, T, U, V, W, X, Y e Z) é feita de maneira similar à representação dos números decimais 1, 2, 3,, 9, perfurando-se também o canal auxiliar 6.
- e) O código "Cancela" (Delete) é usado para anular todos os demais códigos. Este sofre perfuração nos canais 1, 2, 3, ..., 7.
- f) Caso todos os canais forem perfurados, o comando desprezará tal "código" e a leitora lerá a codificação seguinte.



PERFURAÇÃO NO SISTEMA EIA-RS-244-A

8 7 6 5 4 3 2 1	CÓDIGO	FUNÇÃO
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	numerais
	6	
	7	
	8	
	9	
	0	
	a	
	b	
	c	
	d	
	e	
	f	avanço - eixo x e z
	g	função preparatória - eixo x e z
	h	operação ciclo fixo
	i	distância do centro do arco (eixo //x)
	j	
	k	distância do centro do arco (eixo//z)
	l	
	m	funções miscelâneas
	n	número sequencial de blocos
	o	parada de referência
	p	
	q	
	r	raio p/ CSS (velocidade constante superficial)
	s	velocidade do eixo árvore (RPM)
	t	troca de ferramentas e correções
	u	
	v	
	w	
	x	distância no eixo transversal
	y	
	z	distância no eixo longitudinal
	.	ignorado pelo comando
	,	ignorado pelo comando
	/	código de omissão (omite bloco)
	+	mais (ignorado pelo comando)
	-	menos
	&	ignorado pelo comando
	Tabulação	ignorado pelo comando
	E.O.B.	fim de bloco
	Cancelar	ignorado pelo comando
	Cód. parada	parada do rebobinamento
	Espaço	ignorado pelo comando
	Espaço p/trás	ignorado pelo comando
	Maiúsculas	ignorado pelo comando
	Minúsculas	ignorado pelo comando
	% ou \$	introdução de dados no programa
	furo de guia	ignorado pelo comando



3 - DESIGNAÇÃO E FORMATO DAS FUNÇÕES

Neste ítem, temos as explicações da aplicação de cada uma das funções do comando GE 1050-TZ (CNC) adaptado ao torno RO MI ECN-40.

3.1 - Função: N
Formato: N4
Aplicação: Número sequencial de blocos

Cada bloco de informações é identificado pela função N, formado pela letra N seguida de 4 (quatro) dígitos. Assim, dizemos que N tem formato 4 (N4) admitindo capacidade para 9.999 blocos de informações (de 0001 até 9.999).

3.2 - Função: G
Formato: G2
Aplicação: Função preparatória

São funções que definem à máquina o que fazer, "preparando-a" para executar um tipo de operação (deslocamento linear, circular) ou para receber uma determinada informação. As funções preparatórias estabelecem os modos de operações, com os quais a máquina funcionará.

A função G é programada após o número sequencial de blocos (N), sendo formada pela letra G seguida de 2 (dois) dígitos (formato G2).

O comando GE 1050-TZ (CNC), possui as seguintes funções preparatórias:

3.2.1 - Função: G01
Aplicação: Interpolação linear

Este código é usado na preparação do comando para a execução de deslocamentos da ferramenta em linha reta, executando posicionamentos rápidos, torneamentos cilíndricos, cônicos e faceamentos. Cada caso de programação será estudado posteriormente com exemplos específicos.

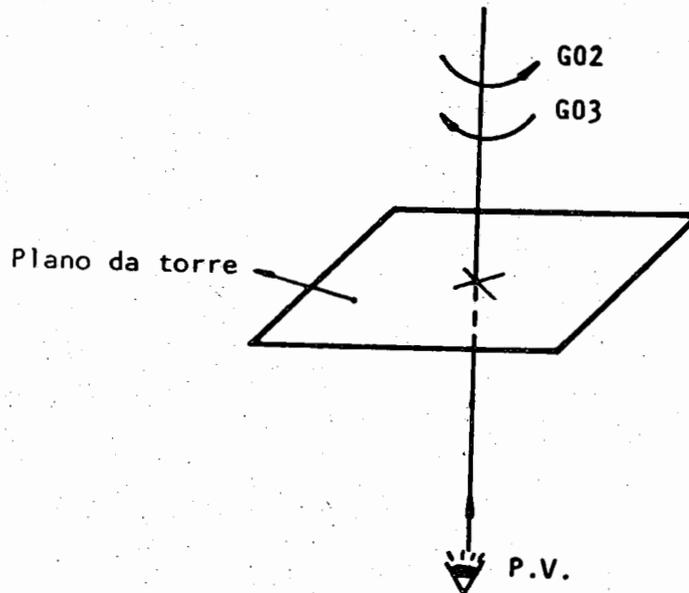
3.2.2 - Função: G02 e G03
Aplicação: Interpolações circulares

Para a usinagem de contornos circulares numa determinada peça, são utilizados os códigos G02 ou G03, dependendo do sentido em que se execute tal operação.



Observações:

- a) A norma internacional E.I.A. define os sentidos das interpolações circulares assim:
- G02 - Interpolação Circular: sentido horário
 - G03 - Interpolação Circular: sentido anti-horário
- b) No torno ROMI ECN-40, a referência dos sentidos é dada, olhando-se a torre do ferramental de "baixo para cima", conforme a figura ilustrativa.



Para a programação de um arco é necessário a colocação no mesmo bloco de informações das funções I e K juntamente com as funções X e Z. Posteriormente daremos exemplos de programação de perfis circulares para melhor entendimento.

3.2.3 - Função: G04

Aplicação: Tempo de Permanência (Dwell)

Entre um deslocamento e outro da ferramenta, pode-se programar um determinado tempo (em segundos) para repouso da mesma. Este tempo é dado pelo código G04, programado juntamente com a função X para indicar o tempo em segundos. O sinal (+) ou (-) deve sempre ser omitido. A função X neste caso, tem formato 3.4 (3 dígitos inteiros e 4 dígitos decimais). Assim, o tempo de permanência programável é da ordem de 000,0001 seg. até 999,9999 segundos.



Exemplo: G04 X1234567

1 2 3 4 5 6 7
segundos decimilésimos de seg.

o que seriam 123 segundos e 4567 decimilésimos de segundo.

3.2.4 - Função G21, G22 e G23

Aplicação: Posicionamento dentro de uma faixa
(zona)

Estas funções são similares às funções G01, G02 e G03, respectivamente. G21 executa movimentos lineares dentro de uma faixa; G22 executa movimentos circulares no sentido horário dentro de uma faixa; G23 executa movimentos circulares no sentido anti-horário dentro de uma faixa.

Essa faixa limite é pré-estabelecida no comando, sendo que, no 1050-TZ é de 0,511 mm.

Então, quando se programa G21, G22 ou G23 antes que a ferramenta atinja a coordenada programada, ou seja, o ponto de chegada pré-estabelecido no programa, faltando para tal 0,511 mm (limite pré-estabelecido), o comando passa a executar os movimentos nos dois eixos realizando a operação programada (G21, G22 ou G23) com um chanfro, ou um arco no sentido horário ou anti-horário, respectivamente. Estas funções facilitam as programações de arcos e chanfros eliminando cantos vivos que não possuem especificações no desenho.

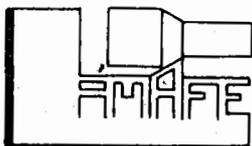
3.2.5 - Função: G33

Aplicação: Abertura de Roscas

Há possibilidades de se abrir roscas paralelas, espirais na face e roscas cônicas, utilizando-se a função G33. A precisão da rosca é dada pelo sincronismo entre a rotação do eixo-árvore com o movimento do carro, feito por um dispositivo "contador" acionado pela função G33, quando programada.

Será sempre possível a abertura de roscas no ECN-40, desde que a velocidade dos carros não ultrapasse 5000 mm/min. A velocidade da árvore pode ser estabelecida pela fórmula:

$$\text{RPM} = \frac{5000 \text{ mm/min}}{\text{Passo da rosca}}$$



A função G33 utiliza as funções I e K para a programação do passo da rosca: I para abrir roscas ao longo do eixo X tendo o formato I 2.4 (2 dígitos inteiros e 4 decimais) e K para abrir roscas ao longo do eixo Z tendo o formato K 2.4 (2 dígitos inteiros e 4 decimais). Para a usinagem de roscas cônicas, I e K são utilizadas juntamente com G33, sendo que os exemplos de programação serão posteriormente apresentados. O máximo valor programável para I e K é de 99,9999 mm.

No comando GE 1050-TZ (CNC) a programação de roscas torna-se simples devido o mesmo possuir a capacidade de repetição de ciclo (ciclo fixo), havendo a necessidade de programação do nº de passes desejados e os pontos de partida e chegada da ferramenta. Posteriormente serão apresentadas as considerações sobre tais recursos, como também exemplos de programação do ciclo fixo.

3.2.6 - Função: G34 e G35

Aplicação: Variação da direção linear (em um único eixo), na abertura de roscas.

Tanto G34 como G35 são utilizadas na programação de roscas com passos variáveis. G34 determina a variação linear crescente em um único eixo (X ou Z) e G35 a variação linear decrescente em um único eixo (X ou Z).

Quando se desejar a programação de passos crescentes usa-se G34 e decrescentes G35. Faremos poucas considerações sobre tais funções devido sua pouca utilização na indústria. Casos específicos serão estudados separadamente

3.2.7 - Função: G70

Aplicação: Admite programa em polegadas

Esta função prepara o comando para computar todas as entradas de dados em polegadas. É programada no início de cada programa.

3.2.8 - Função: G71

Aplicação: Admite programa em milímetros

Esta função também prepara o comando para computar todas as entradas de dados em milímetros. É programada no início de cada programa.



3.2.9 - Função: G83

Aplicação: Prepara ciclo fixo.

Esta função ativa o ciclo fixo e introduz o in cremento (prof. de corte) nos movimentos requeridos em X ou Z pa ra cada passo. O formato das funções X e Z neste caso é ± 3.3 , onde os valores dos incrementos variam de 0 (zero) a 999,999 mm. Também é utilizada juntamente com esta função o código h, possuindo o formato h_2 , e que define o número de passes estabelecido na u sinagem de uma peça.

3.2.10 - Função: G84

Aplicação: Prepara adição do ciclo fixo.

Este código prepara o comando a dar continuidade de com o ciclo fixo, quando há necessidade de um passo adicional ou passos com diferentes profundidades de corte.

Neste caso as funções X e Z também são utiliza das tendo o formato 3.3 para a programação do incremento desejado, juntamente com a função h para o nº de passes (formato h_2).

3.2.11 - Função: G90

Aplicação: Programação em coordenadas absolutas

Este código prepara a máquina para executar o perações em função de coordenadas absolutas, tendo uma origem fi xada para programação. Esta função é programada no início de ca da programa.

3.2.12 - Função: G91

Aplicação: Programação em coordenadas in cre mentais.

Este código prepara a máquina para executar to das as operações em coordenadas incrementais. Assim, todas as me didas são feitas através da distância a se deslocar. Neste caso a origem das coordenadas de qualquer ponto é o ponto anterior ao deslocamento. Esta função, quando solicitada, deve ser progr ama da no início de cada programa.

3.2.13 - Função: G92

Aplicação: Estabelece origem do sistema de co ordenadas absolutas.

Se o trabalho for executado em coordenadas ab



solutas, deve-se estabelecer um ponto de partida (origem). Este ponto é estabelecido pela função G92, para que o comando tenha a origem do sistema, na memória para os cálculos nos posicionamentos. Para cada ferramenta, estabelece-se uma nova origem, pois suas dimensões diferem devido o tipo de suporte e inserto utilizado na montagem. Exemplos de determinação de origens serão mostrados posteriormente.

3.2.14 - Função: G94

Aplicação: Estabelece programa de avanço em polegadas/min ou mm/min.

Esta função prepara o comando para computar todos os avanços em polegadas/min ou mm/min, sendo o modo escolhido através do formato da função de avanço F, onde F 3.2 estabelece o formato para polegada/min e F 4.1 para milímetros/min.

3.2.15 - Função: G95

Aplicação: Estabelece programa de avanço em polegadas/rot ou mm/rot.

Esta função prepara o comando para computar todos os avanços em polegadas/rotação ou mm/rotação, sendo o modo escolhido através do formato da função de avanço F, onde F 04 estabelece o formato para polegada/rot e F 1.3 para milímetros/rot.

3.3 - Função: X e Z

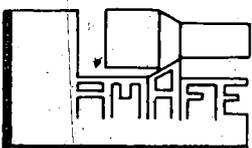
Formato: $X \pm 4.3$ e $Z \pm 4.3$

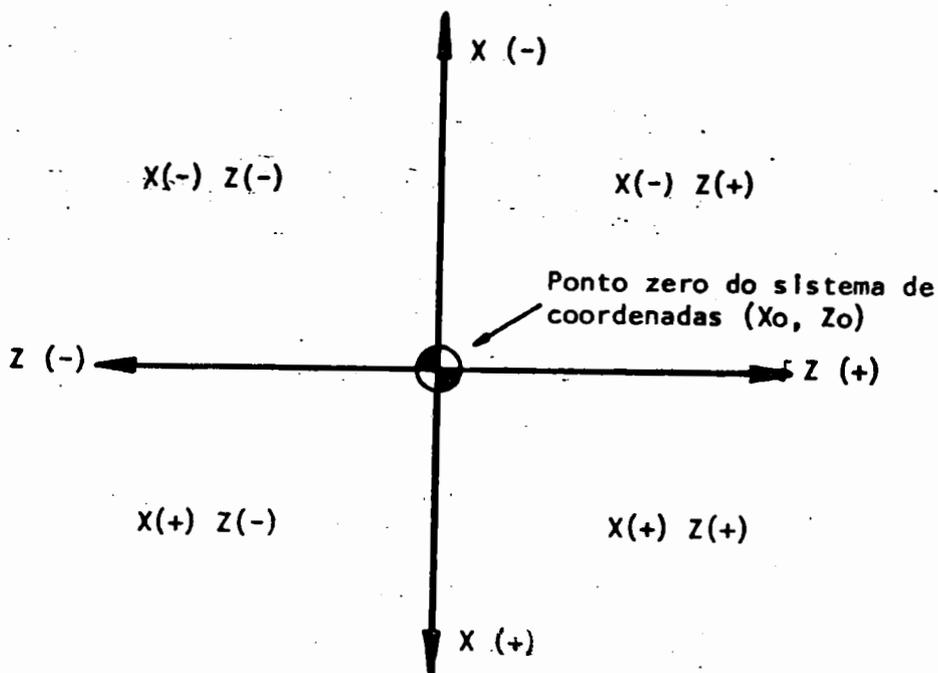
Aplicação: Funções de posicionamento.

As dimensões das peças a serem usinadas podem ser obtidas no ECN-40 através de 2 (dois) eixos. Um define os comprimentos (eixo Z - longitudinal) e o outro define os raios (eixo X - transversal).

Tanto a função X como a função Z admitem formato 4.3 (4 inteiros e 3 decimais) no sistema métrico e 3.4 (3 inteiros e 4 decimais) no sistema em polegadas. A máxima dimensão programável é $\pm 9999,999$ milímetros e a mínima é de $\pm 0,002$ mm. Na programação das funções X e Z, o sinal (+) pode ser omitido, mas o sinal (-) deve ser introduzido, significando que as coordenadas

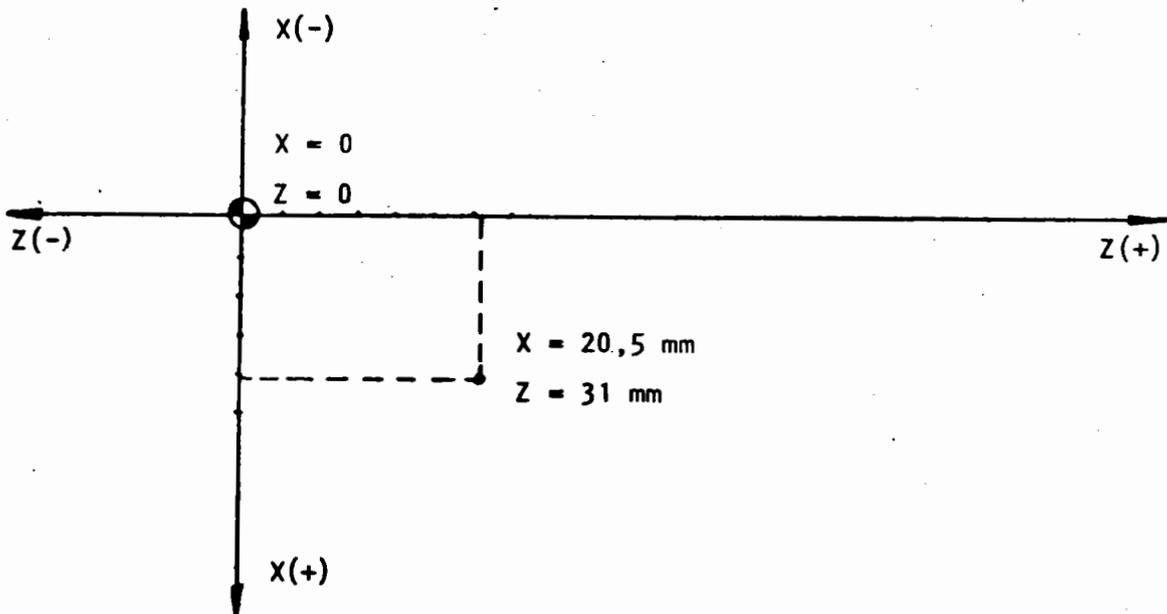
pertencem ao campo negativo, como mostra a figura a seguir.





Exemplo:

Quer-se a ferramenta afastada de 20,5 mm em X (raio de 20,5 mm) e 31 mm em Z, no lado positivo. Temos então:



NOTA: Os zeros que seguem o último algarismo significativo podem ser omitidos, tanto para X como para Z.



3.4 - Funções: I e K

Formato: I4.3 e K4.3

Aplicação: Estabelecem coordenadas do centro do arco

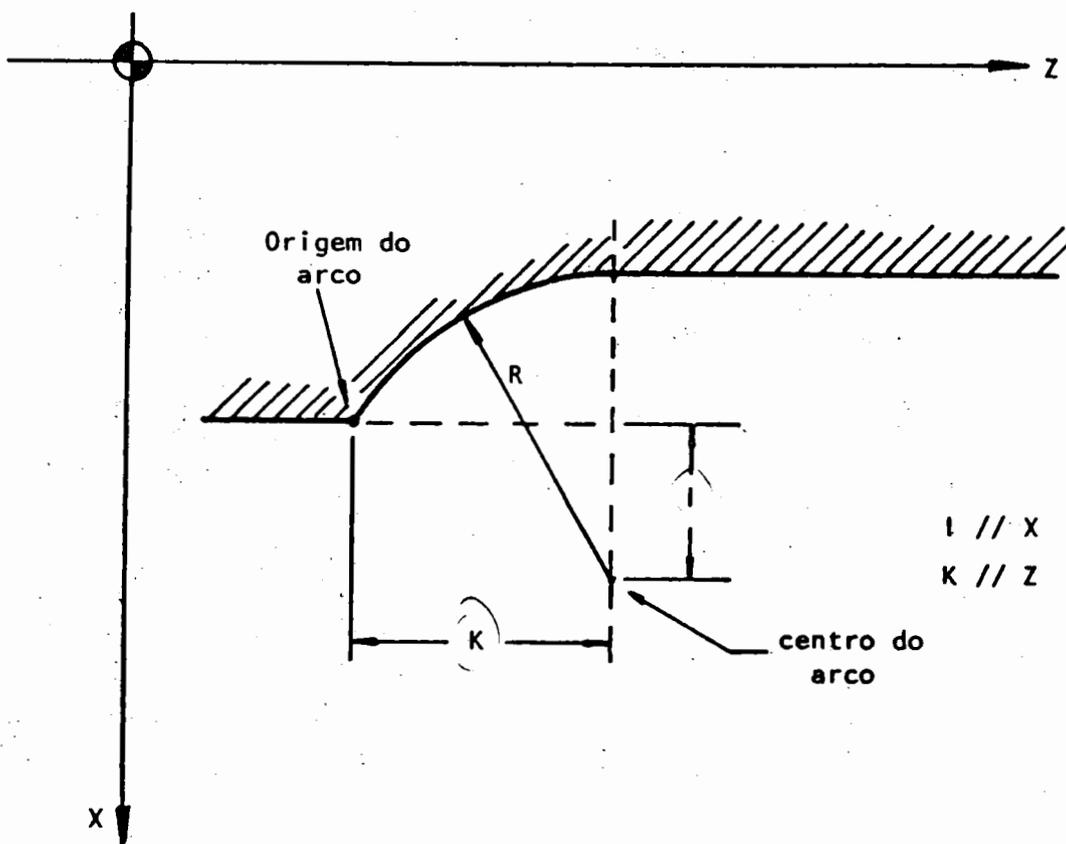
Na usinagem de um arco, a ferramenta deve caminhar de um ponto inicial até um ponto final, com coordenadas em X e Z.

Por estes dois pontos podem passar infinitos círculos. O centro do arco que se quer usinar é definido pelo cruzamento dos eixos auxiliares I e K, onde:

I é paralelo ao eixo X

K é paralelo ao eixo Z

Então I e K determinam a distância da ponta da ferramenta até o centro do arco que se quer usinar, no ponto inicial, ou seja, de origem do arco (vide figura ilustrativa). Ambas tem formato métrico 4.3 (4 inteiros e 3 decimais).



NOTAS: 1 - a programação da usinagem de um arco é feita com os códigos G02 ou G03, dependendo do sentido de execução do mesmo.

2 - Os sinais (+) e (-) não existem na programação de I e K.

3 - O comando admite programação de um arco no máximo a 90°, em cada bloco de informações.



3.5 - Função: F

Formato: (vide especificação abaixo)

Aplicação: Função de avanço.

O comando GE 1050 TZ (CNC) permite a programação de a vanços em polegadas/min, polegadas/rot, mm/min ou mm/rot. Os formatos da função F com seus respectivos códigos são os seguintes:

<u>Função</u>	<u>G94</u>	<u>G95</u>
Formato polegada	F3.2	F0.4
Formato milímetro	F4.1	F1.3

OBS.: G94 - avanço/mm/min

G95 - avanço/mm/rot

Qualquer avanço pode ser programado continuamente dentro de uma grande faixa que varia de 0,05 mm/rot até 4,24 mm/rot no caso de se programar avanço/mm/rot no ECN-40.

3.5.1 - Avanços em mm/rot

No caso de se programar avanços em mm/rot, a função F admite formato F1.3 (1 inteiro e 3 decimais). Exemplo: a programação do avanço 0,28 mm/rot será F0280.

3.5.2 - Avanços em mm/min

Os avanços em mm/min são dados, conhecendo-se a rotação do eixo-árvore e pré-estabelecendo-se um certo avanço em mm/rot exigido para a operação desejada. Assim:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{MM/ROT} & & \text{X} & & \text{ROT/MIN} & = & \text{MM/MIN} \\ \text{avanço pré-es} & & & & \text{rotação da} & & \text{avanço a se} \\ \text{tabelecido} & & & & \text{árvore} & & \text{programar} \end{array}$$

Neste caso o formato da função F será F4.1 (4 inteiros e 1 decimal).

Exemplo: programar um avanço em mm/min à 850 RPM, usinando à 0,2 mm/rot.

$$850 \text{ rot/min} \times 0,2 \text{ mm/rot} = 170 \text{ mm/min}$$

Programa-se: F01700

3.5.3 - Avanço rápido

O avanço rápido é estabelecido pelo código ... F8000, tanto para quando se trabalha em mm/rot, como para mm/min.



3.6 - Função: S

Formato: S2

Aplicação: Rotação do eixo árvore.

No torno ECN-40 com o CNC GE 1050 TZ, existem 18 (dezoito) campos de rotações, com 4 (quatro) mudanças automáticas dentro de cada campo, através da programação do código S no programa.

A função S tem formato S2 (2 dígitos inteiros), e permite as mudanças automáticas através dos seguintes códigos:

S44 - velocidade baixa (motor baixa - embreagem baixa)

S48 - velocidade média-baixa (motor baixa - embreagem alta)

S84 - velocidade média-alta (motor alta - embreagem baixa)

S88 - velocidade alta (motor alta - embreagem alta)

Os códigos S44 e S48 são para rotações usando a potência de 9HP. S84 e S88 são códigos para rotações usando a potência de 15HP.

NOTA: a função S deve ser programada no mesmo bloco ou no bloco posterior à programação do sentido do eixo-árvore (MO3 ou MO4).

CAMPOS DE R.P.M.										
Códigos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pot.
S44	11,2	16	22,4	31,5	45	63	90	125	180	9 HP
S48	16	22,4	31,5	45	63	90	125	180	250	9 HP
S84	22,4	31,5	45	63	90	125	180	250	355	15 HP
S88	31,5	45	63	90	125	180	250	355	500	15 HP

CAMPOS DE R.P.M.										
Códigos	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Pot.
S44	53	75	106	150	212	300	425	600	850	9 HP
S48	75	106	150	212	300	425	600	850	1180	9 HP
S84	106	150	212	300	425	600	850	1180	1700	15 HP
S88	150	212	300	425	600	850	1180	1700	2360	15 HP



3.7 - Função: T
 Formato: T4
 Aplicação: Troca de ferramenta

As funções de troca de ferramenta são programadas pela letra T seguida de 4 dígitos (T4)

Os dois dígitos da esquerda selecionam a posição da ferramenta e os dois dígitos da direita selecionam qualquer um dos 32 pares de compensação de ferramentas armazenados na memória.

No caso do ECN-40 estar equipado com duas torres de 4 faces cada uma, os códigos utilizados são:

1ª torre - T11XX T12XX T21XX T22XX
 2ª torre - T44XX T48XX T84XX T88XX

3.7.1 - Correção (compensação) de ferramentas
 (tool off set)

Os dois dígitos da direita, na função T, são reservados para os números: 01, 02, 03, ..., 32. Cada ferramenta deve possuir no mínimo um dos 32 pares de correções. Assim, por exemplo, a ferramenta da segunda face da torre nº 1 poderá ter o nº 02 para a correção de sua posição no eixo X e no eixo Z, sendo o código a programar o seguinte:

T	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>0</u>	<u>2</u>
Face	Memória de			
nº 2	correção 02			

Como outro exemplo, temos a programação do código T8407, que significa:

- a) Posicionamento da ferramenta localizada na 3ª face da torre nº 2 (T84)
- b) Número da memória (07) para correção desta ferramenta em X e em Z.

3.7.2 - OBSERVAÇÕES

a) A função T não deve ser programada no bloco que for comandado o movimento em X ou Z.

b) Antes de se programar a função T, deve-se recuar convenientemente o carro a fim de evitar o choque das ferramentas com a peça, com a tampa protetora de cavacos, ou com outras partes da máquina.



c) No final de cada programa deve-se retirar as correções das ferramentas, para não causar erro acumulativo. Exemplo: no último bloco do programa:

N0058 T0000
retira as
correções

ou

N0058 T1100
retira as corre
ções e posiciona
ferramenta nº 1

3.8 - Função: M

Formato: M2

Aplicação: Funções miscelâneas ou auxiliares

As funções auxiliares abrangem os recursos da máquina não cobertos pelas funções anteriores. Esta é programada pela letra M seguida de 2 (dois) dígitos, tendo o formato 2 (M2). Apenas um código M é permitido em cada bloco de informações.

3.8.1 - Função:MOO

Aplicação: Interrompe o programa

Este código causa parada imediata na fita, a pós o comando executar todas as funções programadas no mesmo bloco de MOO. Há parada do eixo-árvore, parada dos carros e o refrigerante é desligado.

A função MOO é programada geralmente para que o operador possa virar a peça na placa, mudar o campo de rotação (alavanca manual) ou possa efetuar medições na peça, no meio do programa.

Para aferições na peça, no meio da usinagem, o código MOO pode ser programado de forma adicional. Quem dá esta condição é o código "traço", o qual permite omissão de blocos.

Nos "traços", neste caso, devem ser programados a usinagem necessária à aferição, o afastamento da ferramenta da peça para a aferição, o código MOO, o sentido da árvore, a rotação, o refrigerante e o posicionamento para a usinagem normal.



Quando não se desejar tais condições de trabalho, basta colocar o interruptor DELETE BLOCK para a posição "ON" (ligado), e o comando omitirá automaticamente o bloco ou os blocos que contém o código "traço" (/).

OBSERVAÇÕES:

a) O comando só omitirá as informações contidas nos traços, se o interruptor DELETE BLOCK estiver na posição "ON" (ligado), antes do início de ciclo, após MOO.

b) Quando se dá a parada através do código MOO, os blocos seguintes serão executados se o botão "início de ciclo" (cycle start) for pressionado.

3.8.2 - Função: MO1

Aplicação: Parada opcional do programa

Este código causa a interrupção da leitura da fita quando programado convenientemente, mediante o acionamento do botão "OPTIONAL STOP" antecipadamente à função MO1, onde esta torna-se idêntica a MOO.

Quando se dá a parada através deste código pressionando-se o botão "início de ciclo", a leitura da fita é reiniciada.

OBSERVAÇÃO: Se o botão "OPTIONAL STOP" não for pressionado antes do código MO1 programado na fita, não haverá a interrupção do programa, e a leitura da fita continuará normalmente havendo omissão pelo comando da função MO1.

3.8.3 - Função: MO2

Aplicação: Fim de programa

Este código é usado no fim da programação. É a última função do último bloco de informação de um programa.

A função MO2, quando lida pelo comando, apaga todas as informações anteriormente existentes no controle, com exceção das compensações de ferramentas que são apagadas pelo código T0000.

OBSERVAÇÕES:

a) O código MO2 é usado para fitas emendadas em forma de "laço".

b) Na fita em forma de laço, deve ser perfura



do um código E.O.B. (final de bloco) antes do primeiro bloco de informações e outro no fim do último bloco (após M02).

3.8.4 - Função: M30

Aplicação: Fim de programa com rebobinamento da fita.

Esta função tem a mesma aplicação do código M02, sendo usada para fitas que não sofrem emendas em forma de "laço". Ao ler este código, o comando rebobina a fita, deixando-a na posição inicial do programa para novo ciclo. Para isto, deve-se perfurar um código de parada (STOP CODE) antes do início de programa.

3.8.5 - Função: M03

Aplicação: Sentido horário de rotação do eixo-árvore.

Esta função estabelece o sentido horário de rotação para o eixo-árvore, tomando-se como referência a visão do cabeçote ao contra-ponto da máquina.

3.8.6 - Função: M04

Aplicação: Sentido anti-horário de rotação do eixo-árvore.

Esta função estabelece o sentido anti-horário de rotação para o eixo-árvore, tomando-se também como referência a visão do cabeçote ao contra-ponto da máquina.

3.8.7 - Função: M05

Aplicação: Desliga eixo-árvore e refrigerante de corte.

Esta função quando programada, para imediatamente a rotação do eixo-árvore. As funções M03 ou M04 são desativadas.

3.8.8 - Função: M08

Aplicação: Liga refrigerante de corte.

Este código aciona o motor da refrigeração com o eixo-árvore em movimento.

3.8.9 - Função: M09

Aplicação: Desliga refrigerante de corte.

Este código causa interrupção na refrigeração com o eixo-árvore em movimento.



3.8.10 - Função: M13

Aplicação: Efetua M03 e M08 simultaneamente.

Este código quando programado, estabelece o sentido horário de rotação do eixo-árvore e liga o refrigerante de corte simultaneamente.

3.8.11 - Função: M14

Aplicação: Efetua M04 e M08 simultaneamente.

Quando da programação de M14, este estabelece o sentido anti-horário do eixo-árvore e ao mesmo tempo liga o refrigerante de corte.

3.8.12 - Função: M99

Aplicação: Movimento dos carros sem rotação do eixo-árvore.

Esta função é utilizada para zeramento dos carros para a usinagem (estabelecimento da origem) bem como para torneamento das castanhas para fixação da peça a ser usinada.

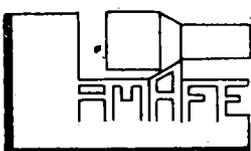
É introduzida na memória do comando através das teclas manuais de dados, sendo que as instruções para tal se encontram no manual de operações.

NOTA: O formato das funções X, Z, I, K, F e S pode ser modificado conforme a necessidade por parte do programador e máquina. Este assunto faz parte do manual de operações e será visto com detalhes. Consultas podem ser feitas no manual de instruções da General Electric (GE).



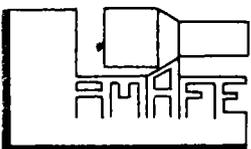
SÍNTESE DAS FUNÇÕES

FUNÇÃO	CÓDIGO	APLICAÇÃO	FORMATO
N		Número sequencial de blocos	N4 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> 0 0 0 0
G		Preparatória	G2 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> 0 0
	G01	Interpolação linear	
	G02	Interpolação circular (sentido horário)	
	G03	Interpolação circular (sentido anti-horário)	
	G04	Permanência (usa função X3.4 para segundos)	
	G21	Posicionamento dentro de uma faixa (zona) - interpolação linear	
	G22	Posicionamento dentro de uma faixa (zona) - interpolação circular (sentido horário)	
	G23	Posicionamento dentro de uma faixa (zona) - interpolação circular (sentido anti-horário)	
	G33	Operação de abrir roscas (usa função K2.4 e I2.4 para passo)	
	G34	Variação da direção linear crescente (em um único eixo) (usa função I2.4/K2.4 para passo)	
	G35	Variação da direção linear decrescente (em um único eixo) (usa função I2.4/K2.4 para passo)	
	G70	Admite programa em polegada	
	G71	Admite programa em milímetros	
	G83	Prepara ciclo fixo (usa função X [±] 3.3 ou Z [±] 3.3 com H2 para n° de passes)	
	G84	Prepara adição do ciclo fixo (usa função X [±] 3.3 ou Z [±] 3.3 com H2 para n° de passes)	
	G90	Coordenadas absolutas	
	G91	Coordenadas Incrementais	
	G92	Estabelece a origem do sistema de coordenadas absolutas	
	G94	Admite programa de avanço em % (polegadas/min ou mm/min)	
	G95	Admite programa de avanço em % (polegadas/rot ou mm/rot)	



SÍNTESE DAS FUNÇÕES

FUNÇÃO	CÓDIGO	APLICAÇÃO	FORMATO
X		Posicionamento (eixo dos raios)	X±4.3 <input type="text" value="±"/> <input type="text" value="0"/>
Z		Posicionamento (eixo dos comprimentos)	Z±4.3 <input type="text" value="±"/> <input type="text" value="0"/>
I		Eixo auxiliar // a X (define centro de arcos)	I 4.3 <input type="text" value=""/> <input type="text" value="0"/>
K		Eixo auxiliar // a Z (define centro de arcos)	K 4.3 <input type="text" value=""/> <input type="text" value="0"/>
F		Avanços	
		Usando G94 p/ mm/min	F 4.1 <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> <input type="text" value="0"/>
		Usando G95 p/ mm/rot	F 1.3 <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> <input type="text" value="0"/>
	F8000	Avanço Rápido	F 4 <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> <input type="text" value="0"/>
S		Velocidade da árvore	S2 <input type="text" value=""/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/>
	S44	Rotação baixa (9 HP)	
	S48	Rotação média-baixa (9 HP)	
	S84	Rotação média-alta (15 HP)	
	S88	Rotação alta (15 HP)	
T		Troca de ferramentas	T4 <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/>
	T1100	Face I (sem ajustes)	
	T1200	Face II (sem ajustes)	
	T2100	Face III (sem ajustes)	
	T2200	Face IV (sem ajustes)	
		Torre Traseira (opcional)	
	T4400	Face I (sem ajustes)	
	T4800	Face II (sem ajustes)	
	T8400	Face III (sem ajustes)	
	T8800	Face IV (sem ajustes)	



SINTESE DAS FUNÇÕES

FUNÇÃO	CÓDIGO	APLICAÇÃO	FORMATO								
M		Miscelânea	M2 <table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td>0</td></tr></table>							0	0
						0	0				
	M00	Interrompe Programa									
	M01	Parada opcional									
	M02	Fim de programa									
	M30	Fim de programa com rebobinamento de fita.									
	M03	Sentido horário de rotação do eixo-árvore									
	M04	Sentido anti-horário de rotação do eixo-árvore.									
	M05	Desliga eixo-árvore e refrigerante de corte									
	M08	Liga refrigerante de corte									
	M09	Desliga refrigerante de corte									
	M13	Efetua M03 e M08 simultaneamente									
	M14	Efetua M04 e M08 simultaneamente									
	M99	Movimenta os carros sem rotação do eixo-árvore.									



4 - SISTEMAS DE COORDENADAS

Toda geometria da peça é transmitida ao comando com auxílio de um sistema de coordenadas cartesianas.

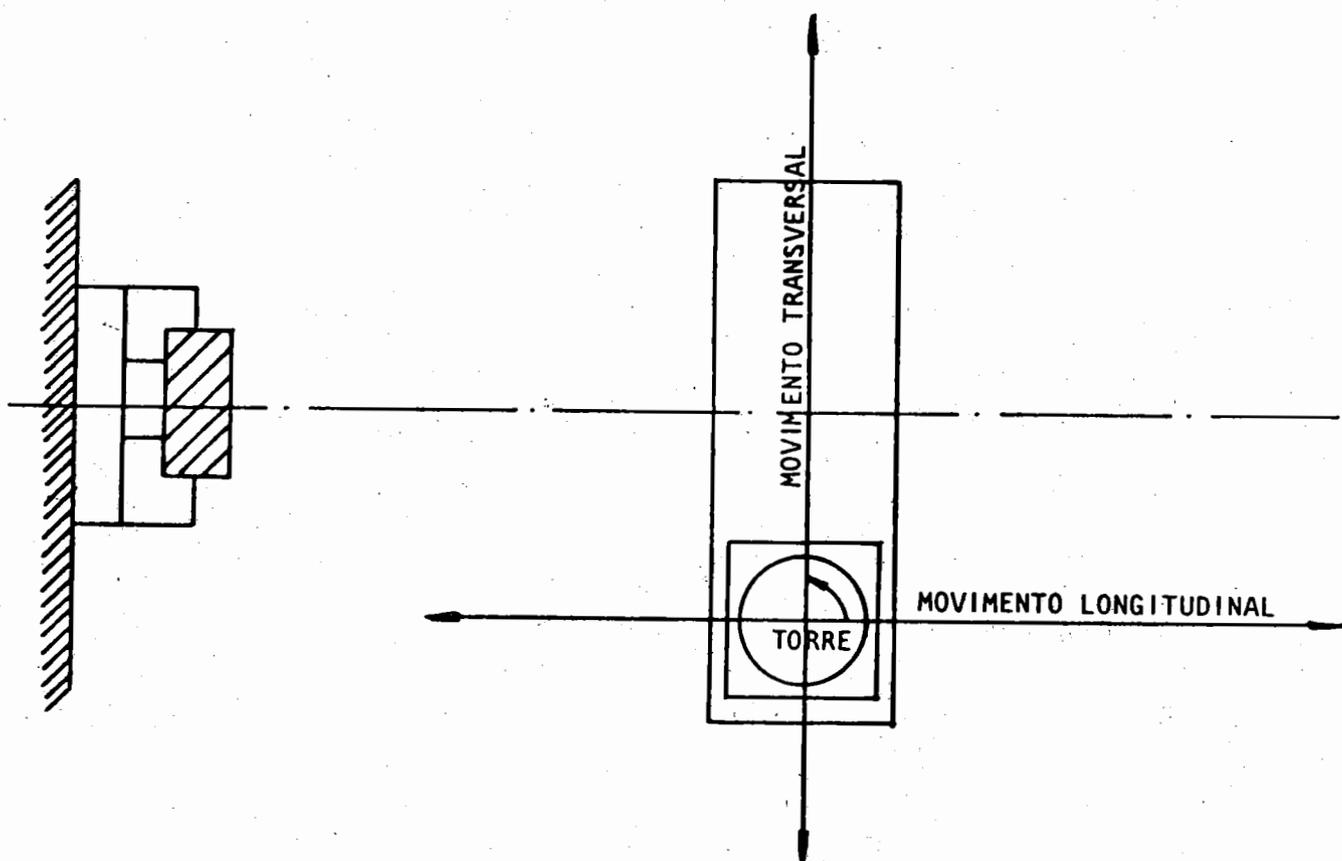
O sistema de coordenadas do ECN-40 é definido no plano formado pelo cruzamento de uma linha paralela ao movimento longitudinal com uma linha paralela ao movimento transversal.

A primeira linha define os comprimentos:

Eixo Z (longitudinal)

A segunda linha define os raios:

Eixo X (transversal)



Todo movimento da ponta da ferramenta é descrito neste plano XZ, em relação a uma origem pré-estabelecida (X_0, Z_0).

A origem (X_0, Z_0) pode ser estabelecida de duas maneiras diferentes, pelo comando GE 1050TZ (CNC), a saber:

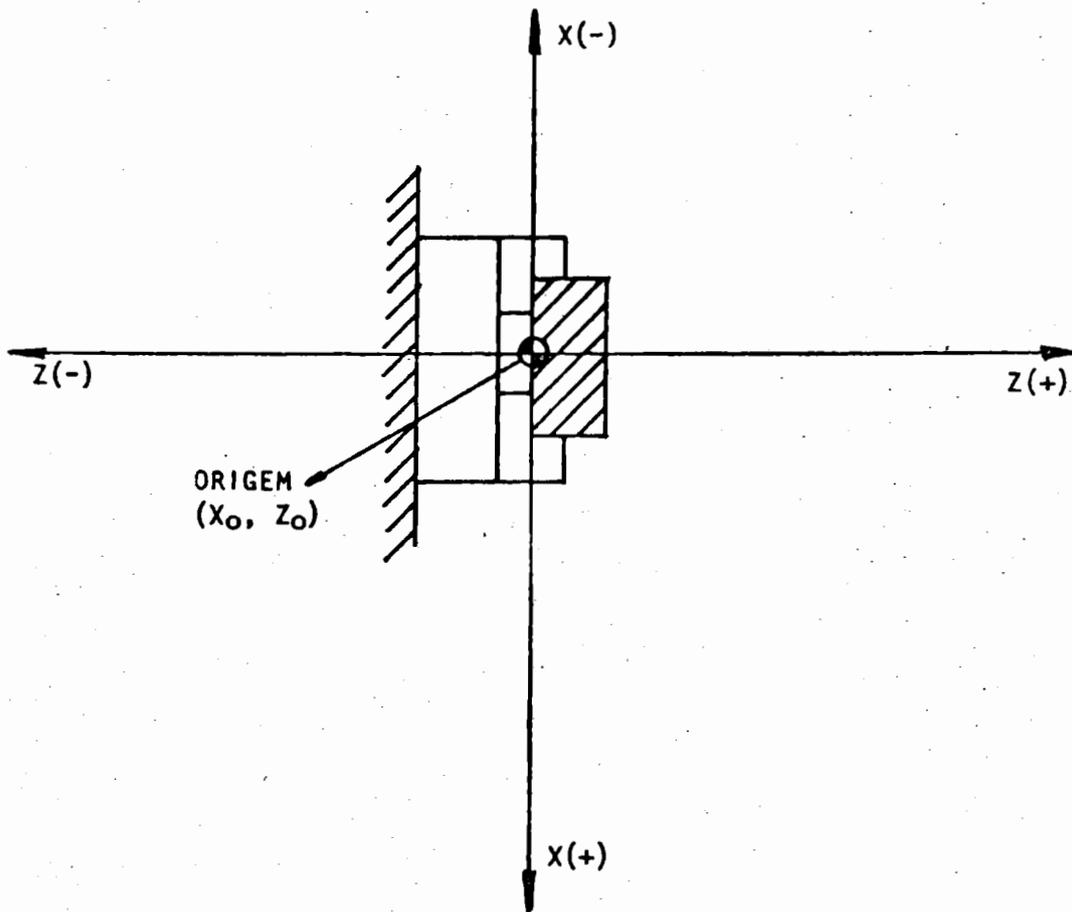
4.1 - Coordenadas Absolutas

Neste sistema, a origem é estabelecida em função da peça a ser executada, ou seja, podemos estabelecê-la em qualquer ponto do espaço para facilidade de programação levando-se em consideração a geometria da peça e sistema



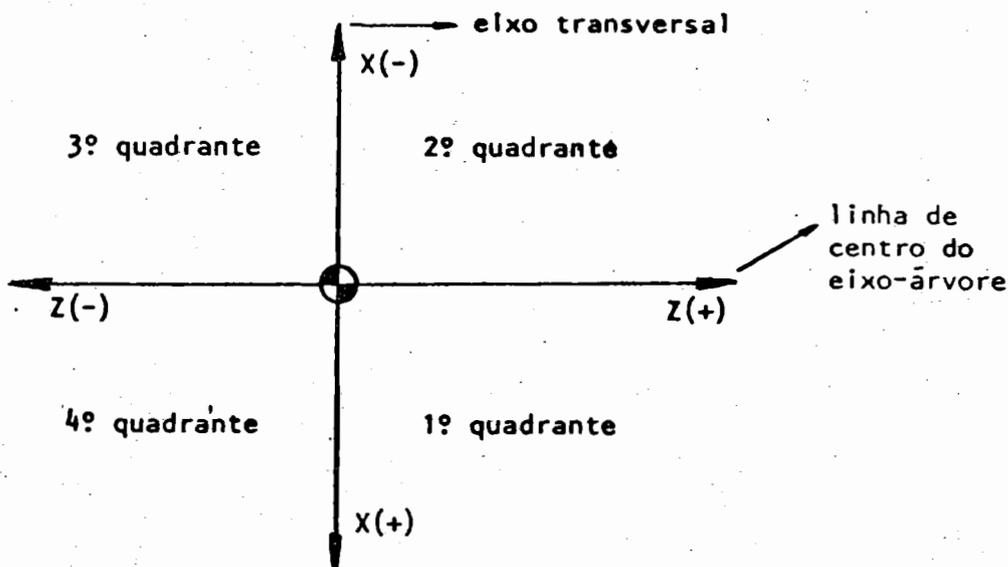
de fixação da mesma na placa. Este processo é denominado de "zero flutuante".

Como vimos, a origem do sistema foi fixada como sendo os pontos (X_0, Z_0) . O ponto X_0 é definido pela linha de centro do eixo-árvore. O ponto Z_0 é definido por qualquer linha perpendicular à linha de centro do eixo-árvore. Geralmente usa-se como ponto Z_0 a linha que passa pelo encosto da peça nas castanhas, como mostra a figura abaixo:

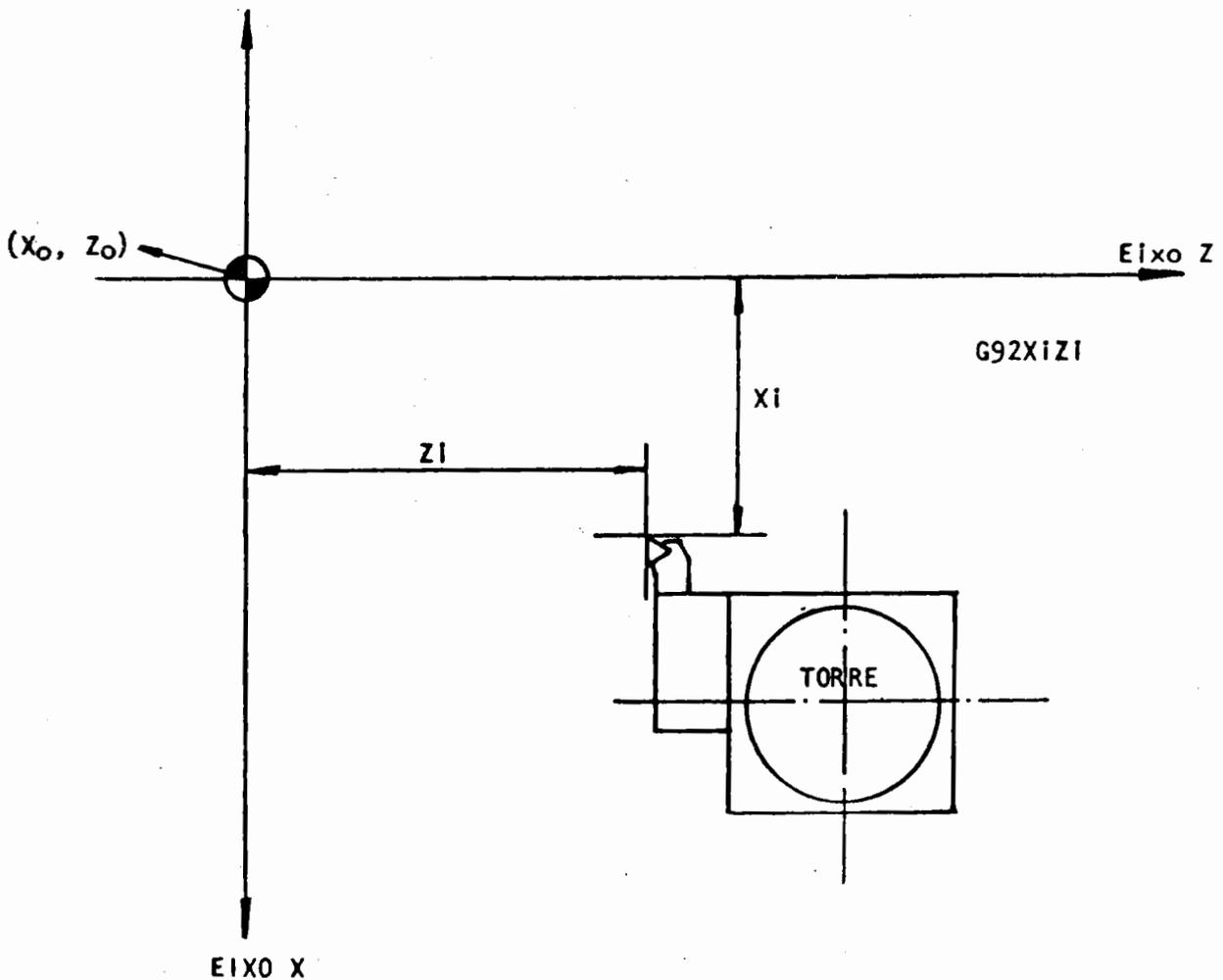


Observações:

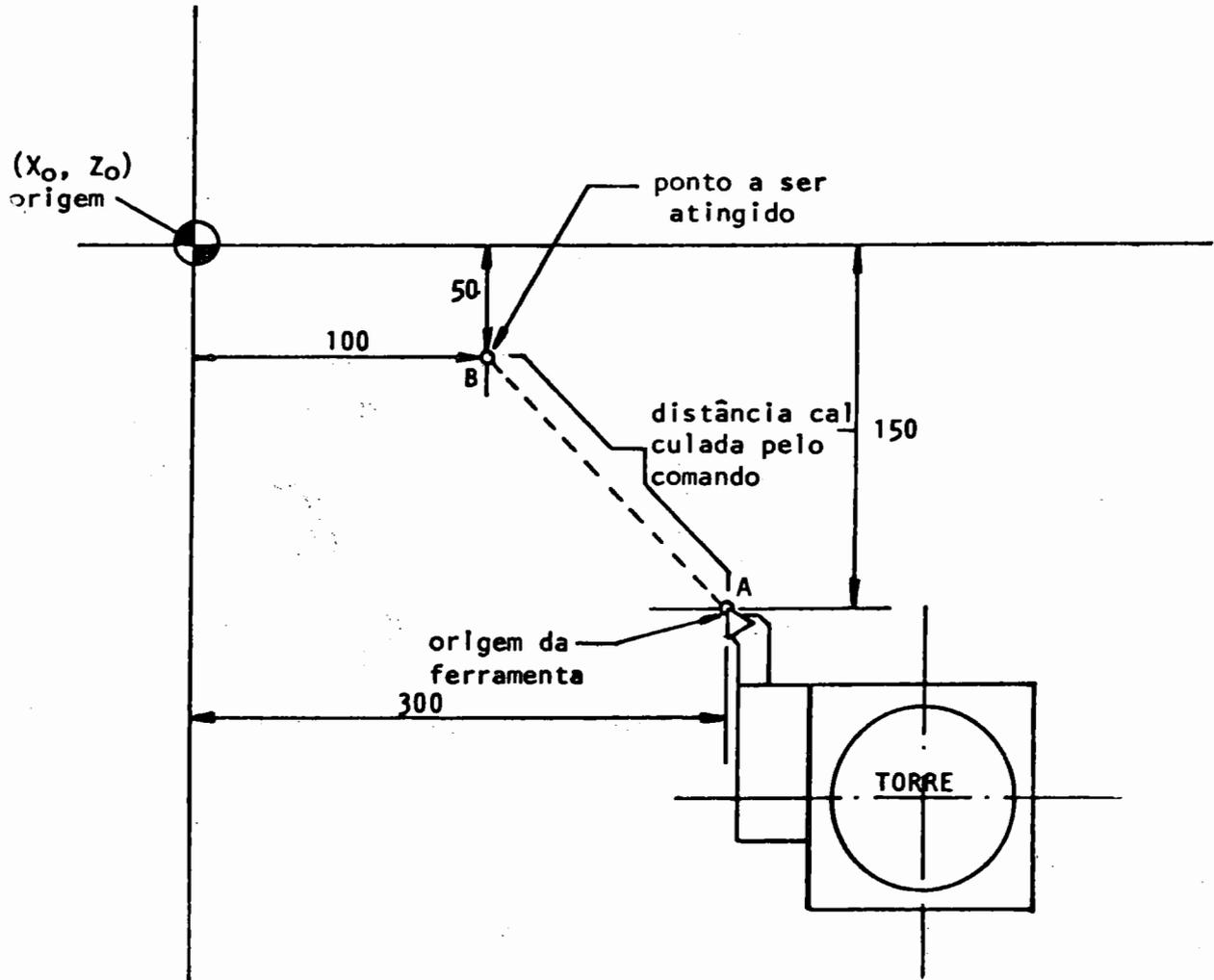
a) O sinal positivo ou negativo introduzido na dimensão a ser programada é dado pelo quadrante onde a ferramenta está situada.



b) O comando saberá onde estará localizada a origem das coordenadas absolutas, desde que se estabeleça o ponto de partida (X_1, Z_1) para cada ferramenta posicionada para executar uma operação. Como já vimos, quem estabelece a origem do sistema de coordenadas absolutas é a função G92. Então, para cada ferramenta teremos uma origem pré-estabelecida na programação.



c) No sistema de coordenadas absolutas programa-se sempre o ponto onde a ferramenta deverá atingir, realizando assim, uma operação. Fica a cargo do comando os cálculos das distâncias a serem percorridas. Exemplo:



Ponto A : Origem da ferramenta, dada pela função G92.

Programa-se: G92 X0150 Z0300

Ponto B : Ponto a ser atingido.

Programa-se: G01 X0050 Z0100

Conclusão: Com a programação acima, a ferramenta se deslocará de A até B, sendo que a distância entre A e B são calculadas pelo comando, bastando apenas programar os pontos de chegada da ferramenta para cada operação a ser executada.

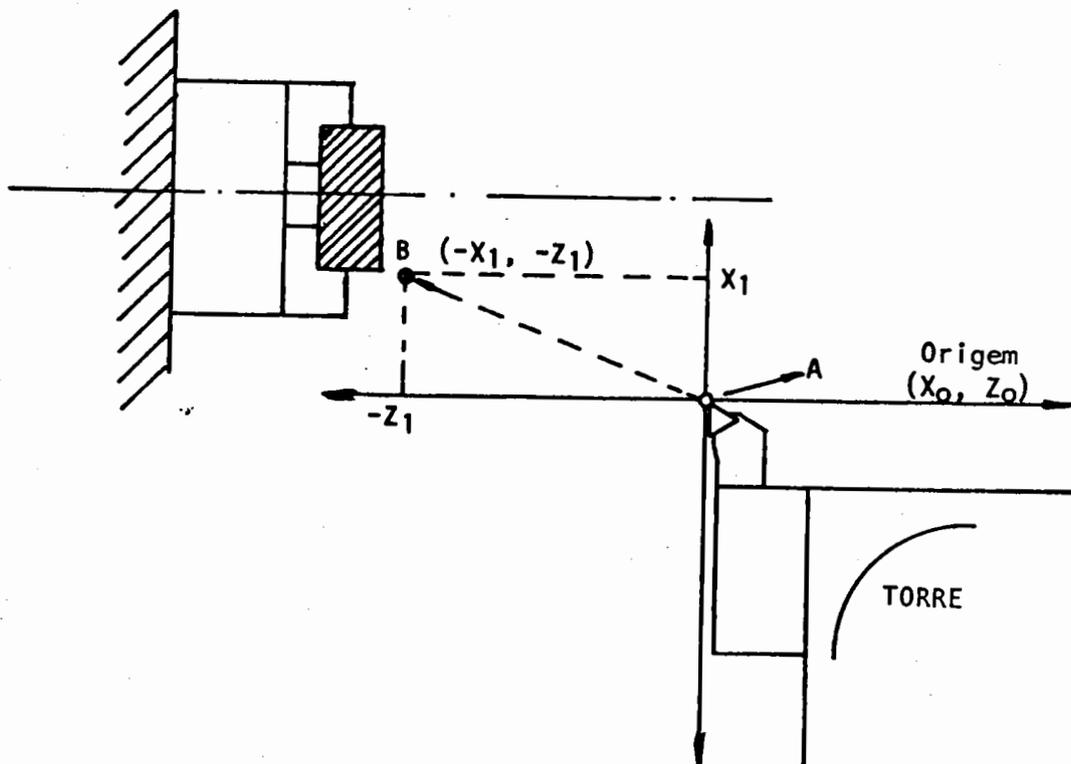


4.2 - Coordenadas Incrementais

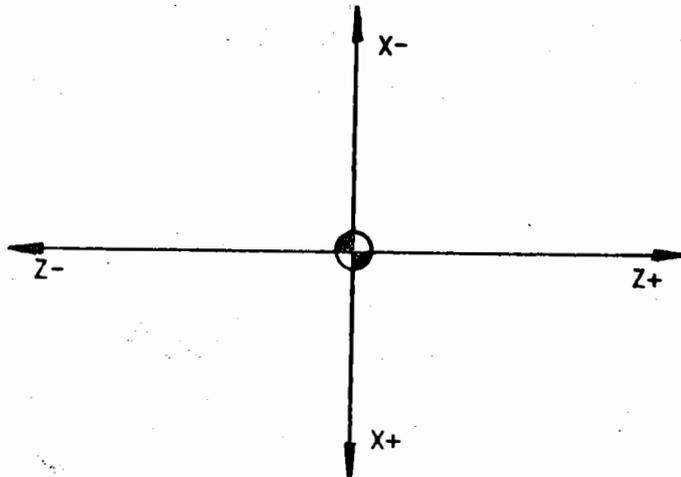
A origem neste sistema é estabelecida para cada movimento da ferramenta. Após qualquer deslocamento haverá uma nova origem, ou seja, para qualquer ponto atingido pela ferramenta, a origem das coordenadas será o ponto anteriormente alcançado. Todas as medidas são feitas através da distância a se deslocar.

Se a ferramenta desloca-se de um ponto A até B (dois pontos quaisquer), as coordenadas a serem programadas serão as distâncias entre estes dois pontos, medidas (projetadas) em X e Z.

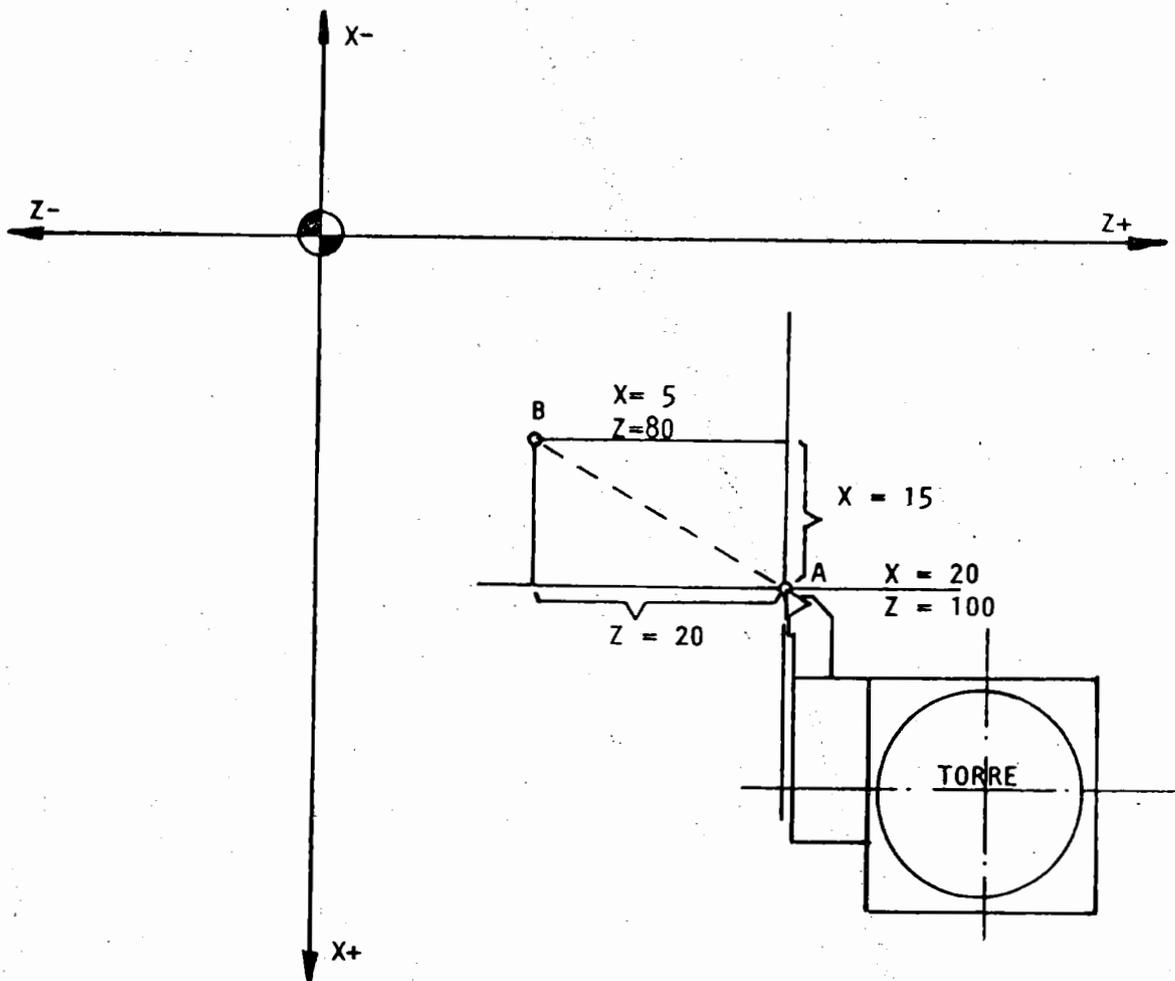
Note-se que o ponto A é a origem do deslocamento para o ponto B; e B será origem para um deslocamento até um ponto C, e assim sucessivamente.



Neste caso, o sinal é definido pelo sentido de deslocamento. Assim:



- Se a ferramenta sofrer deslocamento contrário ao eixo do sistema, a coordenada terá sinal negativo.
- Se a ferramenta sofrer deslocamento a favor do eixo do sistema, a coordenada terá sinal positivo.



Sabemos que:

- o ponto A possui as coordenadas:

$$X = 20$$

$$Z = 100$$

- o ponto B possui as coordenadas

$$X = 5$$

$$Z = 80$$

Então, fazendo a diferença entre as coordenadas em X e Z, temos a distância percorrida pela ferramenta nos dois eixos, sendo:

$$X = 20 - 5 = 15$$

$$Z = 100 - 80 = 20$$

Programam-se então essas distâncias que são as projetadas nos dois eixos perpendiculares entre si, levando em consideração a direção do deslocamento da ferramenta.

No caso, temos a seguinte programação:

G01 X-0015 Z-0020

NOTA: os sinais negativos (-) são devidos a ferramenta ter-se deslocado contra os eixos positivos do sistema de coordenadas cartesianas.



5 - SEQUÊNCIA NECESSÁRIA PARA PROGRAMAÇÃO MANUAL

O programador necessita ter consciência de todos os parâmetros envolvidos e obter uma solução adequada para a usinagem de cada tipo de peça. Este deve analisar ainda todos os recursos da máquina, que seriam exigidos quando da execução da peça.

Os eventos a serem conhecidos e estudados são os seguintes:

- a) Estudo do desenho da peça final e bruta.
- b) Definição das fases de usinagem e fixação.
- c) Escolha do ferramental.
- d) Conhecimento dos parâmetros físicos da máquina e sistema de programação do comando.
- e) Definição em função do material, dos parâmetros de corte como avanço, velocidade, etc.
- f) Escrever o programa sequencialmente.
- g) Transferir o programa escrito para a fita na linguagem da máquina.

A) Estudo do Desenho da Peça: final e bruta.

O programador deve ter habilidade para comparar o desenho (peça pronta) com a dimensão desejada na usinagem com comando numérico computadorizado (CNC).

Há necessidade de uma análise sobre a viabilidade da execução da peça, levando-se em conta as dimensões exigidas, o sobremetal existente da fase anterior, o ferramental necessário, a fixação da peça, etc.

B) Definição das Fases de Usinagem e Fixação.

É necessário haver uma definição das fases de usinagem para cada peça a ser executada, estabelecendo-se assim o sistema de fixação adequado à usinagem.

C) Escolha do Ferramental.

A escolha do ferramental é importantíssima, bem como a sua disposição na torre. É necessário que o ferramental seja colocado de tal forma que não haja interferência entre si e com o restante da máquina. Um bom programa depen



de muito da escolha do ferramental adequado e da fixação deste de modo conveniente. No ítem 6 veremos com detalhes a aplicação do ferramental e sua disposição na torre.

D) Conhecimento dos Parâmetros Físicos da Máquina e Sistema de Programação do Comando.

São necessários tais conhecimentos por parte do programador, para que este possa enquadrar as operações de modo a utilizar todos os recursos da máquina e do comando, visando sempre minimizar os tempos e fases de operações, e ainda garantir a qualidade do produto.

E) Definição em Função do Material dos Parâmetros de Corte como Avanço, Velocidade, etc.

Em função do material a ser usinado, bem como da ferramenta utilizada e da operação a ser executada, o programador deve estabelecer as velocidades de corte, os avanços e as potências requeridas da máquina. Os cálculos necessários na obtenção de tais parâmetros são os seguintes:

- Velocidade de Corte (Vc),

Dependendo do material a ser usinado, a velocidade de corte é um dado importante e necessário.

A Velocidade de Corte é uma grandeza diretamente proporcional ao diâmetro e à rotação da árvore, dada pela fórmula:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{1.000}$$

onde: Vc = velocidade de corte (m/min)

D = diâmetro (mm)

N = rotação da árvore (rpm)

Na determinação da velocidade de corte para uma determinada ferramenta efetuar uma usinagem, a rotação da árvore é dada pela fórmula:

$$N = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

- Avanço:

O avanço é um dado importante de corte e é obtido levando-se em conta o material, a ferramenta e a operação a ser executada.



Geralmente nos tornos com comando numérico utiliza-se o avanço em mm/rot, mas este pode ser determinado em mm/min, pela fórmula abaixo:

$$\text{Avanço (mm/min)} = \text{Rotação (RPM)} \times \text{Avanço (mm/rot)}$$

- Força de Corte (P_c):

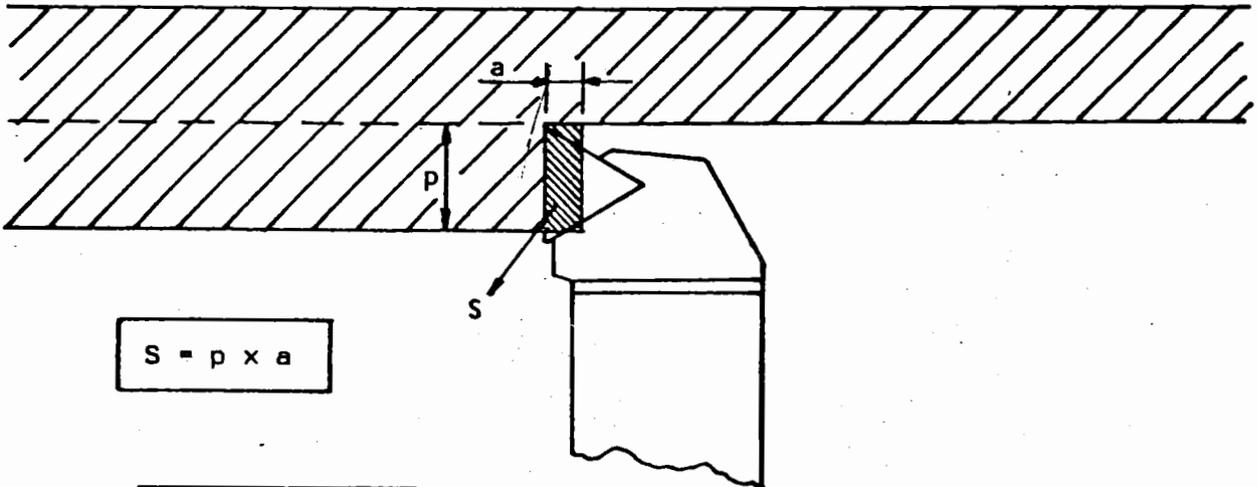
Esta grandeza depende do produto da pressão específica de corte (K_s) com a área de corte (s).

$$P_c = K_s \times S$$

K_s = constante para cada material.

S = profundidade de corte (p) x avanço (a) (para ferramenta de 90°).

Área de corte para ferramenta de 90° .



Então: $P_c = K_s \times p \times a$ (unidade: Kg)

- Potência de Corte (N_c):

A potência de corte (N_c) é diretamente proporcional à velocidade de corte (V_c) e à força de corte (P_c). Obtém-se a potência de corte em HP, pela fórmula:

$$N_c = \frac{V_c \times P_c}{60 \times 75} \quad (\text{unidade: HP})$$

F) Escrever o Programa Sequencialmente.

A sequência de operações, enquadrando todos os parâmetros de usinagem deve ser colocada em uma folha de programação, especialmente confeccionada para tal.

Esta folha contém todas as letras correspondentes às funções (N, G, X, Z ...) do comando GE 1050TZ.

Essas letras já são colocadas em ordem de execução pe



lo comando GE 1050TZ (CNC). Cada linha da folha corresponde a um bloco informativo, como mostra o exemplo.

O programador pode preparar também uma folha de tempo, onde são enquadrados e calculados os tempos de todas as operações.

É uma simples aplicação da fórmula:

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{Espaço}}{\text{Tempo}}$$

ou então:

$$\text{Tempo (min)} = \frac{\text{distância percorrida (mm)}}{\text{avanço empregado (mm/min)}}$$

Assim, o tempo de usinagem por peça e o de preparação, podem ser estabelecidos.

Existe também a folha de preparação da máquina sendo esta o contato existente entre o programador e o operador da máquina.

Ela deve conter todas as informações necessárias para a execução da peça, como por exemplo:

- campo de rotação
- ferramental e sua localização na torre
- ponto de partida (origem)
- fixação da peça
- número da peça
- número da fita
- número dos pares de compensação de ferramentas que serão usadas
- outras observações tais como: equipamentos extras, dimensões das castanhas, etc.

G) Transferir o programa Escrito em Fita na Linguagem da Máquina

Feito o programa este deve ser traduzido na linguagem do comando. O programa então é datilografado na perfuradora e a fita é confeccionada num dos sistemas pré-estabelecidos (EIA ou ISO).

A perfuração requer muita atenção por parte do programador, a fim de não resultar erros que possam ser prejudiciais ao bom andamento do sistema.

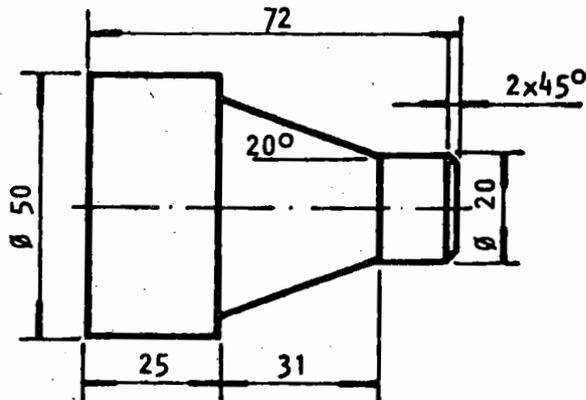


III - EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DE COMANDO NUMÉRICO

1 - EXEMPLO DE PROGRAMAÇÃO

O exemplo que apresentamos é bastante simples e visa somente a fixar os itens vistos anteriormente, de forma a melhor compreender a filosofia do processo.

1.1 - Desenho da peça.



1.2 - Definição das fases de usinagem.

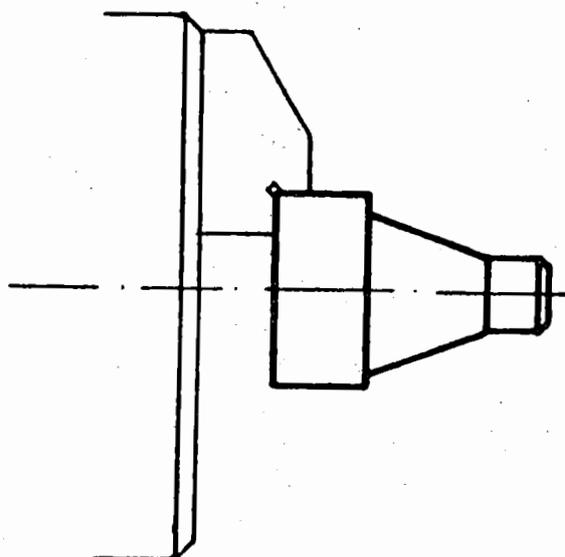
No torno a CN será feita a operação de torneamento do chanfro de 45° , diâmetro de 20 mm, cone com inclinação de 20° e faceamento no comprimento de 25 mm. A peça já está com as demais dimensões prontas e o excesso de material no $\phi 20$, cone e chanfro de 45° é compatível com a operação.

1.3 - Escolha da Máquina necessária às Operações.

O torno que irá fazer as operações descritas será o torno Romi, modelo ECN-40, equipado com comando GE-1050 TZ.

1.4 - Fixação da peça.

A peça será fixada pelo diâmetro de 50 mm em um comprimento de 15 mm, por castanhas moles torneáveis.



1.5 - Escolha do Ferramental para a Usinagem.

A escolha do ferramental normalmente é em função do material da peça e da operação a ser feita, e também das condições de rigidez da máquina.

Como neste caso se trata de uma operação de acabamento, será utilizada velocidade de corte alta e avanço pequeno.

1.6 - Definição da Sequência do Percorso da Ferramenta e Grandezas de Corte.

Deve-se definir uma sequência lógica de usinagem (processo) para a obtenção de uma boa precisão e resultados satisfatórios. Para isso deve-se também estabelecer as grandezas de corte necessárias para uma boa usinagem. Em função da classe do inserto e material da peça, determina-se:

$$\text{Velocidade de corte} = 190 \text{ metros/minuto}$$

$$\text{Avanço} = 0,3 \text{ mm/rotação}$$

1.7 - Escolha do campo de rotações.

Fórmula auxiliar: $V = \frac{DN}{1000}$ onde:

V = Velocidade de corte em m/min

D = Diâmetro da peça em mm

N = Rotação em RPM

Então:

$$N = \frac{V \times 1000}{x D} \quad \begin{array}{l} V = 190 \text{ m/min} \\ D = 20 \text{ e } 40 \text{ mm} \end{array}$$

$$N = \frac{190 \times 1000}{x 20} = 3024,03 \text{ RPM}$$

$$N = \frac{190 \times 1000}{x 40} = 1512,01 \text{ RPM}$$

Campo de rotação escolhido: Campo 18

Portanto, a velocidade de corte será:

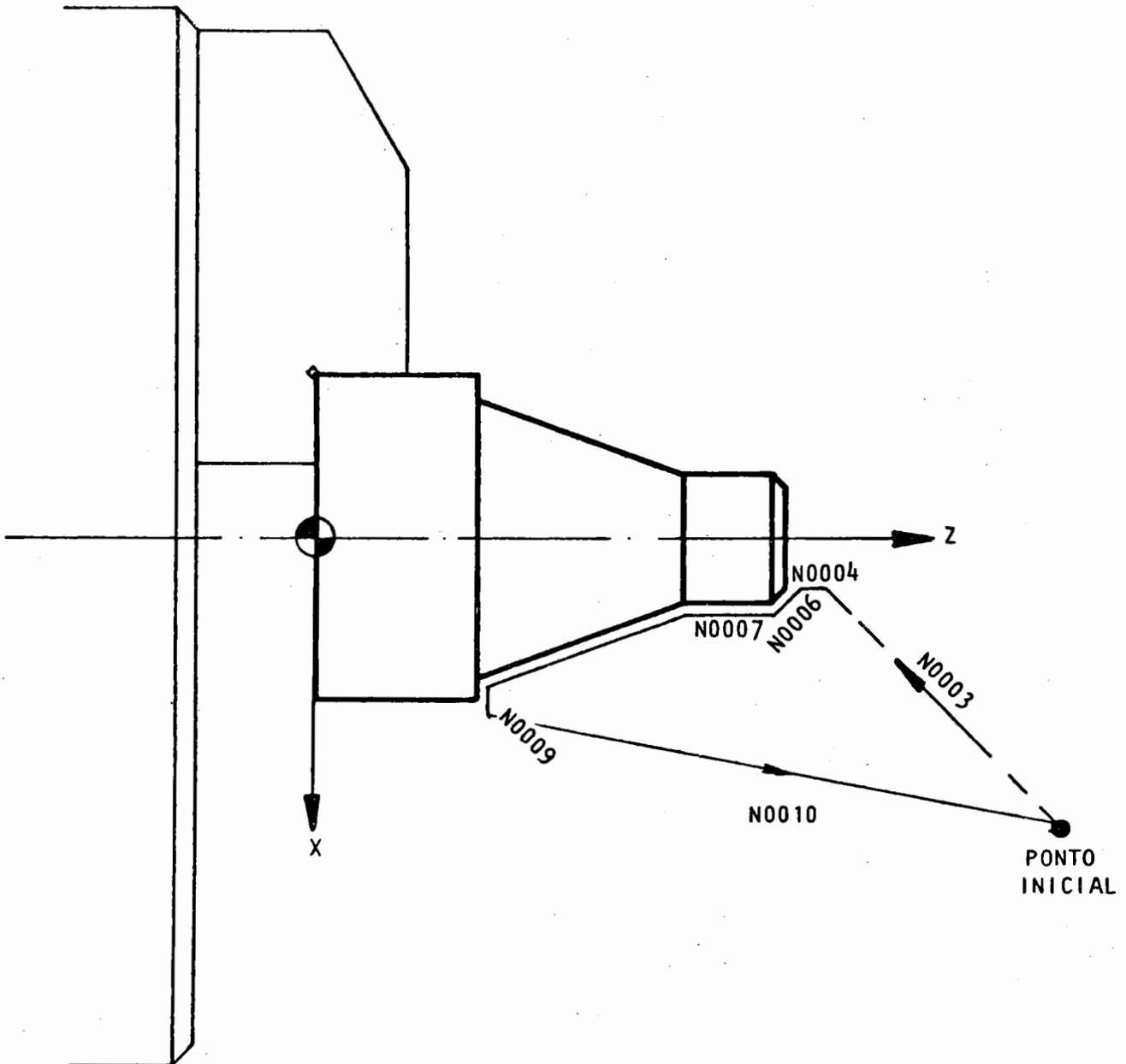
$$P/ \text{ o } \varnothing 20 - 106,8 \text{ m/min}$$

$$P/ \text{ o } \varnothing 40 - 213,6 \text{ m/min}$$



2 - EXEMPLO

N	G	X	Z	I	K	F	S	T	M
N0001	G90							T1101	M03
N0002	G92	X100	Z200				S44		M08
N0003	G01	X008	Z075			F8	S48		
N0004			Z072			F03			
N0005							S84		
N0006		X010	Z070						
N0007			Z056						
N0008		X020	Z025						
N0009		X027							
N0010		X100	Z200			F8	S48		
N0011									M09
N0012							S44		
N0013								T0000	M05
N0014									M30



2.1 - Definição Complementar.

Cada linha de informação em um programa chama-se "bloco". Os blocos são separados uns dos outros na fita perfurada pela função EOB (fim de bloco).

A função F quando vier seguida só do número 8, indica o avanço rápido de posicionamento. O movimento rápido é de 5000 mm/min.

2.2 - Explicação do Programa Exemplo.

Bloco 1: Posiciona ferramenta 1 para trabalho T (11) e prepara a torre para receber correções de posicionamento através da memória 01; estabelece o sentido horário de rotação do eixo-árvore (M03).

Bloco 2: Define através da função G92, onde será a origem do sistema de coordenadas, ou seja, o ponto de início do programa. Com esta informação o comando fixa que a ferramenta está na coordenada X100 mm e Z200 mm, porém não existem movimentos dos carros. Liga o eixo-árvore através do código S44 (850 RPM) e liga o refrigerante de corte através do código M08.

Bloco 3: A máquina fica preparada para movimentos lineares através de "G01". Os carros irão se movimentar em avanço rápido, pois f8 foi programado até atingir a meta, onde a ponta da ferramenta ficará posicionada a 3 mm da face da peça e no ϕ de 16 mm. O código S48 aumenta o RPM do eixo-árvore para 1180 RPM.

Bloco 4: A ferramenta aproxima em avanço de trabalho - (0,3 mm/rot) até tocar a face da peça cuja coordenada em Z é 72 mm. Não há movimento em X.

Bloco 5: É programado o código S84, aumentando assim o RPM da máquina para 1700 RPM.

Bloco 6: Interpolação linear no torneamento do chanfro de 2x45°. Movimentos simultâneos dos carros. As funções G01 e F03 estão memorizadas e não precisam ser repetidas.



- Bloco 7: Torneamento do \varnothing de 20 mm até a medida de 56 mm.
O avanço ainda é o mesmo.
- Bloco 8: Interpolação linear no torneamento do cone com inclinação 20° . Movimentos simultâneos nos carros.
- Bloco 9: Faceamento na medida de 25 mm. Só é requerido movimento no eixo X com avanço de 0,3 mm/rot.
- Bloco 10: Retorno ao ponto de início do programa em avanço rápido (F8) enquanto S48 diminui o RPM da máquina para 1180 RPM.
- Bloco 11: É desligado o refrigerante de corte pelo código MO9.
- Bloco 12: O código S44 diminui a rotação da árvore para 850 RPM.
- Bloco 13: A função T0000 cancela todas as correções ativas e MO5 desliga o eixo-árvore juntamente com o refrigerante de corte (que já estava desligado).
- Bloco 14: A função M30 indica ao comando fim de programa, rebobinando a fita programada para novo ciclo operativo.

Ressaltamos novamente que o exemplo apresentado é dos mais simples e foi escolhido apenas para efeito didático. À medida em que assimilarmos os recursos colocados à disposição pelo CN, iremos sentir que este não se limita apenas a formas simples permitindo combinar de maneira fácil os mais diversos tipos de usinagem.

3 - CONCLUSÃO

Conforme dissemos anteriormente, uma das vantagens do CN aplicado à máquinas operatrizes é a relativa facilidade de programação, muito embora se constitua em um estudo minucioso, detalhado e completo.

É importante frisar que na escolha de máquina a Comando Numérico, a análise para a seleção do equipamento não deve se limitar às características do mesmo. É necessário que haja segurança que concomitantemente ao fornecimento da máquina fique assegurada a



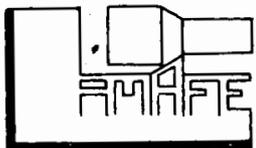
transferência ao cliente da tecnologia de seu uso, através da experiência acumulada e estrutura operacional do fabricante.

I V - A N E X O S



-59-
FOLHA DE PROGRAMAÇÃO (EXEMPLO)

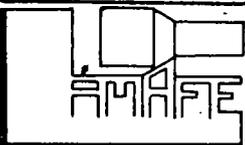
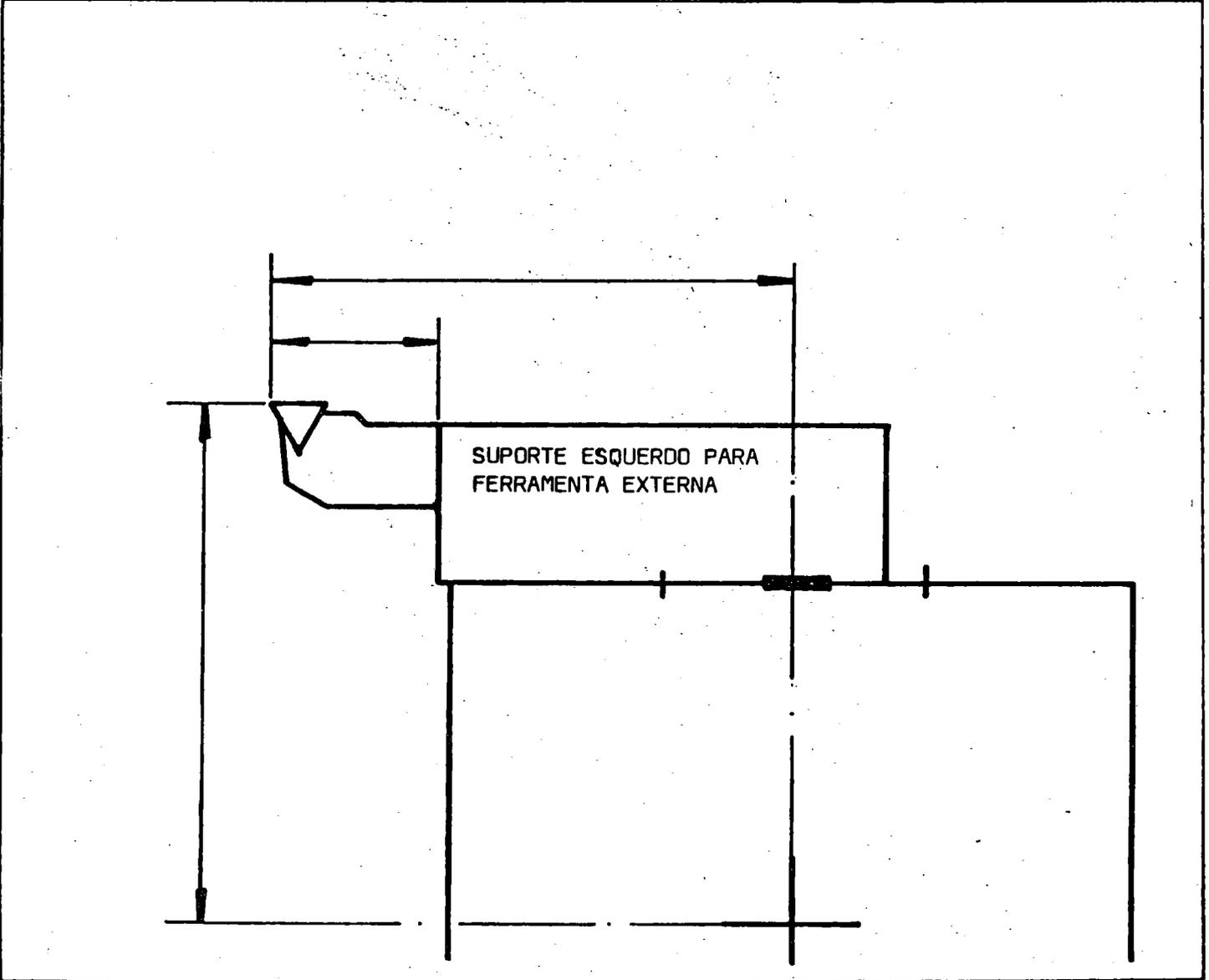
NOME DA PEÇA										Nº DA PEÇA																			
MATERIAL										FASE																			
FOLHA DE										FITA Nº																			
PROGRAMADO POR:										PROGRAMA Nº																			
APROVADO POR:					MODIFICADO POR:					DATA:																			
M																													
H																													
T																													
S																													
F																													
K																													
I																													
Z																													
X																													
G																													
N																													



Exemplo de disposição das ferramentas na torre

Ferramenta	
Inserto	
Observações:	

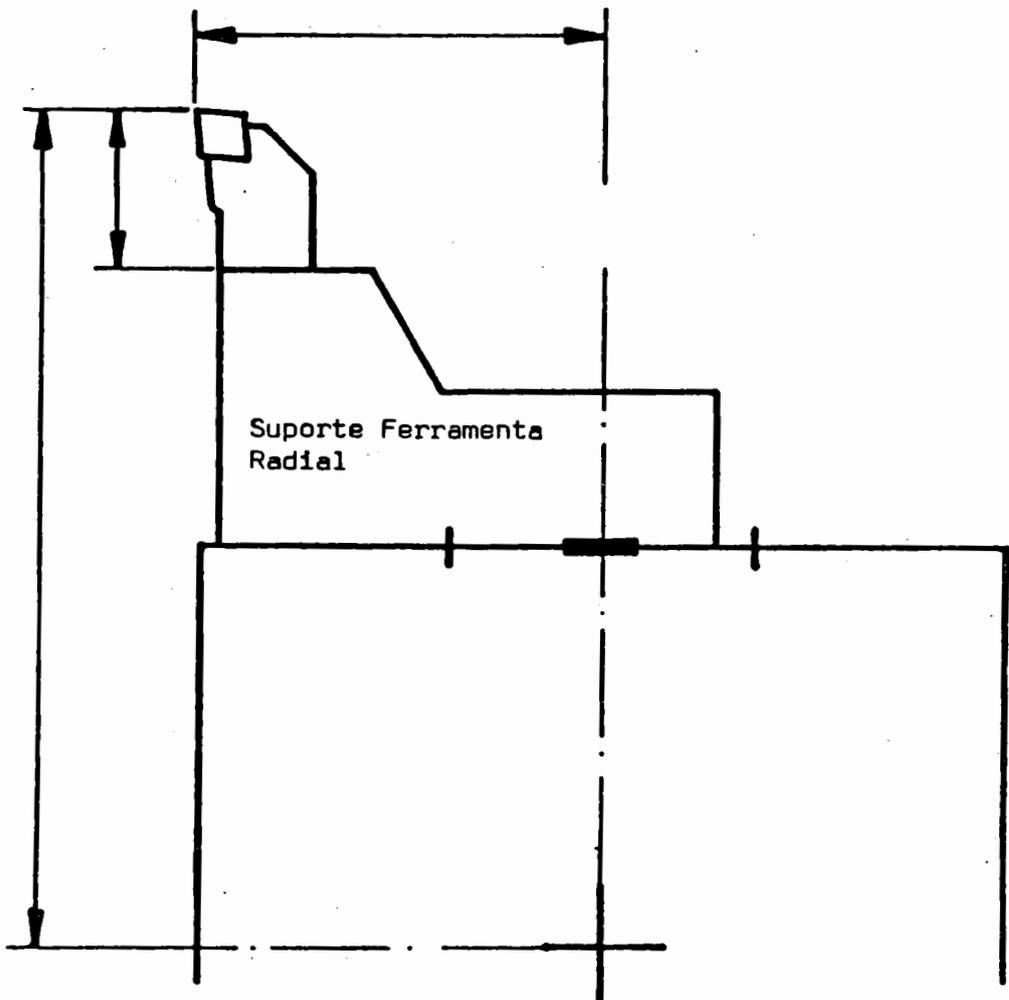
Face da torre N°	Correção (Off Set) N°
------------------	-----------------------



Exemplo da disposição das ferramentas na torre

Ferramenta	
Inserto	
Observações:	

Face da torre N°	Correção (Off Set) N°
------------------	-----------------------



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Introdução ao Controle Numérico

ARTHUR JOSÉ VIEIRA PORTO

SÃO CARLOS
1985

Exemplo da disposição das ferramentas na torre

Ferramenta	
Inserto	
Observações:	

Face da torre N°	Correção (Off Set) N°
------------------	-----------------------

