

✓

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

**INVESTIGAÇÃO DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS  
A UMA LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO CN  
INTERCAMBIÁVEL APLICADA A PEÇAS  
ROTACIONAIS (TORNEAMENTO)**

**Autora: Maria da Graça Marcatto**

**Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Teixeira Coelho**

DEDALUS - Acervo - EESC



31100035758

**Dissertação apresentada à Area de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos-USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.**

**São Carlos, março de 1997.**



Class. Tese - EESC  
Curt. 3326  
Tombo T 179/97

31100035758

at 934078

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento  
da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC-USP

M313i Marcatto, Maria da Graça  
Investigação dos requisitos necessários a uma  
linguagem de programação CN intercambiável  
aplicada a peças rotacionais (torneamento) / Maria  
da Graça Marcatto. -- São Carlos, 1997.

Dissertação (Mestrado). -- Escola de Engenharia  
de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1997.

Área: Engenharia Mecânica

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Teixeira Coelho

1. Controle numérico. 2. Controle numérico  
computadorizado. 3. Linguagem de programação CN.  
4. Normalização. I. Título

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Candidata: Tecnóloga **MARIA DA GRAÇA MARCATTO**

Dissertação defendida e aprovada em 29-8-1997  
pela Comissão Julgadora:

*Reginaldo A. Coelho*

---

Prof. Doutor **REGINALDO TEIXEIRA COELHO (Orientador)**  
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)

*Arthur José Porto*

---

Prof. Associado **ARTHUR JOSÉ VIEIRA PORTO**  
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)

*Juarez Felipe Junior*

---

Dr. **JUAREZ FELIPE JUNIOR**  
(Universidade Estadual de Campinas - Especialista)

*Arthur José Porto*

---

Prof. Associado **ARTHUR JOSÉ VIEIRA PORTO**  
Coordenador da Área de Engenharia Mecânica

*João Vitor Mocellin*

---

Prof. Titular **JOÃO VITOR MOCCELLIN**  
Vice-Presidente da Comissão de Pós-Graduação  
em exercício

Aos meus pais, Pedro e Rosa, pelo amor e compreensão.

Às minhas irmãs, Maria Aparecida e Vera Lúcia, pelo apoio e incentivo.

## AGRADECIMENTOS

Expresso os mais sinceros agradecimentos:

Ao Prof. Dr. Reginaldo Teixeira Coelho, pela orientação e incentivo para que este trabalho fosse realizado;

Ao Prof. Dr.-Ing. Henrique Rozenfeld, pelas valiosas sugestões;

À USP, ao Departamento de Engenharia Mecânica, pela oportunidade;

Aos Professores do LAB CNC da FATEC-SP, companheiros de trabalho, pelo incentivo e amizade demonstrados;

À Silvia Regina Lucas e Bernadete AP. da Silva Gomes pelo apoio e companheirismo constante;

À Luis Antonio Serpentino, pelo apoio e motivação;

A Armando Marcatto, que corrigiu e revisou este trabalho;

À Maria Antonia e os primos Wanderlei, Wirlei e Lourdes, pelo apoio;

A minha família que soube suportar e dar o apoio necessário nos momentos mais difíceis;

Aos amigos pelo incentivo e amizade;

Às empresas que contribuíram com informações, bem como em me receber para as entrevistas.

À todos aqueles que de um modo ou de outro contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

A evolução das unidades de comando numérico acarretou diversas disparidades na aplicação da linguagem CN ISO 6983 ou DIN 66025 ("Códigos G") na programação de máquinas CN. Atualmente existe para um mesmo código diferentes interpretações, acarretando problemas de intercambiabilidade entre máquinas de diferentes modelos e fabricantes, bem como da necessidade de especialistas para atuar em cada máquina CN.

Diante desta problemática, o trabalho proposto trata da investigação dos requisitos de uma linguagem CN intercambiável entre máquinas de diferentes concepções.

Visando o objetivo proposto neste trabalho, a metodologia utilizada foi a de estudo de casos, sendo a investigação iniciada a partir do estudo bibliográfico e concluída através da realização de uma pesquisa de campo, junto a fabricantes e usuários da tecnologia CN.

A conclusão deste trabalho apresenta um conjunto de requisitos considerados relevantes, quando se examina a questão de intercambiabilidade, sendo os principais, a portabilidade, a flexibilidade e a expansibilidade da linguagem CN.

## **ABSTRACT**

The evolution of the numerical control got many disparities in application of the language NC ISO 6983 or DIN 66025 ("Code G") in programming of NC machine.

Nowadays there is a same code for different interpretations causing problems interchanging the programs between different models of machines and manufacturers, well like the necesety of experts for operating in each NC machines.

In front of this problem, the proposed work get the investigation of the condition of NC language interchanging between NC and different conceptions.

Looking at the objective proposed in the work, we have the methodology used was the study of cases and the investigation began from the bibliographic study and concluded through the realization of a marked s earch with the fabricants and usuaries of the technology of NC.

The conclusion of this work presents a group of conditions that consider consequences when examine the questions of the interchanging so the central portability, flexibility and expansibility of the NC language.

# SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>i</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>iii</b>
<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>ABREVIATURAS UTILIZADAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. OBJETIVO.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4. METODOLOGIA UTILIZADA NA INVESTIGAÇÃO PROPOSTA .....</b>	<b>4</b>
<b>1.5. DESCRIÇÃO DO CONTEÚDO .....</b>	<b>6</b>
<b>2. CONCEITOS GERAIS SOBRE SISTEMAS DE MANUFATURA.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. O SISTEMA DE MANUFATURA.....</b>	<b>8</b>
2.1.1. Elementos Principais em um Sistema de Manufatura .....	11
<b>2.2. - FASES DE CONCEPÇÃO DE UM PRODUTO .....</b>	<b>13</b>
2.2.1. - Fase de Projeto.....	13
2.2.2. - A Fase de Planejamento do Processo .....	13
2.2.2.1. Conteúdo do Plano de Processo .....	14
2.2.2.2. As Funções do Planejamento de Processo .....	15
2.2.2.3. Métodos de Planejamento do Processo.....	16

<b>2.3. A FASE DE FABRICAÇÃO .....</b>	<b>20</b>
2.3.1. Generalidades.....	21
2.3.2. A Máquina CN.....	22
<b>2.4. O COMANDO NUMÉRICO COMPUTADORIZADO .....</b>	<b>25</b>
2.4.1. - Histórico.....	25
2.4.2. - Conceitos Fundamentais em Tecnologia de Comando Numérico (CN).....	29
2.4.3. - Evolução dos Sistemas CN.....	30
<b>2.5. A PROGRAMAÇÃO DO COMANDO NUMÉRICO.....</b>	<b>35</b>
2.5.1. - Princípios de Programação.....	36
2.5.1.1. -Estrutura da Linguagem de Programação .....	39
2.5.1.2. - Funções de Programação.....	41
2.5.1.3. - Formato de Entrada de Dados.....	43
2.5.2. - Recursos de Programação.....	45
2.5.3. - Linguagens de Programação .....	46
2.5.3.1. - A Linguagem com Códigos G .....	46
2.5.3.2. - A Linguagem APT.....	48
2.5.3.3. - A Linguagem BCL.....	53
2.5.3.4. - A Linguagem Universal .....	55
2.5.4. - Métodos de Programação CN.....	55
2.5.4.1. - Programação Diretamente na Máquina.....	56
2.5.4.2. - Programação Manual.....	56
2.5.4.3. - Programação Auxiliada por Computador .....	57
2.5.4.4. - Programação Orientada a Oficina.....	58
2.5.4.5. - Vantagens e Desvantagens de Cada Método.....	58
2.5.5. - Limitações da Programação.....	59
2.5.6. - Tendências Futuras .....	60
<b>3. PRESSUPOSTOS ASSUMIDOS PARA A INVESTIGAÇÃO .....</b>	<b>61</b>
<b>4. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA ADOTADA PARA A INVESTIGAÇÃO .....</b>	<b>62</b>

<b>4.1. ESTUDO DE NORMAS</b> .....	<b>62</b>
<b>4.2. PESQUISA DE CAMPO</b> .....	<b>66</b>
4.2.1. Desenvolvimento do Questionário .....	66
<b>4.3. - ENTREVISTAS</b> .....	<b>67</b>
4.3.1. Empresas Fabricantes .....	67
4.3.2. Empresas Usuárias .....	69
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>70</b>
<b>5.1. PESQUISA DE CAMPO</b> .....	<b>70</b>
5.1.1. Análise Quantitativa .....	70
<b>5.2. - ENTREVISTAS</b> .....	<b>77</b>
<b>5.3. - ANÁLISE DOS PRESSUPOSTOS</b> .....	<b>78</b>
<b>5.4. - CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>84</b>
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	<b>86</b>
<b>7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>88</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>89</b>
<b>ANEXO A</b> .....	<b>94</b>
<b>ANEXO B</b> .....	<b>122</b>

## Lista de Figuras

1.1 Fontes Consultadas.....	5
2.1 A Máquina-Ferramenta CNC em um Sistema Celular.....	9
2.2 Áreas Funcionais da Empresa.....	12
2.3 Planejamento Macro e Planejamento de Operações.....	16
2.4 Funções de Planejamento do Processo.....	17
2.5 Componentes de uma Máquina com Comando Numérico.....	22
2.6 Estrutura DNC (Controle Numérico Direto).com minicomputadores auxiliares.....	32
2.7 Estrutura DNC (Controle Numérico Distribuído).....	35
2.8 Torno Vertical com 4 Eixos Comandados.....	37
2.9 Centro de Usinagem com 6 Eixos.....	38
2.10 Exemplo de Ciclos Automáticos.....	46
2.11 Exemplo de um Programa APT.....	52
2.12 Diagrama Programação/Produção de Peças em Máquina CN utilizando a Programação Automática.....	53
2.13 Geração de Programas de Peças BCL.....	54
5.1 Linguagem CN - Evolução Tecnológica.....	80
5.2 Indicadores Linguagem CN ("G") - Não Favorece Intercambiabilidade.....	80
5.3 Indicadores de Intercambiabilidade.....	81
5.4 Tecnologias Utilizadas - Sensoriamento.....	82
5.5 Linguagem "G" - Funções Sensoriamento.....	82
5.6 Especificidade da Linguagem CN - Códigos "G".....	84

## Lista de Tabelas

5.1 Atuação Área CN .....	71
5.2 Produtos - Empresas Fabricantes .....	71
5.3 Ramo Atividade .....	72
5.4 Tecnologias Utilizadas no Chão-de-Fábrica .....	73
5.5 Recursos Humanos - Linguagem "G" .....	73
5.6 Mix Produtos - Programas CN (Linguagem "G") .....	73
5.7 Linguagem "G" - Dependência Máquina CN.....	74
5.8 Linguagem "G" - Evolução Tecnológica dos Sistemas CN.....	74
5.9 Intercambiabilidade entre Máquinas.....	75
5.10 Indicadores de Falta de Intercambiabilidade entre Máquinas CN Instaladas no Chão-de-Fábrica .....	75
5.11 Indicadores de Intercambiabilidade entre Máquinas CN Instaladas no Chão-de-Fábrica .....	76
5.12 Tecnologias Utilizadas no Chão-de-Fábrica - Funções Sensoriamento .....	76
5.13 Linguagem "G" - Programação Sistemas CN C/ Funções Sensoriamento .....	77
5.14 Indicadores Linguagem "G" - Não Favorece Programação Sistema CN C/ Sensoriamento Instalado no Chão-de-Fábrica .....	77
5.15 Empresas - Entrevistas .....	77

## **Abreviaturas Utilizadas**

**ADAPT:** Air Material Command Developed (MACHADO, 1986).

**APT:** Automatically Programmed Tools (MACHADO, 1986).

**AUTOPOST:** Automatic System for Positioning of Tools.

**BCL:** Binary Cutter Location (RS-4944).

**CAD:** Computer Aided Design. Projeto Auxiliado por Computador.

**CAM:** Computer Aided Manufacturing. Manufatura Auxiliada por Computador.

**CAPP:** Computer Aided Process Planning. Planejamento do Processo Auxiliado por Computador.

**CLDATA:** Cutter Location Data (ISO 4343).

**CLFILE:** Cutter Location File (ISO 4343).

**CN:** Numerical Control. Controle Numérico.

**CNA:** Adaptative Numerical Control. Controle Numérico Adaptativo.

**CNC:** Computerized Numerical Control. Controle Numérico Computadorizado.

**Códigos “G”:** Instruções CN para a máquina-ferramenta CNC.

**Códigos “M”:** Instruções CN (funções de máquina) para a máquina-ferramenta CN.

**DNC:** Direct Numerical Control/Distributed Numerical Control. Controle Numérico Direto/Distribuído.

**EXAPT:** (Extend APT). Dialeto APT, desenvolvido na Alemanha.

**FMS:** Flexible Manufacturing System. Sistema Flexível de Manufatura.

**IBM:** Marca registrada da International Business Machines Corporation.

**IEAPT:** Dialeto APT desenvolvido na França.

**ISO:** International Organization for Standardization. Organização Internacional de Normas Técnicas.

**MDI:** Manual Data Input. Entrada Manual de Dados.

**MIT:** Massachusetts Institute of Technology.

**MRPII:** Manufacturing Resource Planing. Planejamento dos Recursos da Manufatura.

**SOBRACON:** Sociedade Brasileira de Comando Numérico e Automação Industrial.

**WOP:** Werkstattorientierte Programmierung. Programação Orientada ao Chão-de-Fábrica.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Considerações Iniciais

As indústrias de transformação metal-mecânica, graças ao desenvolvimento de equipamentos de controle e de medição elétrica e pneumática, foram provavelmente as responsáveis pela introdução das primeiras formas modernas de automação. Entretanto, o termo “automação” ganha relevância com o surgimento da máquina de comando numérico (CN) no final dos anos 40 e início dos 50. Criada inicialmente com capacidade para realizar certas operações em uma sequência previamente programada, e sem a intervenção do operador, esta máquina abriu perspectivas para mudanças profundas nos sistemas de produção industrial.

A notável evolução da eletrônica (“hardware”), com o advento do microprocessador, a partir da década de 70, levou às unidades de comando numérico computadorizados (CN) que propiciaram um enorme desenvolvimento na construção de máquinas-ferramenta de moderna tecnologia, acarretando inclusive o surgimento de novos conceitos no projeto dessas máquinas. No campo da programação (“software”), ocorreu também uma significativa evolução, visando simplificar o trabalho do técnico especialista em programação, tanto a nível de planejamento do processo, quanto de “chão de fábrica”. A comunicação estabelecida neste ambiente automatizado criou, posteriormente, a possibilidade de um sistema de produção altamente sofisticado e integrado. Como consequência desta verdadeira revolução tecnológica, a indústria de transformação metal-mecânica, passou a contar com resultados mais previsíveis e em tempos cada vez mais curtos (TRAUB, 1990).

Um pré-requisito bastante significativo para o uso de máquinas-ferramenta de maneira eficiente, é o processo de obtenção do programa CN (ROZENFELD, 1989b). A programação é a base para qualquer produção, sendo que

o êxito da usinagem de uma peça está no bom planejamento do processo e na elaboração do programa CN.

Durante a evolução das máquinas CN, desde o desenvolvimento das primeiras unidades até as atuais, vários métodos de programação têm surgido, decorrentes da enorme variedade de fabricantes e modelos existentes. Conseqüentemente, constata-se diversas disparidades surgidas em cada método particular de programação CN (ROZENFELD, 1989b). Muitas destas decorrem principalmente da evolução tecnológica observada a nível eletrônico (microprocessadores mais rápidos, com maior capacidade de endereçamento, maiores recursos matemáticos, etc). Estas disparidades surgidas ao longo da evolução das máquinas CN criaram atualmente uma enorme distância entre os métodos de programação e comandos, entre os vários fabricantes de máquinas CN, como também entre modelos do mesmo fabricante.

Com relação às disparidades envolvendo a programação de sistemas CN, dois fatores concorrem atualmente. O primeiro fator, de caráter genérico, consiste no padrão utilizado pela grande maioria dos fabricantes de máquinas CN. Embora moldado nos padrões inicialmente desenvolvidos pelas normas DIN 66025 e ISO 6983 (os chamados "códigos G"), existe uma enorme diferença para um mesmo código, entre máquinas de diferentes modelos e fabricantes. Um exemplo dessa diferença, bem como a de formato de dados para cada sistema CN, se encontra no anexo A. Essa diferença foi identificada através da análise de cinco comandos numéricos existentes no mercado, sendo três de diferentes fabricantes e dois do mesmo, porém com arquiteturas diferentes. O segundo fator, de caráter específico, compreende os aspectos funcionais de "hardware" e "software", isto é, as características mecânicas e eletrônicas de diferentes sistemas CN.

Na realidade, essa problemática conduz à necessidade de alterações na linguagem de programação CN, que atenda às necessidades surgidas diante de uma nova realidade dos sistemas produtivos automatizados e integrados.

## **1.2. Justificativa**

O Brasil, não obstante as evoluções tecnológicas envolvendo sistemas automatizados, já apresenta hoje um segmento de automação industrial com expressivos resultados, visando sua inserção no mercado mundial, por conta de parques industriais modernos. Neste contexto, encontram-se as máquinas CN, que começaram a ser difundidas na década de 60, e atualmente vem sendo utilizadas com maior intensidade. Sendo assim, a indústria brasileira, já começa a enfrentar as dificuldades oriundas da obtenção de programas CN para máquinas de diferentes fabricantes e modelos. Diante disso, o desenvolvimento de estudos envolvendo os métodos de programação CN se fazem necessários, para que se consiga melhorar, tanto a produtividade destas máquinas, quanto do especialista em programação na elaboração dos programas.

O trabalho proposto surgiu dessa dificuldade constatada, que é a falta de intercambiabilidade dos programas CN entre máquinas de diferentes modelos e fabricantes.

O trabalho desenvolve-se no campo dos tornos CN, por ser uma máquina de enorme demanda aplicativa nas indústrias de transformação metal-mecânica.

## **1.3. Objetivo**

O objetivo deste trabalho acadêmico é investigar os requisitos necessários a uma linguagem de programação CN aplicada a peças rotacionais, que atenda às necessidades de programação de máquinas CN de diferentes modelos e fabricantes.

Nessa direção, o trabalho busca coletar informações quanto às possibilidades de existência de uma linguagem de programação aplicada a tornos, que permita a intercambiabilidade, partindo das expectativas dos fabricantes, necessidades dos usuários, e moldada nos recursos disponíveis a nível eletrônico. Sendo assim, pode-se esperar que os caminhos se abrirão para o surgimento de

uma linguagem que se torne compatível com as arquiteturas de máquinas CN de diferentes concepções.

#### **1.4. Metodologia Utilizada na Investigação Proposta**

A metodologia aplicada ao desenvolvimento deste trabalho foi a de estudo de casos, considerada a mais apropriada à natureza e aos objetivos da pesquisa. Através dessa metodologia, espera-se a obtenção de informações quanto às tendências para o desenvolvimento e alternativas para a linguagem CN, seguida de um conjunto de requisitos referentes a uma linguagem aplicada à programação de tornos.

Segundo EINSENHARDT (1988), a escolha dos elementos da amostra nesta metodologia não deve ser feita de forma aleatória. Ao contrário, eles devem ser escolhidos de forma a prover exemplos polares que preencham as categorias teóricas necessárias e mais conveniente à pesquisa. Atendendo a este preceito, as máquinas, ou os sistemas CN, componentes da amostra deste trabalho de investigação, foram: TRAUB, ROMI, MAXITEC e MCS. Os três primeiros sistemas, (TRAUB, ROMI e MAXITEC) foram selecionados por se enquadrarem na categoria dos que utilizam a linguagem padrão, ou seja, os códigos "G", com características distintas. A seleção do sistema MCS se justifica pelo fato de este prover o exemplo polar, por se enquadrar na categoria dos que utilizam uma linguagem específica (própria) e distinta da dos demais sistemas citados. Os requisitos e informações necessários para a realização desta investigação foram obtidos em diversas fontes, indicadas na figura 1.1.

Um levantamento bibliográfico, apresentado no Capítulo 2 - CONCEITOS GERAIS SOBRE SISTEMAS DE MANUFATURA - permitiu definir com clareza o problema de intercambiabilidade de programas, conhecer as propostas já elaboradas e determinar o estado da arte da linguagem de programação das máquinas CN. Paralelamente ao estudo bibliográfico, foi feita uma análise dos

padrões CN, na qual limitou-se aos padrões G (ISO 6983) e CLDATA (ISO 4343), em detrimento de outros, pelo fato de o primeiro referir-se à maioria dos sistemas CN e o segundo apresentar características de neutralidade. Na conclusão desta etapas, foram elaboradas hipóteses quanto aos requisitos necessários, as quais são tratadas no Capítulo 3 - PRESSUPOSTOS ASSUMIDOS PARA A INVESTIGAÇÃO. Estes, porém, deveriam ser submetidos à opinião de outros especialistas, o que foi realizado por uma pesquisa de campo em que mediante questionário e entrevistas, o problema de intercambiabilidade foi exposto a interessados da área de programação. De posse dos dados referentes ao questionário e entrevistas, foram reavaliadas as hipóteses. Em seguida, e decorrente da pesquisa, foi feita uma análise crítica das informações obtidas nas diversas fontes citadas anteriormente, e foi elencado um conjunto de requisitos necessários a uma linguagem de programação CN. Novamente as empresas foram visitadas, e entrevistados especialistas para a avaliação da proposta, sendo o produto apresentado na forma de conclusão deste trabalho.

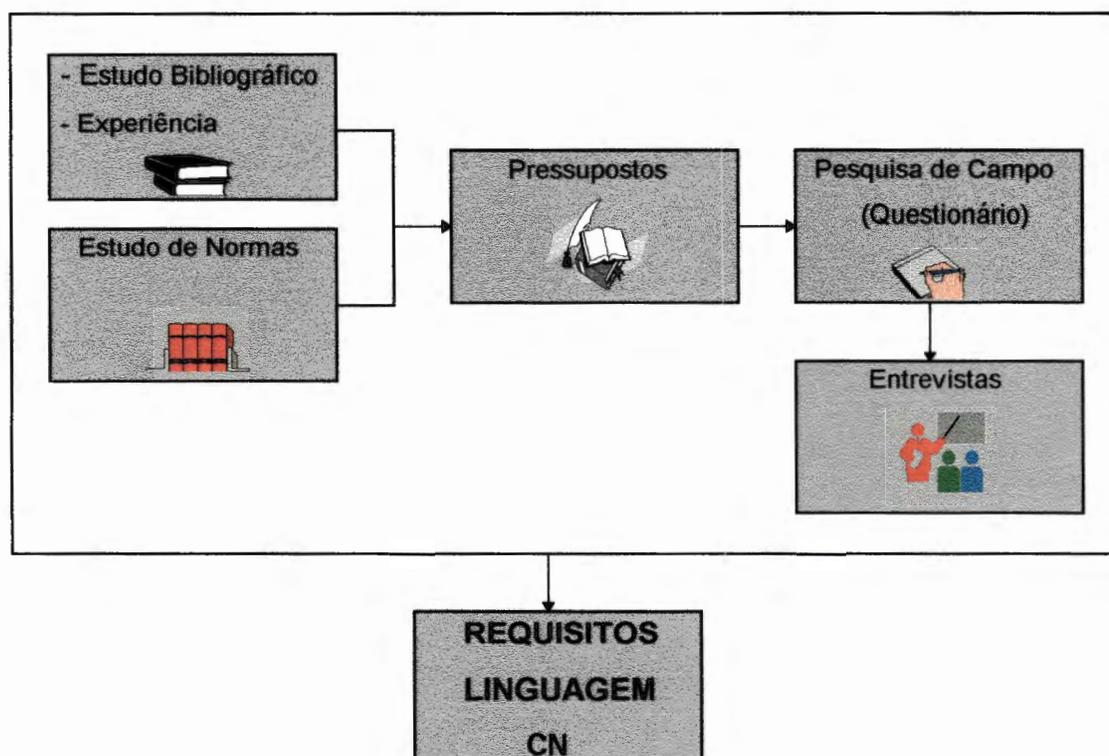


Figura 1.1: Fontes Consultadas

Em decorrência dos diversos aspectos que envolvem esta investigação, cada um com suas particularidades, o pesquisador, será levado durante a aplicação dos procedimentos utilizados em direção ao objetivo proposto, a considerar os conhecimentos de colaboradores, enriquecendo desta forma o trabalho acadêmico.

O critério de escolha das empresas visitadas foi dar preferência as que tinham em suas instalações referentes à produção, máquinas-ferramenta tipo torno, equipadas com os comandos CN TRAUB, ROMI, MAXITEC e MCS; valendo o mesmo critério quanto aos tipos de comando, para os fabricantes de equipamentos CN.

### **1.5. Descrição do Conteúdo**

Para atingir o objetivo apresentado, este trabalho foi estruturado em 4 Capítulos, os quais são brevemente descritos a seguir:

- Capítulo 1 - INTRODUÇÃO - consta da apresentação do trabalho, incluindo o objetivo e a metodologia adotada para o desenvolvimento da investigação proposta.
- Capítulo 2 - CONCEITOS GERAIS DE PROGRAMAÇÃO CN - apresenta uma revisão bibliográfica do sistema de manufatura, envolvendo a programação CN. Com relação a essa programação, são apresentados os conceitos, métodos, linguagens existentes, bem como suas limitações.
- Capítulo 3 - PRESSUPOSTOS ASSUMIDOS PARA A INVESTIGAÇÃO - são apresentados os pressupostos em que se baseou a investigação.
- Capítulo 4 - DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA ADOTADA PARA A INVESTIGAÇÃO - são apresentados, com detalhes, os procedimentos utilizados para o desenvolvimento do trabalho.
- Capítulo 5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES - são apresentados os resultados encontrados através da pesquisa de campo.

Capítulo 6 - CONCLUSÕES - são apresentadas as conclusões do trabalho após a aplicação da metodologia adotada.

Capítulo 7 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS - após a conclusão do trabalho de investigação, vários foram os caminhos abertos para o desenvolvimento de futuros trabalhos de pesquisa nesta área.

## **2. CONCEITOS GERAIS SOBRE SISTEMAS DE MANUFATURA**

Este capítulo apresenta, no item 2.1 - Sistemas de Manufatura, a revisão dos sistemas de manufatura onde se localizam os sistemas CN. No item 2.2 - Fases de Concepção de um Produto, faz-se referência às fases de definição de um produto, com ênfase na de planejamento do processo. O item 2.3 - A Fase de Fabricação, refere-se à aplicação das máquinas-ferramenta no chão-de-fábrica.

No item 2.4 - O Comando Numérico Computadorizado, apresenta-se um breve histórico sobre a evolução do comando numérico, bem como os conceitos fundamentais dessa tecnologia. O item 2.5 - A Programação do Comando Numérico, é dedicado à programação propriamente dita, enfatizando-se as várias linguagens, suas limitações, os métodos de programação e as principais tendências da área.

### **2.1. O Sistema de Manufatura**

O sistema de manufatura pode ser definido como um sistema que tem como objetivo a fabricação de um produto conforme as necessidades impostas pelas exigências do mercado (AGOSTINHO, 1993).

O sistema manufatureiro de bens produtivos sofreu grandes transformações nas últimas décadas, causando profundas alterações nas suas características. Essas alterações são decorrentes dos seguintes fatores: a vida útil dos produtos tem diminuído sensivelmente; grande diversificação dos produtos fabricados e busca cada vez maior de produtividade. Diante desse quadro, as características de produção vigentes durante as décadas de 50 e 60 começaram a mostrar-se inadequadas. Frente a isso, houve a necessidade da adoção de uma nova estrutura para os sistemas de manufatura que se adequasse às novas exigências. Surgiram então: o sistema arranjado na forma de células de fabricação, a aplicação das máquinas-ferramenta de comando numérico; células flexíveis de

manufatura e finalmente sistemas flexíveis de manufatura (FMS - “Flexible Manufacturing Systems”) (DINIZ, 1990b e AGOSTINHO, 1992b).

A figura 2.1 ilustra um exemplo da aplicação da máquina-ferramenta em um sistema arranjado em forma de célula.

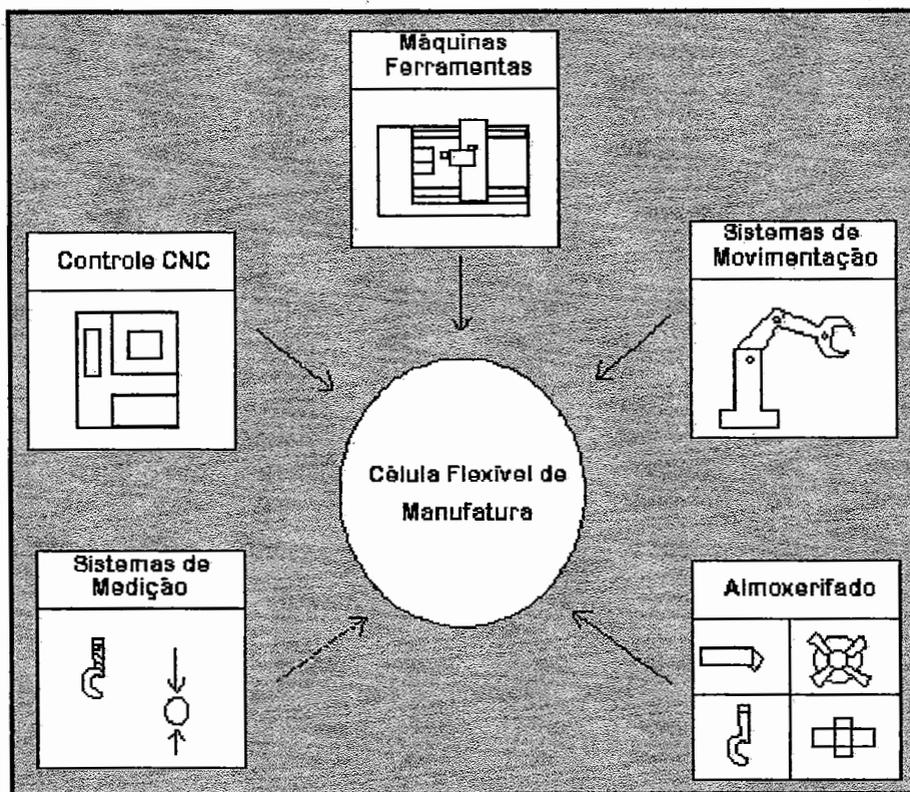


Figura 2.1: A Máquina-Ferramenta CNC em um Sistema Celular (DINIZ, 1990b)

Os sistemas flexíveis de manufatura (FMS) são células com alto nível de automatização. Consistem de grupos de máquinas CN, interligadas por um sistema automático de transporte e armazenamento de materiais, peças e ferramentas, e controlado por um sistema integrado por computador. Os FMS's são capazes de processar, simultaneamente, uma grande variedade de tipos de peças, sob o controle do programa CN nas várias estações de trabalho (GROOVER, 1987).

Como já foi ressaltado anteriormente, atravessa-se atualmente um período em que a evolução dos produtos é extremamente rápida, o que faz com que esses, tenham um ciclo de vida muito curto. Para aumentar a produtividade e manter a competitividade neste mercado, o número de alterações é cada vez maior. Novos métodos e processos estão sendo utilizados com mais frequência, tanto a nível de engenharia quanto de “chão-de-fábrica”, para que a indústria possa responder rápido ao mercado. Desta forma, o sistema de manufatura passa a ser focado como uma questão de maior importância estratégica para as empresas, pois é básico para a eficiência e, em consequência, para a competitividade.

A empresa moderna, para ser competitiva, deverá adaptar-se às exigências do mercado. A capacidade de adaptação pode ser caracterizada por sua adaptabilidade e flexibilidade, conforme definido em AGOSTINHO (1992 b). Estes conceitos podem ser melhor entendidos como:

- Adaptabilidade: é a “capacidade de adaptação da organização industrial como um todo, para a introdução de novos produtos em tempos adequados” e;
- Flexibilidade: é a “capacidade de adaptação das atividades do chão-de-fábrica para implementar alterações de quantidade, tamanhos de lotes e itens diferentes de produtos nos tempos adequados”.

Os índices de adaptabilidade na engenharia e flexibilidade no chão-de-fábrica podem ser obtidos através da aplicação de novas idéias que estão surgindo, em decorrência das evoluções ocorridas na área de informática. Na engenharia tem-se os sistemas de Projeto Auxiliado por Computador (CAD - “Computer Aided Design”); Métodos de Elementos Finitos (FEM - “Finite Element Methods”) para auxiliar a engenharia de projeto e simulação de funcionamento; Planejamento do Processo Assistido por Computador (CAPP - “Computer Aided Process Planing”); na área de planejamento da produção, os sistemas de Planejamento dos Recursos de Manufatura (MRP II - “Manufacturing Resources Planning”); etc. No chão-de-fábrica tem-se os sistemas de Manufatura Auxiliado por Computador (CAM - “Computer Aided Manufacturing”); Comando Numérico Computadorizado (CN - “Computerized

Numerical Control”); Sistemas Flexíveis de Manufatura (FMS - “Flexible Manufacturing Systems”); Robôs; sistemas de transporte automatizados com veículos automáticos (AGV - Automatic Guided Vehicle).

### **2.1.1. Elementos Principais em um Sistema de Manufatura**

Neste item, apresenta-se o sistema de manufatura através da descrição de seus elementos principais. A empresa é caracterizada através de suas áreas funcionais, com suas respectivas atividades, e o sistema de informações. As áreas funcionais são geralmente assim divididas - Figura 2.2:

- A área de administração de negócios pode ser dividida em funções de administração, planejamento financeiro, contabilidade, relações públicas, recrutamento e seleção (NAVARRO, 1991 ).
- A área de vendas promove as vendas propriamente ditas, cotações, planejamento de projeto/produção, as funções de custo e estimativas. Essa área deve estar integrada à área de marketing, para receber informações sobre as definições de preços, prazos de entrega e plano de vendas (RESENDE & SACOMANO, 1991 ).
- A área de marketing tem como função principal detectar as necessidades do mercado consumidor em termos de produto, sendo que isto ocorre através de pesquisas. É também responsável pela definição do prazo de implementação do produto (AGOSTINHO, 1992b).
- A área de engenharia tem como objetivo desenvolver novos produtos, determinar os processos de produção e fornecer informações de pré-produção (AGOSTINHO, 1992b).

O planejamento do produto consiste nas várias etapas necessárias à realização do projeto de um produto e baseia-se nas especificações feitas pela área de marketing. Cada desenho necessita de um

planejamento de processo, que inclui a sequência de operações e suboperações de fabricação, escolha de ferramental, condições de usinagem, tempos de fabricação e confecção de programas CN, caso seja utilizada uma máquina CN (CHANG & WISK, 1985 ).

- A área de planejamento e controle da produção coordena a produção e tem como objetivos (RESENDE & SACOMANO, 1991):
  - controlar as operações de fabricação através da emissão de ordens;
  - emitir informes para o controle do estoque e para o planejamento de materiais;
  - interligar as funções de planejamento de materiais com a de estudos de carga e decisões de compra, com a de fabricação, formando assim uma base para a liberação de novas ordens.
- Na área de chão-de-fábrica, ocorre o gerenciamento da produção, a inspeção e testes de qualidade, transferência de materiais, etc. Nesta área atuam sistemas de auxílio à manufatura (AGOSTINHO, 1992a ).

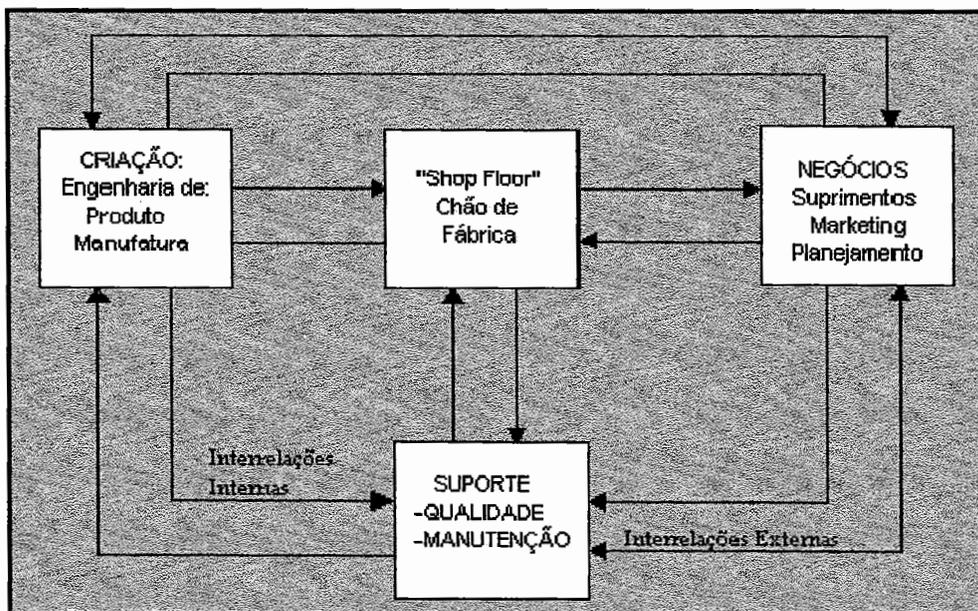


Figura 2.2: Áreas Funcionais da Empresa (AGOSTINHO, 1993)

## **2.2. Fases de Concepção de um Produto**

Descritas as principais áreas dentro de uma empresa típica, passa-se a analisar as fases pelas quais um produto passa dentro de um sistema de manufatura, desde a sua definição até o final da fabricação.

### **2.2.1. Fase de Projeto**

O projeto do produto, situado na área de engenharia, é responsável pela criação, modificação, análise e otimização de especificações feitas pela área de marketing (GROOVER & ZIMMERS, 1984).

Na fase de projeto, definem-se as características técnicas, medidas físicas, tolerâncias e sobremetal do produto, dividindo-o em subconjuntos que são dimensionados e especificados através de desenhos, lista de materiais, etc.

### **2.2.2. A Fase de Planejamento do Processo**

O planejamento do processo estabelece a interface entre o planejamento do produto e o planejamento da produção. Ao receber o desenho do produto, através da Engenharia de Projetos, o setor de Processos elabora um processo de fabricação, ou plano de produção, onde são estabelecidos padrões em métodos e processos.

Atualmente, com o surgimento das máquinas CN, as quais precisam de informações detalhadas sobre as operações e das condições de usinagem para que seja elaborado o programa CN, o setor de planejamento deve estar muito bem estruturado e integrado aos demais setores da empresa, para atender a essa nova tecnologia.

Segundo ROZENFELD (1994), o planejamento do processo tem como propósito estabelecer os processos a serem executados em um determinado produto, de acordo com as especificações do projeto. O resultado obtido é o documento denominado "plano de processo", sendo também conhecido por "roteiro de fabricação", "folha de processo" ou "folha de operações".

#### **2.2.2.1. Conteúdo do Plano de Processo**

O plano de processo deve conter os procedimentos necessários para transformar a matéria-prima em uma peça acabada. O termo "capacidade de processo" é a base de conhecimento de cada processo de fabricação, que inclui (CHANG & WISK, 1985):

- a forma e a medida que um processo pode produzir;
- as tolerâncias dimensionais e geométricas que podem ser obtidas;
- o acabamento superficial que pode ser obtido;
- a quantidade de material possível de ser removida;
- o custo relativo;
- outras características.

Cada empresa necessita de um plano de processo específico. O grau de detalhamento do plano também é específico, sendo este, dependente dos seguintes fatores: tipo de utilização, (usinagem, fundição, montagem, etc); tipo de informação: cada aplicação define as informações necessárias que devem constar no plano; e tipo de estrutura do plano, que é determinada pelo grau de detalhamento de cada informação.

Os tipos de informações em um plano de processo são os seguintes:

- Informações gerais e organizacionais, tais como: data de planejamento, nome do processista, empresa, etc;
- Informações sobre peça em bruto e acabada, como a identificação da peça, número do desenho, etc;

- E o último tipo de informação, que se refere à sequência de operações e seus atributos, tais como: descrição da operação, máquina, ferramental/dispositivos, etc (ROZENFELD, 1992a).

Os planos de processo podem variar muito, mas contêm como informações fundamentais, a sequência de operações, máquinas, ferramentas, tempos de fabricação, centro de custo, entre outras.

#### **2.2.2.2. As Funções do Planejamento do Processo**

As funções do planejamento do processo visam tornar o fluxo de produção o mais eficiente possível e com o máximo de produtividade. Para que essa meta seja alcançada, o nível de detalhamento das folhas de processo deve ser o maior possível. Quanto maior o detalhamento da folha de processo, maior será o número de elementos para se trabalhar com a programação CN.

As funções do planejamento do processo podem ser divididas em dois grupos (ROZENFELD, 1989a) - Figura 2.3:

- planejamento macro;
- planejamento das operações.

No planejamento macro, são determinados os dados organizacionais, a peça em bruto, os processos e operações de usinagem, a sequência das operações e o maquinário necessário. Na determinação das operações obtém-se suas suboperações, o ferramental, condições de usinagem, tempos de fabricação e programa CN, que consiste do planejamento de uma operação que deve ser detalhada em suboperações, na forma "entendida" pelo CN, caso seja realizada em uma máquina com este recurso.

Dependendo do grau de detalhamento, podem ser adicionadas outras funções, para que desta forma as informações constantes no plano sejam complementadas. A figura 2.4 exemplifica um plano de processo, identificando as funções de planejamento do processo.

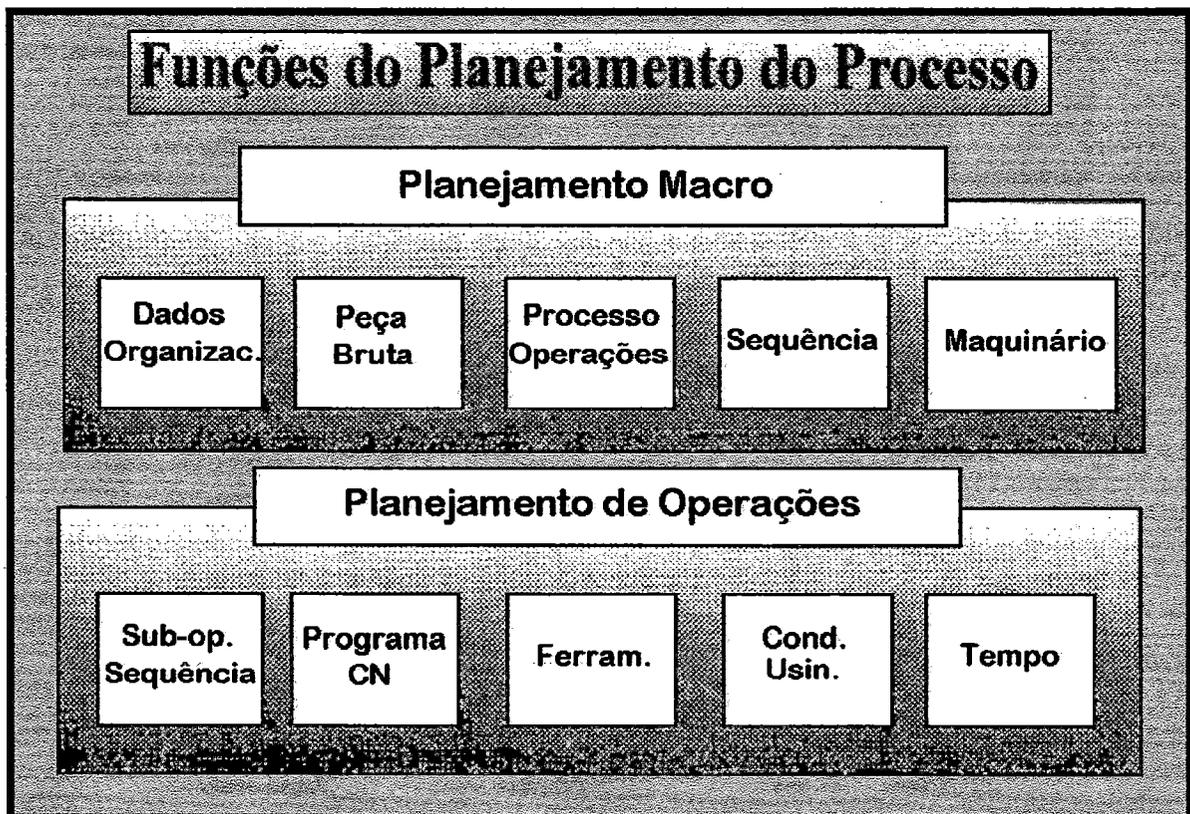


Figura 2.3: Planejamento Macro e Planejamento de Operações

O principal objetivo a ser alcançado com o emprego do planejamento do processo é aumentar a produtividade com a aplicação de novos métodos e processos, garantindo qualidade e diminuição de custos (ROZENFELD, 1992a).

### 2.2.2.3. Métodos de Planejamento do Processo

Os sistemas de planejamento do processo utilizam os seguintes métodos para o planejamento:

- Planejamento do Processo Convencional;
- Planejamento do Processo Assistido por Computador.

O planejamento do processo convencional é produzido por especialistas, baseado em experiências pessoais. A exatidão e a consistência do plano de processo depende exclusivamente da experiência dos especialistas em processo, conhecimento das práticas usuais de fabricação e habilidade de interpretação das necessidades de projeto do produto. O tempo disponível para completar a estimativa ou plano de processo terão também grande influência nos resultados (LOGAN, 1990).

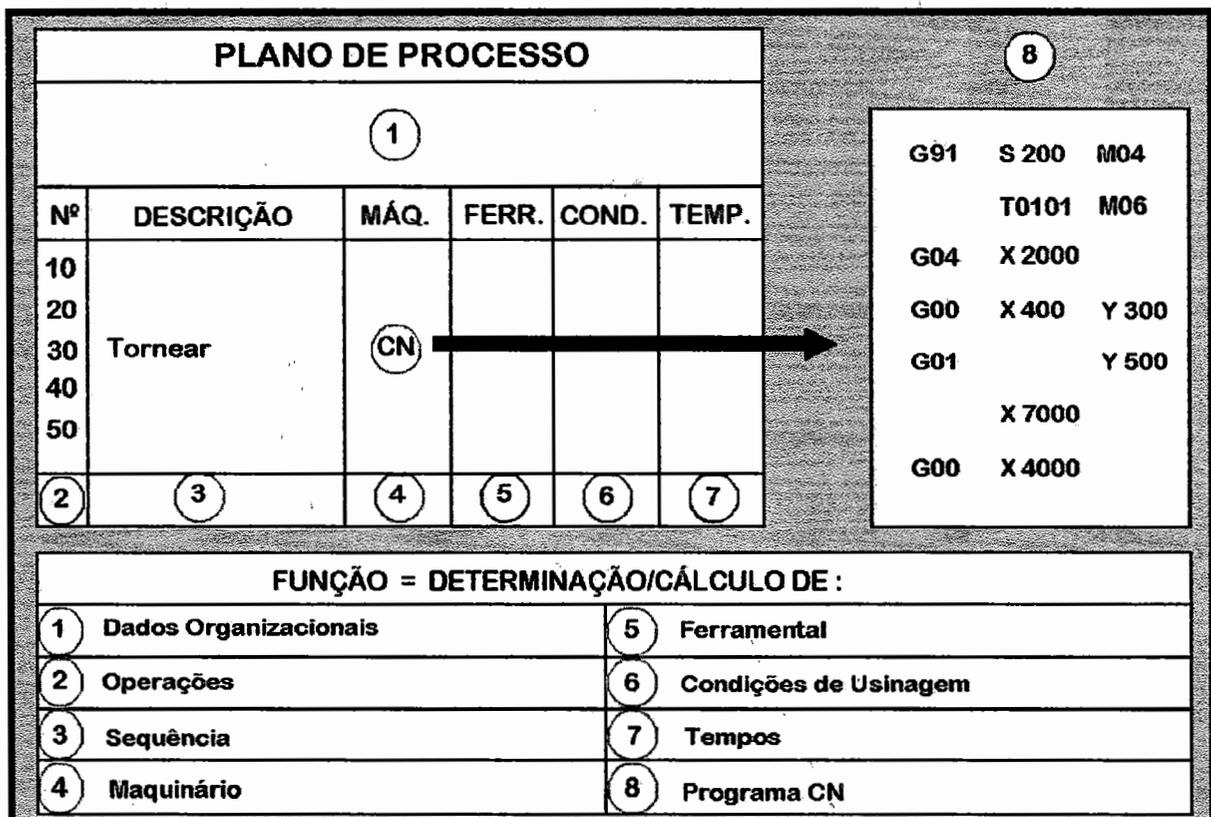


Figura 2.4: Funções do Planejamento do Processo (ROZENFELD, 1992a)

Num sistema convencional de planejamento do processo, geralmente o plano de processo é obtido através do desenvolvimento de diversas funções de planejamento, que podem ser divididas em três fases (MARSHALL, 1985):

a- Determinação da Estratégia de Manufatura:

- definição dos processos necessários;

- máquinas-ferramenta requeridas;
- ferramental e dispositivos;
- b- Análise do plano de produção:
  - profundidades de corte e número de passes em cada operação de usinagem;
  - avanço e velocidade de corte em cada passe;
  - tipo de processo de acabamento para obter as especificações estabelecidas pelo projeto;
  - métodos de inspeção ;
- c- Tempos e Custos:
  - cálculo e definição dos tempos e custos de todas as etapas do processo de produção;
  - subconjunto e/ou montagem.

Num sistema de planejamento do processo convencional, o desenvolvimento das atividades é trabalhoso e demorado, pois a elaboração de documentos é feita manualmente, bem como as consultas referentes a: desenho de peças, folha de processo, dados de materiais, dados de máquinas, dados de centro de custo, dados de processos, programação CN, etc.

Em decorrência das dificuldades de recuperação e consulta nos sistemas manuais de planejamento do processo, frente à constante modernização das áreas de projeto e manufatura, as tarefas de planejamento do processo têm sido estudadas e sistematizadas, empregando-se o computador para automatizar as diferentes funções de planejamento, tendo como objetivo a busca de melhores técnicas para orientar a fabricação (NORMANN & ROSA, 1989).

O Planejamento do Processo Auxiliado por Computador (CAPP) é responsável pela determinação dos processos de usinagem e sua sequência, para transformar o material bruto em produto acabado, com auxílio do computador (GROOVER, 1987). O sistema de planejamento do processo auxiliado por computador permite uma rápida recuperação e consulta de dados, engloba a

seleção de ferramentas, máquinas e dispositivos de fabricação, sendo este a interface entre o projeto auxiliado por computador (CAD) e a fabricação auxiliada por computador (CAM).

Segundo NORMANN & ROSA (1989), os benefícios de um sistema CAPP são: o aumento da produtividade dos planejadores, a redução do tempo e custo do planejamento, a redução do custo da manufatura e a criação de planos mais consistentes e precisos.

A importância de um sistema CAPP na indústria moderna está na sua filosofia de integração da fabricação, pois o planejamento do processo é o elo de ligação entre o projeto e a manufatura. Através deste, as informações de um projeto são traduzidas na linguagem da manufatura (CHANG & WYSK, 1985).

Dos métodos de planejamento do processo auxiliados por computador, os tradicionalmente empregados são o variante e o generativo (ROZENFELD, 1992a).

O sistema CAPP variante é também conhecido como "sistema de planejamento recuperativo". Nesse método, o processista tem como base um plano já existente, e o edita para efetuar as modificações, de acordo com os requisitos específicos do componente que está sendo planejado, gerando desta forma um novo plano.

No sistema CAPP variante, o sistema de recuperação é análogo ao planejamento baseado na experiência, sendo o mecanismo de recuperação baseado em família de peças (CHANG & WYSK, 1985).

Conforme LOGAN (1990), entende-se por generativo "a capacidade de gerar planos de processo através da seleção de elementos em banco de dados e sua utilização na realização de cálculos, baseando-se em regras de decisão e fornecendo resultados nos formatos requeridos pelos sistemas que os utilizarão".

Um outro método de planejamento auxiliado por computador é definido por NORMANN & ROSA (1989) como sendo o meio equilibrado entre o variante e o generativo, uma vez que possui características de ambos os métodos, sendo por isso denominado de "sistema híbrido".

### 2.3. A Fase de Fabricação

A fabricação é a fase que ocorre no chão-de-fábrica, também conhecido por “shop-floor”. Nesta fase, tem-se a execução das atividades produtivas, onde as informações referentes à manufatura da peça são transferidas e posteriormente processadas pelas máquinas-ferramenta.

Nos últimos anos, as indústrias de transformação metal-mecânica têm-se empenhado em produzir de forma cada vez mais eficiente, por exigência do mercado consumidor e principalmente devido à concorrência internacional. Os produtos, em geral, têm evoluído sensivelmente, apresentando componentes com formas complexas e com alta precisão. Por outro lado, a conjuntura econômica vem obrigando, cada vez mais, as empresas a produzirem de maneira eficiente.

A aplicação das máquinas-ferramenta de comando numérico computadorizado (CN) no chão-de-fábrica foi decisiva para que a indústria de transformação pudesse superar os desafios apresentados, buscando como meta o trabalho eficiente a um custo final de produto bastante favorável. Com isto, as empresas vêm se tornando altamente competitivas, tanto no mercado interno como no externo (TRAUB, 1990).

As máquinas-ferramenta CN, devido às suas características e à grande capacidade de armazenar informações, permitem a automatização do processo de fabricação e interferem no processo produtivo da empresa como um todo. Essa interferência ocorre principalmente:

- No projeto do produto: tendo em vista a disponibilidade de recursos das máquinas equipadas com CN, é possível realizar formas mais complexas, com maior rapidez e flexibilidade de fabricação;
- No planejamento do processo: a sequência de operações para a máquina CN difere bastante da sequência das máquinas convencionais. Diversas operações podem ser agrupadas em uma só máquina, com diferentes ferramentas. Por exemplo: um centro de

usinagem pode efetuar operações de fresamento e furação sem a necessidade de máscaras de furação;

- No planejamento econômico: com tempos de montagem e preparo extremamente baixos, economia de tempo de operação e alta flexibilidade, a máquina CN permite executar lotes pequenos rapidamente, vindo atender às exigências do mercado atual;
- Na produção: em um programa CN, as tarefas para a máquina são definidas durante a programação, bem como as instruções para executá-las.

### **2.3.1. Generalidades**

Na indústria de transformação metal-mecânica, sempre se buscou o aprimoramento das máquinas e ferramentas utilizadas, visando principalmente: simplificar as tarefas, aumentar a produtividade, melhorar a qualidade e, mais recentemente, aumentar a flexibilidade dos sistemas produtivos. Um exemplo dessa evolução é o que ocorreu com o torno mecânico, que partindo do torno universal, passando pelo torno revólver, torno copiador, chegou ao torno automático com programação eletro-mecânica. No entanto, nenhuma dessas soluções oferecia a flexibilidade necessária à fabricação dentro de conceitos mais modernos, onde os lotes de peças são cada vez menores e mais diversificados. (MACHADO, 1986).

Finalmente, chegou-se às máquinas-ferramenta com comando numérico, que viabilizam a fabricação em pequenos lotes e de peças com geometrias muito complexas. Isso tudo devido aos recursos de programação eletrônica existentes, que podem ser aplicados às mais variadas sequências de usinagem. Este foi o primeiro passo na busca da operação autônoma das máquinas-ferramenta, pois as operações passaram a ser comandadas pelos programas recebidos por intermédio de entradas próprias, praticamente sem a interferência humana (COSTA & CAULLIRAUX, 1995).

As máquinas-ferramenta CN, de uma forma geral, evoluíram muito nos últimos anos. A incorporação de "hardwares" de última geração à máquina-ferramenta, implicou em profundas alterações nas características construtivas (TRAUB,1990).

A evolução construtiva da máquina-ferramenta CN permitiu que se tivesse à disposição maiores recursos e capacidades de trabalho, para a usinagem de uma peça na forma mais completa possível, em uma única fixação. Tal evolução permitiu o uso de máquinas-ferramenta CN em todos os segmentos das indústrias de manufatura que envolvam o arranque de cavaco, com aplicação não somente nas empresas de grande porte, como no início da tecnologia CN, mas também nas de pequeno e médio portes (TRAUB,1990).

### 2.3.2. A Máquina CN

A parte eletrônica de uma máquina CN ("hardware") é a plataforma para os serviços de comunicação, medição, controle e tecnologia de acionamento dos sistemas CN.

Os componentes de um sistema de comando numérico são: as unidades de entrada e saída, a unidade de acionamento, unidade de funções auxiliares, atuadores, máquina, sensores e a unidade de comando - Figura 2.5.

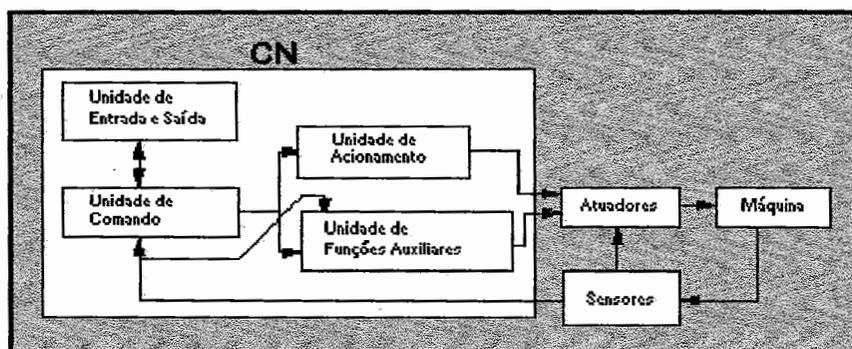


Figura 2.5: Componentes de uma Máquina de Comando Numérico

A máquina-ferramenta CN é o elemento que usina a peça, sendo formada pela máquina propriamente dita, incluindo as unidades motoras, hidráulicas e pneumáticas, e ainda os sistemas de refrigeração, transportadores de cavacos e outros (TRAUB, 1984).

Um fator decisivo nas características de funcionamento das máquinas CN foi o desenvolvimento das transmissões da árvore principal de trabalho e dos sistemas de avanço de usinagem. Motores de corrente contínua possibilitam o acionamento do eixo da árvore principal, permitindo a variação contínua das rotações (TRAUB, 1988).

Os subsistemas relevantes do ponto de vista do controle da máquina são o comando numérico computadorizado (CN) propriamente dito, o sistema de acionamento e os dispositivos de medição realimentados ("feedback") (MENDES, 1996).

O comando numérico é um sistema elétrico-eletrônico que comanda os diversos elementos da máquina: eixos de avanço, dispositivos de medição, árvore principal, meio de fixação da peça, dispositivo de troca de ferramenta, eixos giratórios e demais eixos de avanço, cuja função é controlar a usinagem, isto é, receber as informações que descrevem o processo de usinagem através de um programa CN e transmiti-las às diversas partes que integram a máquina-ferramenta (TRAUB, 1984).

O CN consiste de três partes: o controle de servo, o controle de movimentação e a interface com o operador. O controle de servo é um subconjunto do controle de movimentação, que processa os comandos de programa. O "hardware/software", exigido pela interface do operador, é a parte do CN que recebe dados numéricos e/ou gráficos de entrada e converte em comando de movimento para o controle de movimentação. A interface de operação mostra informações para o operador da máquina e pode se comunicar com outros computadores (MENDES, 1996).

O princípio de funcionamento de uma máquina CN consiste no recebimento de um programa pela unidade de entrada/saída, na leitura, interpretação, armazenamento e na sua execução (COSTA & CAULLIRAUX, 1995).

O processamento de programas de usinagem pode ser dividido em duas partes principais: pré-processamento e interpolação. No pré-processamento, a unidade de controle lê os blocos de programa CN, converte seus dados em formato binário e faz os cálculos necessários para gerar o caminho da ferramenta. A interpolação é o processo no qual o CN calcula pequenos segmentos lineares, conectando pontos no caminho da ferramenta e passando-os ao controle de posição.

As interpolações dos movimentos em uma máquina de comando numérico eram realizadas por um "hardware" especial, dedicado a esta função. Por isso, a trajetória da ferramenta ficava limitada pela capacidade de interpolação desse "hardware". Atualmente, essa tarefa passou a ser desenvolvida dentro da unidade de comando, através de "softwares" específicos, o que possibilitou o desenvolvimento de interpolações mais complexas, tais como a circular (COSTA & CAULLIRAUX, 1995).

O controle do programa, em conexão com o adequado sistema de medição, bem como a tecnologia de acionamento, são elementos de processamento da informação. Do ponto de vista dos últimos 50 anos de desenvolvimento de máquinas, estes são os fatores que direcionam a inovação para máquinas-ferramenta CN (PRITSCHOW & JUNGHANS, 1996).

Atualmente, os comandos CN permitem uma enorme facilidade de programação. Isto significa que, os mais modernos ampliaram as funções de programação com relação às inicialmente desenvolvidas pelas normas DIN 66025 ou ISO/105R (TRAUB, 1988).

As modernas máquinas-ferramenta CN permitem uma rápida preparação do equipamento, oferecendo maiores recursos operacionais. Inicialmente, a introdução do programa planejado, dependendo da estrutura de trabalho da empresa, pode ser feita através da leitura de fitas perfuradas, via teclado de

operações da máquina ou conexão direta da máquina a um computador central com terminal em um centro de programação.

Em seguida, como tarefa fundamental na preparação da máquina, tem-se a preparação das ferramentas. Finalmente, para auxiliar a otimização do programa e facilitar a preparação da máquina, existem, atualmente, sistemas de representação gráfica que simulam o caminho da ferramenta, segundo o programa elaborado. Tais sistemas auxiliam no controle do processo de usinagem, verificação da geometria da peça, previsão de eventuais colisões e controle das medidas programadas.

## **2.4. O Comando Numérico Computadorizado**

### **2.4.1. Histórico**

Segundo GROOVER & ZIMMERS (1984), o CN teve sua origem no final da década de 40, através de pesquisas desenvolvidas por John T. Parsons, da empresa Parson Corporation. Parsons criou o sistema "Digitron", um tipo de máquina comandada numericamente, que possuía entrada de dados por cartão perfurado, e com pequenos incrementos conseguia gerar a superfície de uma asa de avião.

Em 1948, foram demonstrados os conceitos de Parsons para a Força Aérea dos Estados Unidos. Em 1949, firmou-se convênio entre o Laboratório de Servo-Mecanismos do MIT, a U.S. Air Force e a Parsons Corporation, para pesquisa e desenvolvimento de um projeto referente a um sistema controlado automaticamente. Surgiu então o primeiro esforço organizado para a aplicação do controle numérico em máquinas-ferramenta (GROOVER & ZIMMERS, 1984).

O primeiro protótipo foi uma fresadora vertical com três eixos, a Hydrotel, da Companhia Cincinnati Milling Machine. Após cinco anos de pesquisa e desenvolvimento, o protótipo estava terminado, os controles de copiagem foram removidos e a máquina foi aparelhada com um equipamento de comando numérico. A máquina possuía caminho contínuo em todos os eixos, sendo necessárias rotinas

de computação bem como uma linguagem para programá-la, as quais haviam sido desenvolvidas previamente (MACHADO, 1986).

O protótipo logo despertou o interesse dos construtores de máquinas, que se empenharam na pesquisa e desenvolvimento desta área. Na exposição de máquinas de 1955, foram apresentadas as primeiras máquinas comandadas numericamente. Também em 1955, a "Gidding Lewis" produziu a primeira "SKIN MILL", a grande copiadora multi-eixos para a Força Aérea dos Estados Unidos. A seguir, a "BURG" contribuiu significativamente para a criação de máquina para uso comercial, ao introduzir no mercado sua linha de furadeiras de cabeçote revólver, comandadas numericamente (CAMANHO, 1986).

Nesta época, os fabricantes de máquinas-ferramenta procuraram diversificar os comandos em alguns itens e recursos e, mesmo com a normalização, verificou-se a dificuldade de se programar manualmente peças de geometria complexa, para uma diversificação de linguagens já existente nos comandos numéricos. Surgiram então estudos sobre uma linguagem de programação padrão para qualquer máquina CN, que permitisse programá-la facilmente.

O desenvolvimento da linguagem começou na Eletronic Systems Laboratory do MIT, em colaboração com a Indústria Aeronáutica dos EUA (BESANT, 1985 ). Em 1956, surgiu a primeira linguagem automática para controle numérico, denominada de APT- "Automatically Programmed Tools", que propiciou a primeira intervenção do computador como importante elemento de auxílio à fabricação.

Em 1958, controles de copiagem contínua foram substituídos pelos controles de posicionamento ponto a ponto, e geração contínua de contorno, e ocorreu o desenvolvimento e aplicação do trocador automático de ferramentas, que sofreu grandes revoluções em 1959 (MACHADO, 1986). A "Kearney Trecker" revolucionou o mercado ao apresentar o primeiro "Machining Center".

Devido ao grande número de concorrentes e às diversificações existentes entre os controles desenvolvidos e utilizados até então, houve a necessidade de padronização do formato de entrada de dados no sistema CN. Isso ocorreu em 1958,

através de estudos organizados pela EIA, e, conforme padrão RS 244, foi criada a norma EIA 244 (MACHADO, 1986).

No final da década de 50, com os incrementos no uso de equipamentos contínuos, através da geração contínua de contornos, as indústrias asseguraram um grande progresso. Nesse período, obteve-se o cumprimento do programa de produção e o grau de precisão exigido, a custos razoáveis, os quais não poderiam ter sido obtidos sem o uso do CN.

A década de 60 assinalou o surgimento de novos sistemas, como os controles adaptativos desenvolvidos pela "Bendix" e máquinas foram especialmente projetadas para receber o CN.

Em 1961, apareceu a furadeira com posicionamento da mesa controlado por comando numérico, com custo baixo, quando comparado com outras máquinas CN (MACHADO, 1986).

No ano seguinte, os maiores fabricantes de máquinas estavam empenhados no desenvolvimento do CN, sendo que, a partir desta data, ocorreu também um crescimento significativo quanto à aplicação de máquinas-ferramenta CN na indústria de transformação metal-mecânica.

A partir do início da década de 70, surgiram as primeiras máquinas CNC (Controle Numérico Computadorizado), cujos controles estabelecidos por minicomputadores passaram a ser integrados ao sistema. Em 1977, surgiram os CNCs, utilizando a tecnologia dos microprocessadores (MACHADO, 1986).

A partir de 1979, face ao desenvolvimento da eletrônica, e em particular dos microprocessadores com alta capacidade de endereçamento e memorização, foi possível desenvolver-se, de forma altamente econômica, comandos numéricos aplicáveis a máquinas-ferramenta que permitissem a introdução manual de dados diretamente no chão-de-fábrica (TRAUB, 1988).

Os avanços ocorridos na área da microeletrônica possibilitaram a concepção de unidades cada vez mais poderosas e economicamente viáveis. Significativas evoluções técnicas nestes desenvolvimentos fizeram com que a aplicação do CN em máquinas-ferramenta não fosse mais um privilégio das grandes

empresas. Tais evoluções tecnológicas proporcionaram um emprego mais flexível das máquinas, comparado com os métodos tradicionais, e sensível melhora na rentabilidade da fabricação (TRAUB, 1988).

Muitos sistemas de entrada de dados foram experimentados e abandonados: os cartões deram lugar às fitas perfuradas, estas às fitas magnéticas e, recentemente, à aplicação de sistemas assistidos por computador com comunicação direta.

O desenvolvimento e a aplicação dos sistemas CNC não se restringiram somente à área de usinagem, sendo utilizados também em outras, tais como: soldagem, robótica, metrologia, etc.

A tecnologia CN chega ao Brasil em 1968, com a instalação de um centro de usinagem horizontal "Kearney Trecker", na empresa Ford. Em 1969, foi instalada outra máquina do mesmo fabricante, na empresa Worthington Máquinas S.A., e em 1970, a terceira, na Equipamentos Clark (STEMMER & FERREIRA, 1984).

A década de 70 se inicia com a aplicação de três máquinas CN no setor produtivo das indústrias nacionais. Desde então ocorreu um crescimento significativo na demanda de máquinas comandadas numericamente, instaladas no parque fabril brasileiro.

Foram desenvolvidas várias máquinas CN nacionais. No início, os controles e seus equipamentos ainda eram importados. Nesta fase, as indústrias ROMI se destacaram como sendo os primeiros fabricantes de máquinas-ferramenta comandadas numericamente, apresentando em 1971 o torno CN com o comando "SLO-SYN".

Após a fase do pioneirismo das indústrias nacionais, vários outros fabricantes se empenharam na pesquisa e desenvolvimento de máquinas CN, e mais tarde também com a introdução dos microprocessadores.

#### 2.4.2. Conceitos Fundamentais em Tecnologia de Comando Numérico (CN)

Segundo MACHADO (1986), "O Comando numérico é um equipamento capaz de receber informações, por meio de entrada própria de dados, compilar estas informações e transmiti-las em forma de comando para a máquina, de modo que esta, sem a intervenção do operador, realize as operações na sequência programada".

A expressão "controle numérico", em uma conceituação mais simples, é a designação de um processo no qual as máquinas são controladas por meio de uma série de instruções codificadas, as quais seriam "entendidas" e processadas por máquinas CN, possibilitando o trabalho automático.

A idéia do CN é colocar todas as informações geométricas e tecnológicas necessárias à fabricação de uma peça num portador de informações, como por exemplo a fita perfurada, e comandar automaticamente a máquina a partir deste portador, com o auxílio de uma leitora de informações e um sistema de codificação capaz de transformar os dados lidos em movimentos apropriados da máquina (STEMMER & FERREIRA, 1984).

O comando numérico, em uma versão mais ampla, pode ser usado como uma filosofia de produção e gerenciamento. A técnica deste sistema consiste basicamente num novo método de organização das informações requeridas para o processo, bem como uma forma de introduzir essas informações no processo. Portanto, o CN abrange, principalmente, um novo método de organização da produção. Desta forma, o comando expande-se, por toda a estrutura organizacional da empresa, tanto nos meios de informações diretos como indiretos (STEMMER & FERREIRA, 1984).

O comando numérico causou uma revolução na indústria de manufatura. Seu sucesso permitiu um número grande de extensões e melhorias do conceito e da tecnologia iniciais.

O mercado atual mostra que muitos fornecedores estão desenvolvendo comandos extremamente específicos, incluindo "hardware", e "software" de

aplicação, constituindo-se em sistemas particulares. Devido a isso, as aplicações desenvolvidas como por exemplo, um programa, não podem ser usadas em sistemas CNC de diferentes fabricantes. As interfaces diferem muito entre os fabricantes e são, muitas vezes, associadas somente a uma determinada família de processadores (PRITSCHOW & JUNGHANS, 1996).

### **2.4.3. Evolução dos Sistemas CN**

Desde os tornos mecânicos convencionais até os atuais centros de torneamento, diversas inovações foram introduzidas. Da mesma forma deu-se a evolução desde os primeiros CN, com programação por cartões ou fitas perfuradas, até as modernas unidades de controle, com interpolações em vários eixos, programação via sistemas assistidos por computador (COSTA & CAULLIRAUX, 1995).

Os estágios desta evolução foram: Controle Numérico (CN), Controle Numérico Computadorizado (CNC), Controle Numérico Direto/Distribuído(DNC) e Controle Numérico Adaptativo (CNA).

A estruturação do sistemas CN foi o primeiro passo para a evolução pela qual passaram as unidades de comando para as máquinas-ferramentas, nos últimos 40 anos. Atualmente são consideradas limitadas, realizam tarefas mais simples e apresentam capacidade mínima de armazenamento (COSTA & CAULLIRAUX, 1995). Esta estrutura é constituída por um comando, onde o programa CN é introduzido através de uma leitora externa, como a fita e cartões perfurados.

Atualmente, estes sistemas não são mais utilizados, uma vez que a grande maioria sofreu adaptações (Retrofitting) para sistemas CNC.

A tecnologia DNC, e a CNC, envolvem a união das respectivas tecnologias de computação e controle numérico. O Comando Numérico Direto (DNC) foi desenvolvido primeiro e envolve o uso de um computador de grande capacidade. Os desenvolvimentos do "hardware" levaram a computadores menores, sendo uma

das consequências dessa tendência o uso de um computador para cada máquina-ferramenta. Este estágio foi denominado “Comando Numérico Computadorizado (CNC) (DINIZ, 1990b).”

A evolução do CN para o CNC, implicou na mudança do sistema eletrônico, ou “hardware”, principalmente onde ocorreu a substituição do gabinete de controle pelo computador. O objetivo desse sistema foi substituir, tanto quanto possível, circuitos eletrônicos por programação (“software”).

Esta evolução ocorreu juntamente com a microeletrônica, e valeu-se de recursos desenvolvidos originalmente para os microcomputadores, que vão desde microprocessadores até os recursos de entrada de dados, tais como as unidades de discos magnéticos e óticos, unidades de fita magnética, unidades de vídeo ou mesmo redes de comunicação de dados (COSTA & CAULLIRAUX, 1995).

A estrutura CNC baseia-se na adoção de um microcomputador dedicado ao controle do sistema, com razoáveis capacidades de processamento local. O constante aperfeiçoamento dos sistemas CNC, bem como dos computadores, implicou em sistemas menores e mais rápidos, podendo armazenar maior quantidade de dados, e mais poderosos no que tange às funções que podem desempenhar. Um exemplo é a facilidade de operação, permitindo ao operador, não somente introduzir programas como também programar e editar diretamente no comando.

Esta estrutura é a mais difundida atualmente em termos de comandos para máquinas-ferramenta. No entanto, usualmente, trata-se do que se convencionou chamar “Tecnologia CN”.

Os sistemas de controle de máquinas-ferramenta CNC são denominados de Controle Numérico Direto (DNC), e sua introdução no processo de fabricação permite uma integração completa dos sistemas de produção no chão-de-fábrica. O DNC passa a ter a função de interligar o chão-de-fábrica a outros setores da empresa (MOREIRA, 1989).

A estrutura DNC, cujo termo foi criado em 1960, originalmente significava a transferência direta de dados de grandes sistemas computacionais (DINIZ, 1990b).

Esta estrutura consiste no controle direto de máquinas-ferramenta pelo computador central, que pode controlar até dezenas de máquinas simultaneamente. Não se torna necessária, neste caso, a presença de leitoras de fita ou qualquer dispositivo de entrada de programas junto à máquina, já que esses são transferidos diretamente da memória do computador para a unidade de comando (COSTA & CAULLIRAUX, 1995) - Figura 2.6.

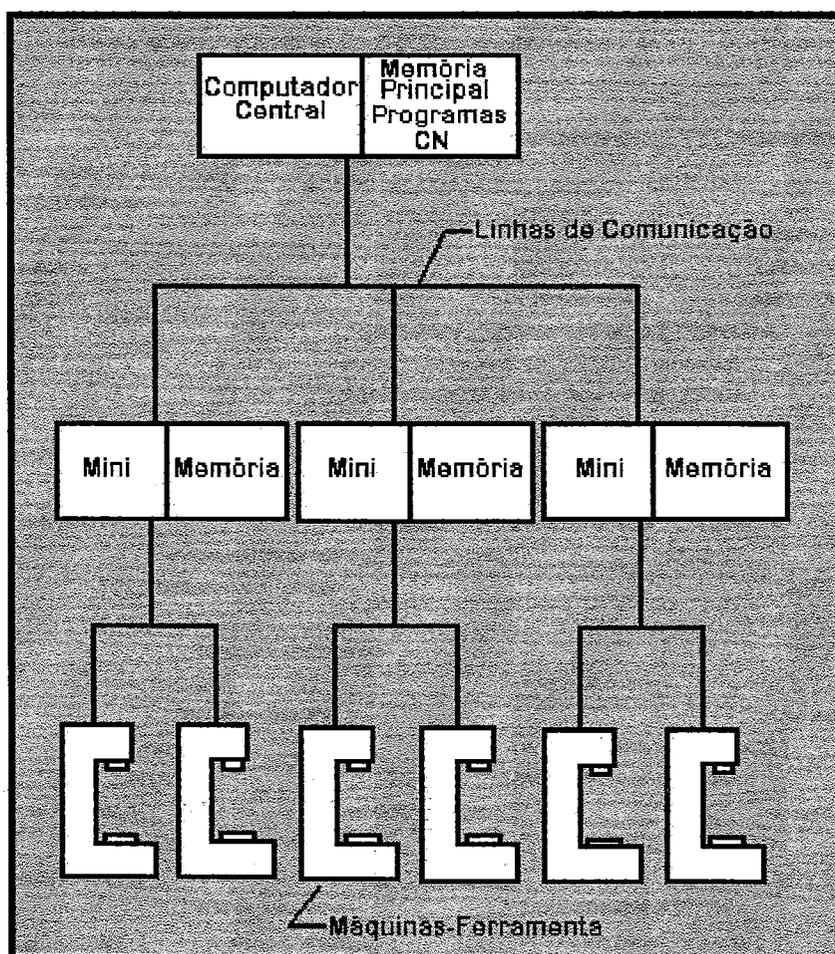


Figura 2.6: Estrutura DNC ( Controle Numérico Direto) com minicomputadores auxiliares

As principais vantagens desta estrutura é que, atualmente, existem, disponíveis, muito mais recursos dedicados ao sistema, tais como: interpolações mais complexas, maior capacidade de armazenamento e capacidade de processamento de grande porte.

Com o desenvolvimento da microeletrônica, esta estrutura evoluiu, ou para os já descritos CNC ou para os sistemas de controle distribuído (DNC).

Atualmente, o termo DNC é interpretado como "Distributed Numerical Control". É baseado em parâmetros técnicos completamente diferentes do anterior, além de diferentes funções operacionais. (HAMMER & HERHOLZ, 1990).

Como principal evolução do "Direct Numerical Control" para o "Distributed Numerical Control", tem-se o fato de que as unidades localizadas junto à máquina evoluíram para os CNCs, que passaram a ser mais autônomas, embora as entradas de programas continuem, em certos casos, acontecendo via comunicação direta com o computador central.

Conforme DINIZ (1990b), nesta estrutura, as unidades locais operam de forma independente do computador central, e apresentam as seguintes características:

- cada máquina mantém independência em todas as funções CNC;
- o programa é interpretado da memória interna do CNC, e deste modo a máquina opera independentemente do computador central;
- adicionalmente, a transferência de dados do computador central; ao CNC é possível e, de maneira conversível retornar dados de programas otimizados e corrigidos do sistema CNC para o computador DNC.

Neste sistema moderno de DNC, tem-se várias máquinas CNCs interligadas a um computador central, que além de conter arquivados todos os programas, também controla diretamente cada máquina, englobando, portanto, a unidade de entrada de dados e a unidade de controle. Nestes sistemas, cada máquina tem seu programa individual, existindo um programa principal ou supervisor que controla todos os programas individuais, estabelecendo, portanto, as prioridades necessárias.

A aplicação deste método atualmente, ocorre com grande intensidade nos sistemas de manufatura modernos, onde se vem utilizando os sistemas assistidos por computador, para a geração da trajetória da ferramenta - Figura 2.7.

Com relação às vantagens que o DNC poderá apresentar, as principais são:

- controle de várias máquinas por computador;
- grande capacidade operacional;
- localização remota do computador;
- eliminação/redução da fita perfurada como meio de transporte e armazenamento de programas nas máquinas CNCs;
- flexibilidade na administração e gerenciamento dos programas de peças, através da emissão de relatórios estatísticos e de controle;
- capacitação e processamento de dados operacionais das máquinas CNCs (tempos produtivos e improdutivos, etc);
- integração de outros setores da empresa (engenharia, produção.. ).

A estrutura CNA surgiu no mercado por volta de 1962, com a denominação de "controle numérico adaptativo". Este termo define um sistema que integra as funções normais do CNC comum, adicionando a este a função adaptativa, ou seja, a função de correção de uma série de variáveis possíveis de medida contínua. São comandos que, além de controlar uma função específica, fazem a medida, comparam com o modelo ideal e corrigem, se necessário (MACHADO, 1986).

As vantagens apresentadas por estes sistemas são:

- programação simplificada;
- maior proteção ao equipamento e à peça produzida;
- maior eficiência.

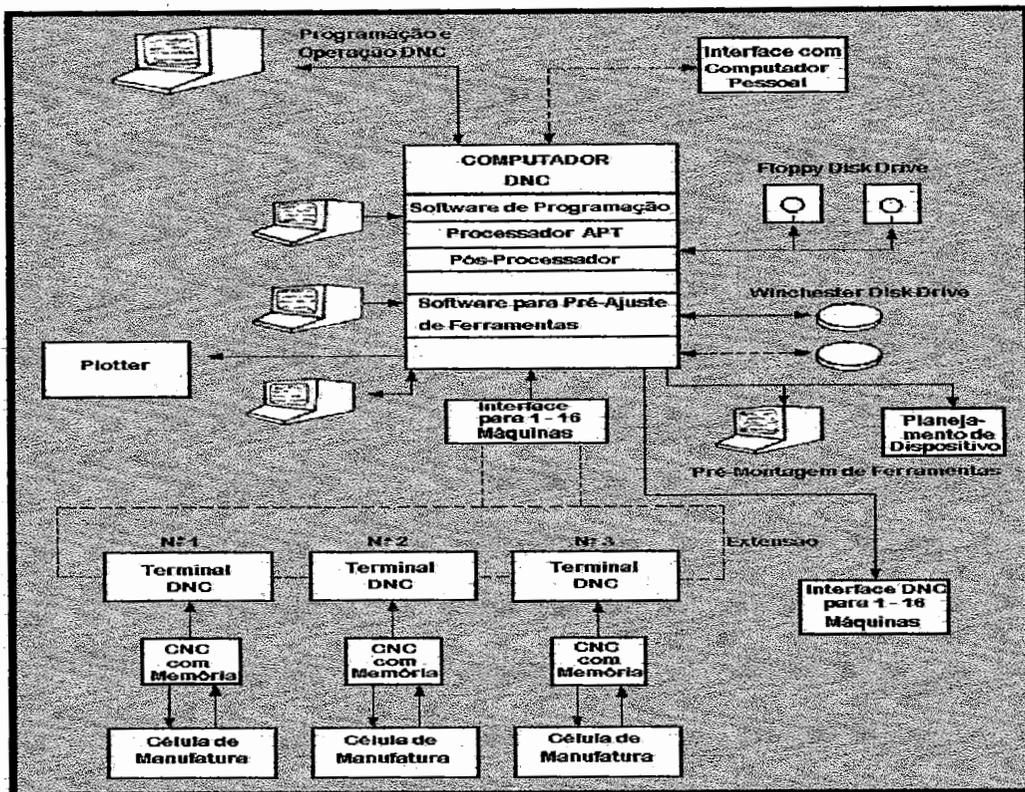


Figura 2.7: Estrutura DNC. ( Sistema Controle Numérico Distribuído)  
(DINIZ,1990b)

A enorme evolução no campo dos comandos tem confrontado o usuário com sistemas sempre novos, em curto intervalo de tempo. Embora outros progressos possam ser previstos no campo dos microprocessadores e memórias, estes não deixam de visar a ampliação das funções já existentes nas máquinas CNC (TRAUB, 1990).

## 2.5. A Programação do Comando Numérico

A proliferação de equipamentos controlados por computador no chão-de-fábrica na última década, acarretou às empresas um alto custo, em se tratando da programação desses, pois a maioria das linguagens utilizadas são específicas. A

padronização de métodos para tratamento das tarefas que envolvem a programação desses sistemas, podem contribuir para minimizar o fator custo e para a redução do "lead-time" (ISO TC 184/SC3, 1987).

Inseridas neste contexto, estão as máquinas comandadas por computador, que inicialmente requeriam programação a nível de máquina e posteriormente "off-line", as quais eram obtidas através do APT. Atualmente, outros métodos se encontram disponíveis, tais como os sistemas gráficos integrados CAD/CAM.

### **2.5.1. Princípios da Programação**

Os equipamentos CNC executam as seguintes tarefas, as quais são requeridas para a programação: movimentos (deslocamentos), funções tecnológicas, comunicação externa e decisões internas (ISO TC 184/SC3).

Cada tipo de equipamento tem, basicamente, componentes móveis, os quais descrevem uma trajetória baseada na geometria da peça, na função a ser executada e na capacidade do equipamento. Através da combinação de funções tecnológicas com as de movimento dos componentes do equipamento, obtém-se a transformação da peça em bruto para a forma final.

Portanto, programar uma máquina CN pode ser entendido como o ato de passar para o computador da máquina todas as informações geométricas e tecnológicas necessárias à usinagem da peça (DINIZ, 1990a).

Para a elaboração de programas para uma máquina CN, faz-se necessário um levantamento dos principais componentes envolvidos e de sua representação nas linguagens de programação CN.

Dentre os componentes comandados de uma máquina CNC pode-se destacar:

- eixos de avanço;
- acionamento do avanço;

- dispositivo de medição;
- árvore principal;
- meio de fixação da peça e dispositivo de troca de ferramenta.

Conforme a norma ISO 6983, os eixos de avanço principais são designados pelas letras "X", "Y" e "Z" e os secundários (rotativos), por "A", "B" e "C". Eixos de avanço adicionais aos eixos "X", "Y" e "Z" pelas letras "U", "V" e "W".

Nas máquinas CNC, o fator determinante de suas características é o número de eixos que podem ser interpolados. No caso dos tornos, normalmente são dois (X e Z), mas poderão contar com recursos adicionais, tais como, dois revólveres. Neste caso, são quatro os eixos comandados (X e Z; U e W) - Figura 2.8. Em centros de usinagem, são três os eixos (X, Y e Z), mas da mesma forma, poderão contar com outros recursos, tais como o posicionamento auxiliar do cabeçote e da mesa e um eixo de avanço adicional. Neste caso são seis os eixos comandados (X, Y, Z; C, B e W) - Figura.2.9.

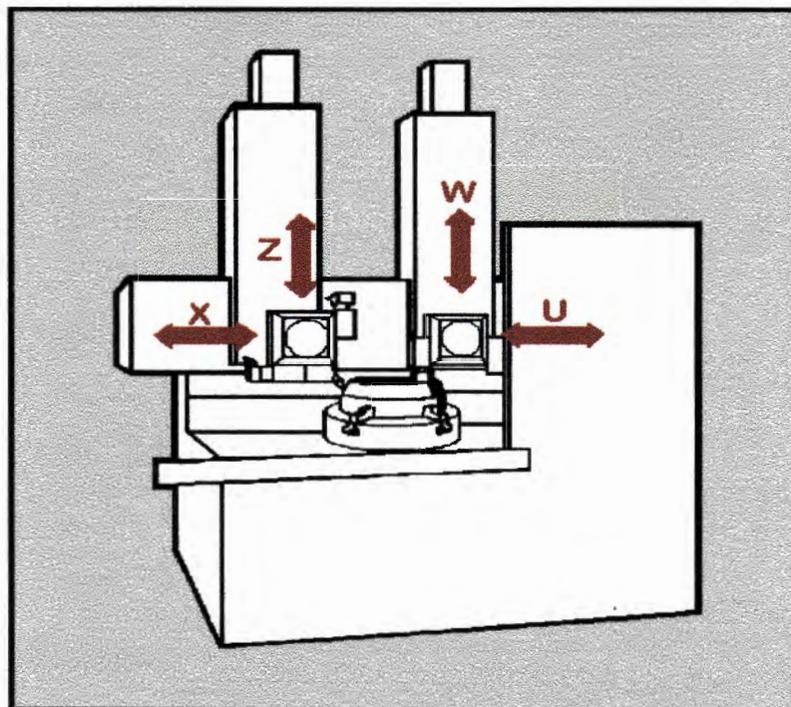


Figura 2.8: Torno Vertical com 4 Eixos Comandados (TRAUB, 1984)

A árvore principal é o elemento que permite rotacionar a peça ou a ferramenta. O dispositivo de fixação é o responsável, no caso dos tornos, pela fixação da peça na árvore principal; e, nas fresadoras, à mesa de trabalho.

Como, de forma geral, diversas operações de usinagem de uma peça podem ser executadas em uma única fixação, são necessárias várias ferramentas, e um dispositivo para posicioná-las automaticamente. Máquinas como tornos ou centros de usinagem possuem os denominados “dispositivos de troca de ferramenta”, sendo que, no caso do torno, tem-se o revólver, e, no centro de usinagem, o magazine de ferramentas. Conforme a ISO 6983, a instrução que indica uma chamada de ferramenta é a palavra “T”, seguida do número de identificação da ferramenta no dispositivo de troca.

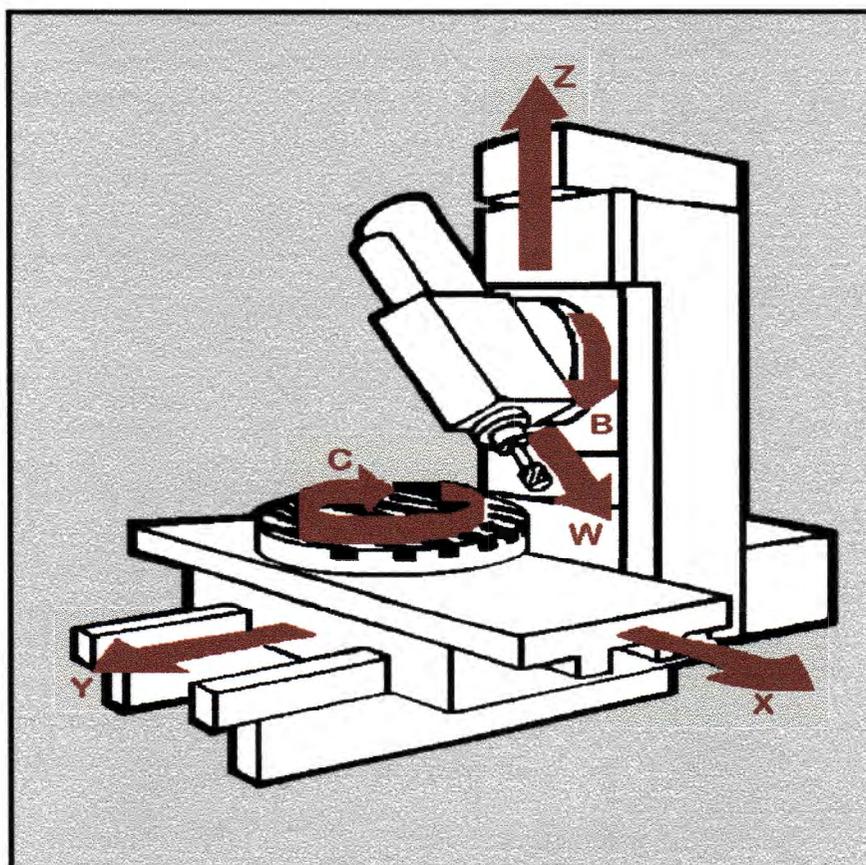


Figura 2.9: Centro de Usinagem com 6 Eixos (TRAUB, 1984)

### 2.5.1.1. Estrutura da Linguagem de Programação

O termo “programação”, quando aplicado à máquina-ferramenta, cobre duas funções distintas:

- o arranjo dos dados geométricos e tecnológicos, dentro de um esquema de trabalho, na ordem das operações de usinagem. As informações devem incluir os valores das coordenadas, de velocidades de corte e avanço, bem como as funções auxiliares (fluído de corte, etc), como também o número de ferramentas de corte na sequência em que serão utilizadas;
- a transformação das especificações descritas anteriormente, de acordo com regras definidas, em formas abreviadas, sendo que sua representação deverá ser lida e “entendida” pelo comando da máquina.

A estrutura da linguagem de programação CN está fundamentada na norma ISO 6983 (1988) e DIN 66025 (1983), as quais determinam a elaboração de programa CN, prevendo as atividades básicas a serem executadas no ciclo de usinagem. Esta linguagem permite constituir, sob a forma de texto, as informações de entrada no CN, e estabelecer através de que regras as sentenças são formadas num programa CN.

O programa CN é uma série de instruções codificadas, onde letras e números são justapostos para formar *sentenças de programação*. (CAMANHO,1986). As instruções são capazes de alterar o estado do comando da máquina CN, ou a ação da ferramenta, e sua estrutura define o seu formato de entrada.

Cada instrução compreende:

- letra de endereço: permite a identificação da função a ser executada pelo CN;

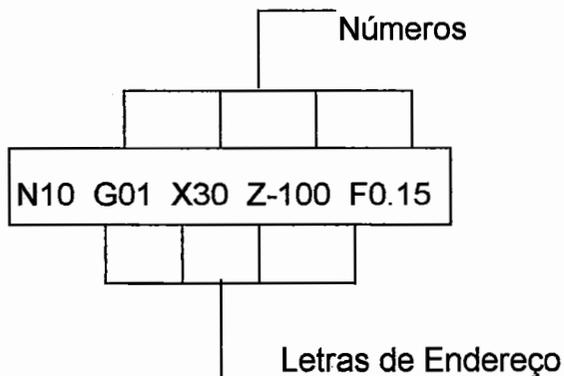
Exemplo: **G** - função preparatória (relativa à trajetória)

**M** - função miscelânea (relativa à máquina ou comando)

**F** - função auxiliar ou complementar (avanço)

- número: que define: - uma ordem (N10; N15; N20...)  
- uma grandeza (X - 20; Z 100; F 0.25)  
- um sinal, que indica o sentido de deslocamento (X - 10).

Exemplo:



`N20 M08`

As instruções agrupadas formam um *bloco de informação ou sentença de programação*, o qual define uma operação ou a sequência de usinagem. O bloco é um conjunto de informações, ou uma informação perfeitamente separável das antecedentes e seguintes, porém dependentes devido à estrutura geral do programa.

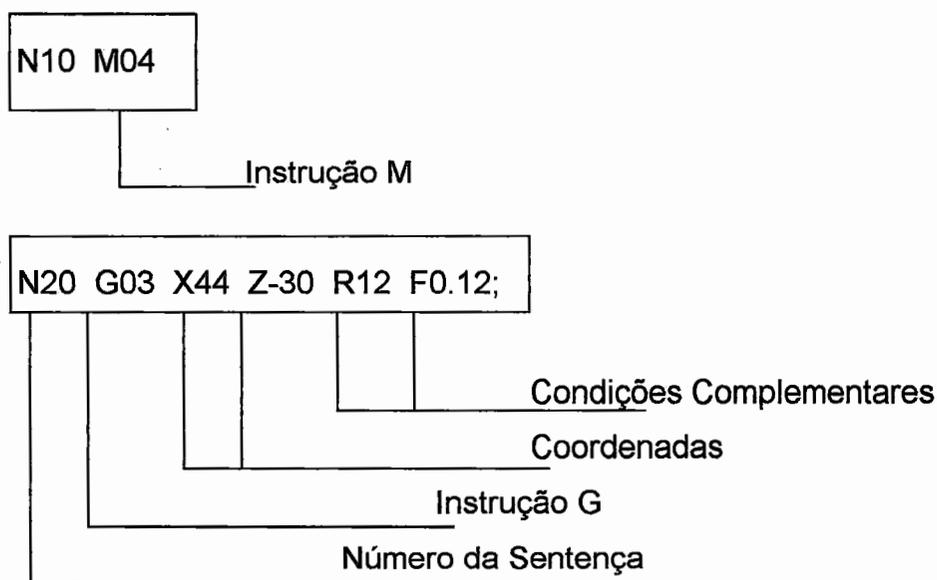
A estrutura dos blocos é iniciada pela palavra "N" e terminada por outra que expresse "Fim de Bloco" (eob).

Exemplo:

`N30 G01 X20 Z50 F0.2 eob`

A letra de endereço mais importante para instruções é a “**G**”, pois através dessa são comandados principalmente os movimentos de deslocamento das ferramentas. Outra letra de endereço utilizada na programação é a “**M**”, que indica algum elemento em movimento na máquina. Com as condições complementares (avanço, profundidade de corte, etc), as sentenças são exatamente descritas (TRAUB, 1984).

Exemplo:



Podem também ser inseridos comentários no programa, os quais deverão estar entre parênteses ( ) e não são considerados pela unidade de controle, porém são utilizados pelo programador para transmitir informações relevantes ao operador.

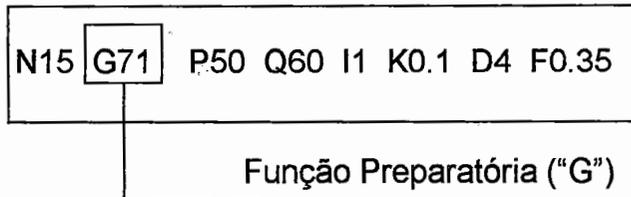
### 2.5.1.2. Funções de Programação

Segundo MACHADO (1986), as funções de programação são comandos com significado e função específicos, sendo dos seguintes tipos:

- Preparatórias: preparam ou modificam o comando para um determinado modo de operar, e foram criadas para definir uma grande

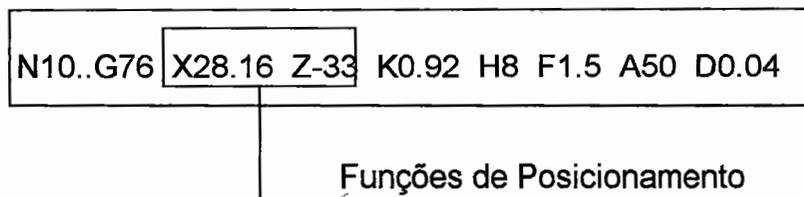
variedade de condições de percurso. Conforme a norma ISO 6983, são as funções conhecidas por "comandos G", e se encontram especificadas de G00 até G99.

Exemplo:



- De Posicionamento: definem a posição em que determinada operação deve ser executada. Estas funções estão associadas ao conceito de coordenada cartesiana ortogonal, no plano de trabalho, bem como às relativas à profundidade, usadas em máquinas de três eixos. Além das funções de posicionamento referentes aos eixos de avanço principais, existem também aquelas que definem grandezas auxiliares de programação, tais como as coordenadas do centro do arco, passo de rosca, etc.

Exemplo:



- Auxiliares ou Complementares: complementam as funções contidas no programa e são as que definem o avanço de trabalho (F), a ferramenta (T), rotação do eixo árvore (S), etc. Também se enquadram nestas funções as que definem o número do bloco de programação (N) e a de fim de bloco ("eob").

- **Miscelâneas:** são referentes às funções de máquina. Através dessas, são ativadas ou desativadas diferentes funções de máquina e do comando, tais como ligar/desligar fluido refrigerante (M08/M09), ligar/desligar fuso principal (M03/M05), fim de programa (M30).

### 2.5.1.3. Formato de Entrada de Dados

O conceito “formato de entrada” é encontrado em todas as instruções de programação e descreve quais os valores e parâmetros que devem constar em um bloco de programação.

Utilizando a linguagem de programação CN ISO 6983 , o fabricante estabelece (TRAUB, 1984):

- quais as instruções que podem ser programadas (G ou M);
- quais as condições complementares possíveis para cada instrução (F, S, etc);
- letra de endereçamento e que sequência de algarismos pode ser formada com as instruções e condições complementares.

Exemplo: No corte de rosca, deve ser programado o passo e o comprimento da rosca. Segundo a ISO 6983, a função que define o corte de roscas, bloco a bloco, é a G33. O fabricante, segundo as especificações da máquina, estabelece o formato da referida função, sendo:

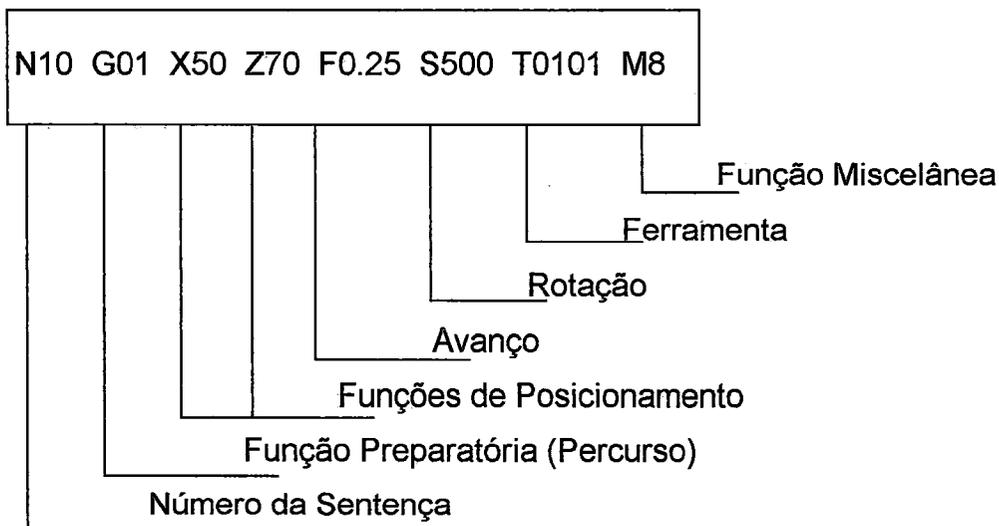
G33 ± Z (34) K (34),

onde Z define o comprimento da rosca e K o passo. Os números entre parênteses indicam o formato referente à dimensão (sistema métrico); ± Z (34) significa que a função pode ter sinal (+) ou (-) e tem 3 caracteres para exprimir a parte inteira e 4 para exprimir a parte decimal; K(34) significa que a função tem 3 caracteres para exprimir a parte inteira e 4 para exprimir a parte decimal.

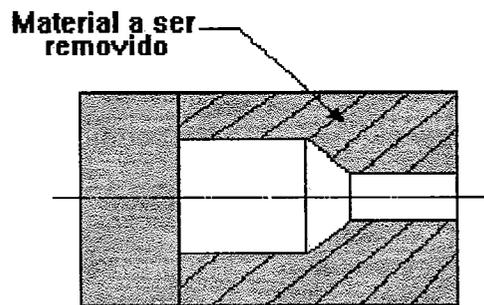
Quanto à ordem de entrada de funções no bloco, existe uma lógica definida pelo fabricante. Atualmente, adota-se o sistema de blocos variáveis, onde a função não tem uma posição fixa no bloco, bem como o bloco não tem uma quantidade fixa de caracteres. Neste tipo de sistema, o endereçamento é feito através da letra que define a função, não considerando desta forma a ordem de entrada no bloco.

Para facilitar a programação, normalmente as palavras são dispostas no bloco, na seguinte sequência:

- Palavra número de sentença N
- Palavra condição de percurso G
- Palavra de coordenadas X, Y, Z, U, V, W, A, B, C, I, J, K.
- Palavra avanço F
- Palavra rotação S
- Palavra ferramenta T
- Palavra função miscelânea M
- Fim de bloco eob



## Exemplo de um programa CN ("Códigos G")



```
N10 G71
N20 G90
N30 G92 S3000
N40 T0101
N50 G0 X200 Z10
N60 G0 X65
N70 G96 R32.5 S50 M4
N80 G41 M8
N90 G81 X41 Z -59 P1 1 P2 -59 P3 10 P4 1 P5 0.05 F0.5
N100 G00 X65 Z10
N110 G00 X41
N120 G81 X21 Z -40 P1 P2 -30 P3 10 P4 1 P5 0.05 F0.5
N130 G00 X65 Z10
N140 G00 X20
N150 G01 Z -30 F0.05
N160 G01 X40 Z -40
N170 G01 Z -60
N180 G01 X65
N190 G00 X65 Z10
N200 T0102
N210 G25 P1 140 P2 190 P3 1
N220 G00 X200 Z100
N230 M00
N240 M30
```

### 2.5.2. Recursos de Programação

O CNC, utilizando microprocessadores, permitiu a concepção de circuitos integrados programados para funções auxiliares, facilitando a elaboração de programas. Dentre estas, pode-se destacar as de ciclo fixo e as subrotinas.

Os ciclos fixos são subrotinas definidas pelo fabricante do CN. Através da programação dos ciclos fixos, em um só bloco de programação pode-se obter uma sequência de desbaste, furação, rosca, canal - Figura 2.10.

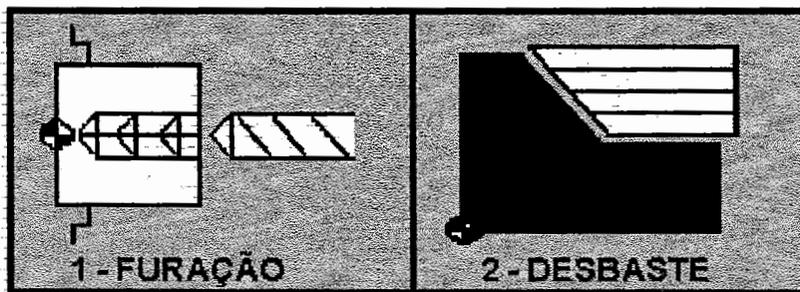


Figura 2.10: Exemplo de Ciclos Automáticos

As subrotinas são recursos utilizados pelo programador, na elaboração de programas para peças com etapas repetitivas de usinagem. Para que o programador não tenha que redigir ou introduzir as partes repetitivas em cada etapa, existe a possibilidade de estruturá-las no programa.

### 2.5.3. Linguagens de Programação

As linguagens de programação CN são o meio de comunicação entre o programador e a máquina-ferramenta. Para essa comunicação, foram desenvolvidas várias linguagens.

Um programa CN, pode ser elaborado, utilizando-se diretamente a linguagem CN de “códigos G”, entendida pela maioria das máquinas, ou o computador como ferramenta para auxílio à programação, que posteriormente deverá converter o programa gerado no formato da linguagem a nível de máquina.

#### 2.5.3.1. A Linguagem com Códigos G

Os comandos numéricos executam programas em “códigos G”, especificados pelas normas ISO 6983 (1988) e ou pela norma DIN 66025 (1983). A linguagem CN, a nível de “comandos G”, se apresenta até hoje como a linguagem

disponível interpretada pela máquina, mais utilizada pelos fabricantes de comandos numéricos.

Os “códigos G” são minimalistas, pois normalizam apenas alguns dos movimentos e funções básicas que podem ser desempenhados pela máquina. Entretanto, as normas apresentam alguns códigos livres, que podem ser ocupados pelos fabricantes, para especificar os recursos dos comandos. Isto ocorre principalmente com os ciclos de usinagem (NAVARRO, 1991). Na maioria dos casos, os ciclos são especificados em função da tecnologia disponível a nível de “hardware” e de “software” e do projeto mecânico da máquina.

Segundo ROZENFELD (1989 b), um programa de uma máquina que utilize os recursos específicos, como os ciclos especiais, não poderá ser utilizado em outra máquina. Isto é uma consequência da abertura prevista na norma, quando deixou certos “códigos G” livres de especificações. Verifica-se que há, atualmente, várias interpretações diferentes para o mesmo “código G”, dependendo do fabricante ou modelo de máquina. Os fabricantes utilizam os “códigos G” não especificados pelas normas para designar determinados recursos tecnológicos novos, como é o caso dos ciclos automáticos. Além disso, os fabricantes extrapolam as definições de norma, gerando códigos além dos padronizados, para também atender à programação de seus próprios sistemas (TRAUB, 1988).

Diante disso, na prática, há necessidade de um especialista para cada sistema CN, pois a abertura fornecida pela norma exige um conhecimento específico por parte do programador dos significados dos códigos que, além dos normalizados, deverá também conhecer os específicos de cada sistema em particular.

Outra limitação da linguagem com “códigos G”, é que esta não atende a programação de máquinas com comandos que utilizam o sensoriamento para monitorar uma série de variáveis inerentes ao processo de usinagem. A maioria dos sistemas trabalha com dados fixados na base de conhecimento, porém requerem parâmetros de ajustes baseados em dados atualizados tecnologicamente (ROZENFELD, 1989 b).

Em função dos fatos relatados, verifica-se que em decorrência da evolução dos CN e dos sistemas de programação, os objetivos da norma ISO 6983 (1988), que são: “determinar uma estrutura única e códigos padrões para a programação CN”, deixa de ser cumprido, uma vez que a linguagem tornou-se, atualmente, específica.

Diante dos problemas referentes à linguagem com os “códigos G”, foram realizadas várias revisões da norma, com o objetivo de se reduzir as diferenças de programação entre unidades de comando e/ou máquinas, e assim favorecer a intercambiabilidade de programas. Entretanto, para que haja a intercambiabilidade de programas, aplicando a referida norma, as máquinas deverão ter a mesma configuração e capacidade, ou mesmo similares; os controles deverão ter a mesma especificação e formato (ISO 6983, 1988).

Apesar dos problemas apresentados, referentes à linguagem com “códigos G”, esta tornou-se padrão, pois é utilizada pela maioria dos fabricantes de máquinas CN.

#### **2.5.3.2. A Linguagem APT**

A linguagem APT é normalizada pela ISO 4342 (1985) ou DIN 66246 (1983), sendo uma linguagem avançada de programação CN.

No APT, a geração do programa é realizada através da introdução dos dados do desenho da peça e de dados tecnológicos, sendo que todos os cálculos geométricos complementares são efetuados automaticamente pelo sistema.

Um programa APT é dividido basicamente em cinco partes (ISO 4342, 1985):

- cabeçalho, que contém o número do programa e dados organizacionais;
- definições da peça em bruto e acabada;
- definições tecnológicas;
- estratégias de movimento da ferramenta;

- finalização do programa.

As instruções são um conjunto de palavras simples, emprestadas da língua inglesa, sendo o vocabulário composto por mais de 400 palavras. A linguagem também permite ao programador criar novas palavras, à medida que se tornem necessárias.

Segundo MCMAHON (1993), a linguagem APT apresenta quatro tipos de instruções:

- Geométricas: definem os elementos geométricos que compõem a peça, sendo seu formato o que segue:

SÍMBOLO = TIPO GEOMÉTRICO/DADOS DESCRITIVOS
---

O termo “símbolo” identifica o elemento geométrico, sendo uma variável alfanumérica de no máximo seis caracteres. “Tipo geométrico” é uma expressão do vocabulário APT, que tem sua função definida (“Point, Line, Circle”, etc), identificando o tipo de elemento geométrico. “Dados descritivos” define com precisão os elementos e contém informações dimensionais e de posição do elemento geométrico.

Exemplos:

P1 = Point/(coordenadas x, y e z de P1)

L2 = Line/P2/P3 (linha L2 passa por P2 e P3)

C3 = Circle/Center, PT, Tanto LN (círculo C3 é tangente a LN e cujo centro é o ponto PT)

- Auxiliares: são usadas para identificação da peça, da ferramenta, das tolerâncias, etc.

Exemplos:

PARTNO EIXO PILOTO (identificação da peça)

INTOL/0 (a tolerância na parte interna da peça é igual a zero)

CUTTER/400 (ferramenta com diâmetro de 400 pol)

- Pós-Processadores: são sentenças que identificam parâmetros específicos de um tipo de máquina-ferramenta.

Exemplos:

RAPID (avanço rápido)

SPINDL/1200 CLW (valor da rotação e sentido de giro do eixo-árvore)

FEDRAT/50.0 (avanço)

MACHIN/ (tipo de máquina)

- Movimento: define a trajetória da ferramenta. O formato desta sentença é semelhante à geométrica.

### COMANDO DE MOVIMENTAÇÃO/DADOS DE DESCRIÇÃO

O termo "comando de movimentação" define o posicionamento da ferramenta em relação à geometria. O termo "dados de descrição" contém as informações referentes à trajetória da ferramenta.

Exemplos:

GOTO P1 (sistema de coordenada absoluta)

GODLTA (sistema de coordenada incremental)

A figura 2.11 apresenta um exemplo de um programa APT.

Um programa em APT é submetido a um processador, de modo a gerar registros de entrada para os pós-processadores. Estes registros são palavras do vocabulário CLDATA ("Cutter Location Data"), que são normalizadas pela ISO 4343 (1985). Os registros deverão passar novamente por um pós-processador, para adaptação a um comando CN específico, através da linguagem "G" ou "BCL", (ISO 4343, e WITHCRE 1989) - Figura 2.12.

A linguagem APT é utilizada em usinagem tridimensional complexa, em operações para máquinas acima de 3 eixos, empregando computador de grande porte para suportar estes sistemas. Entretanto, surgiram vários "dialetos" da linguagem APT para aplicações mais específicas, controlando menor número de

eixos (2 ou 2 ½ eixos) e trabalhando com computadores menores, ou microcomputadores.

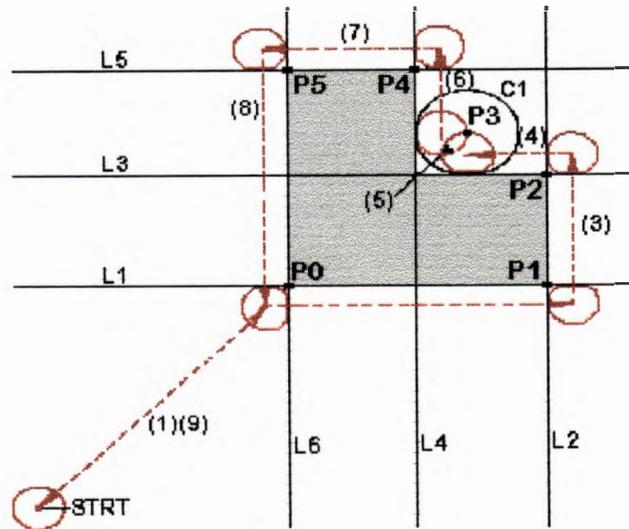
A primeira linguagem para microcomputadores foi desenvolvida em 1964, na Alemanha, sendo denominada de EXAPT (Extend APT), devidamente simplificada, para poder ser implementada em computadores de menor porte (CHANG et alii, 1991).

O EXAPT é dividido em EXAPT1, EXAPT2 e EXAPT3, conforme o caso específico de usinagem (furação, torneamento ou fresamento), e visa atender problemas de fabricação mecânica. Segundo ROZENFELD (1989b), seu processador é muito poderoso, calculando até condições de usinagem, baseado na descrição da peça e de parâmetros tecnológicos.

Além das versões APT e EXAPT, surgiram numerosas linguagens, entre as quais pode-se destacar a AUTOSPOST (IBM), ADAPT (IBM), COMPACT (BENDIX), UNIAPT (United Computing Corporation of Carson), SPLIT (Sundstrand Corporation) (CHANG et alii, 1991). O desenvolvimento dessas linguagens ocorreu paralelamente entre fabricantes de máquinas e de computadores, sendo elas mais modernas e voltadas a problemas mais específicos, uma vez que o APT se propõe a ser abrangente. Os "dialetos" mais conhecidos do APT são o EXAPT e o MINIAPT (ROZENFELD, 1989b).

Todos esses sistemas empregam pós-processadores, que são separados do processador e produzem saída com padrão específico para CLDATA. Dessa forma, um programa CN pode ser submetido a diferentes pós-processamentos, gerando programas para diferentes máquinas, sendo que, para tanto, cada conjunto máquina-comando necessita de um pós-processador específico.

Atualmente, a linguagem APT está ultrapassada, por não sofrer atualizações, como também por surgirem sistemas com recursos mais avançados de programação.



```

STRT = POINT/-100.0, -100.0, 50.0
MACHIN/MILL,I
INTOL/.01
OUTTOL/.01
CUTTER/20.0
PO = POINT/0.0, 0.0, 0.0
P1 = POINT/100.0, 0.0, 0.0
P2 = POINT/100.0, 50.0, 0.0
P3 = POINT/70.0, 70.0, 0.
P4 = POINT/50.0, 100.0, 0.0
P5 = POINT/0.0, 100.0, 0.0
L1 = LINE/P0, P1
L2 = LINE/P1, P2
L3 = LINE/P2, PARLEL, L1
L4 = LINE/P4, PERPTO, L1
L5 = LINE/P4, PARLEL, L1
L6 = LINE/P5, P1 END
C1 = CIRCLE/CENTER, P3, RADIUS, 20.
PL1 = PLANE/P0, P1, P5

SPINDL/600
COOLNT/ON
FEDRAT/30.0
FROM/STRT
GO/TOL1,TO, PL1, TO, L6[1]
GORGT/L1, PAST, L2 [2]
GOLFT/L2, PAST, L3 [3]
GOLFT/L3, TANTO, C1 [4]
GOFWD/C1, TO, L4 [5]
GOFWD/L4, PAST, L5 [6]
GOLFT/L5, PAST, L6 [7]
GOLFT/L6, PAST, L1 [8]
GOTO/STRT [9]
RAPID
COOLNT/OFF
SPINDL/0
END
FINI

```

Figura 2.11: Exemplo de um Programa APT

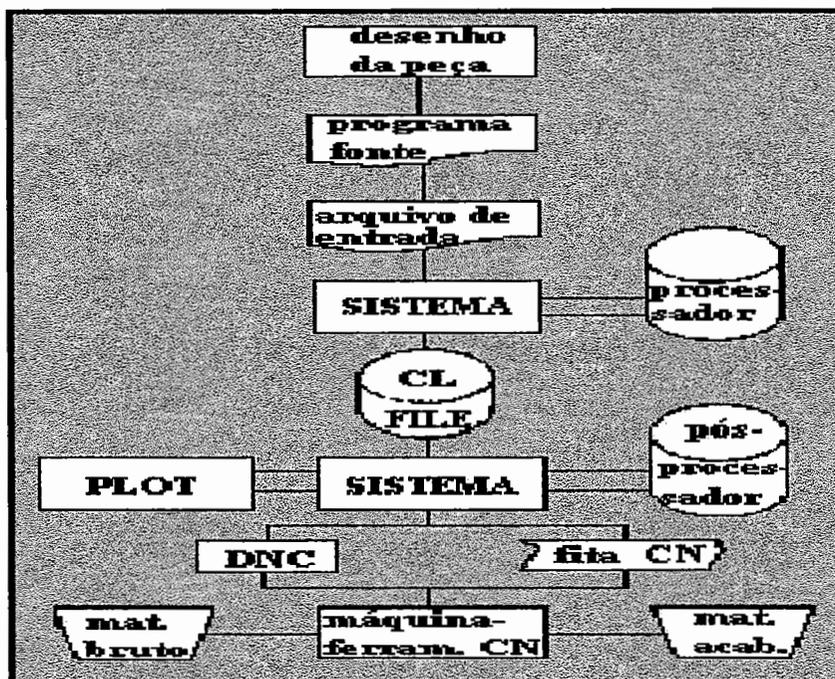


Figura 2.12: Diagrama Programação/Produção de Peças em Máquina utilizando a Linguagem APT

### 2.5.3.3. A Linguagem BCL

O conceito BCL (Binary Cutter Location) surgiu como linguagem CN na década de 70, e foi extraída da norma RS-494 "32 Bit Binary CL Exchange Input Format for Controlled Machines" da EIA (Eletronic Industries Association), com o objetivo de padronização a nível de linguagem "G" (WHITACRE, 1988).

Esse novo conceito surgiu junto à preparação para a usinagem de peças para o bombardeio B-1, na Rockwell International, Nort American Aviation Operation, cuja meta principal era a eliminação dos pós-processadores específicos. Para isso foi adotado um formato independente da máquina, baseado no conteúdo do CLDATA presente no APT e, dessa forma, vários pós-processadores puderam ser substituídos por um único processador, o conversor BCL (WHITACRE, 1988) - Figura 2.13.

O método de programação é semelhante ao APT. As palavras do vocabulário BCL são semelhantes às do CLDATA, empregando-se palavras principais e secundárias.

Exemplo:

SPINDL/1800,CLW (valor da rotação e sentido do eixo árvore)

FEDRAT/40 (avanço)

GOTO/0,0,1 (sistema de coordenada absoluta)

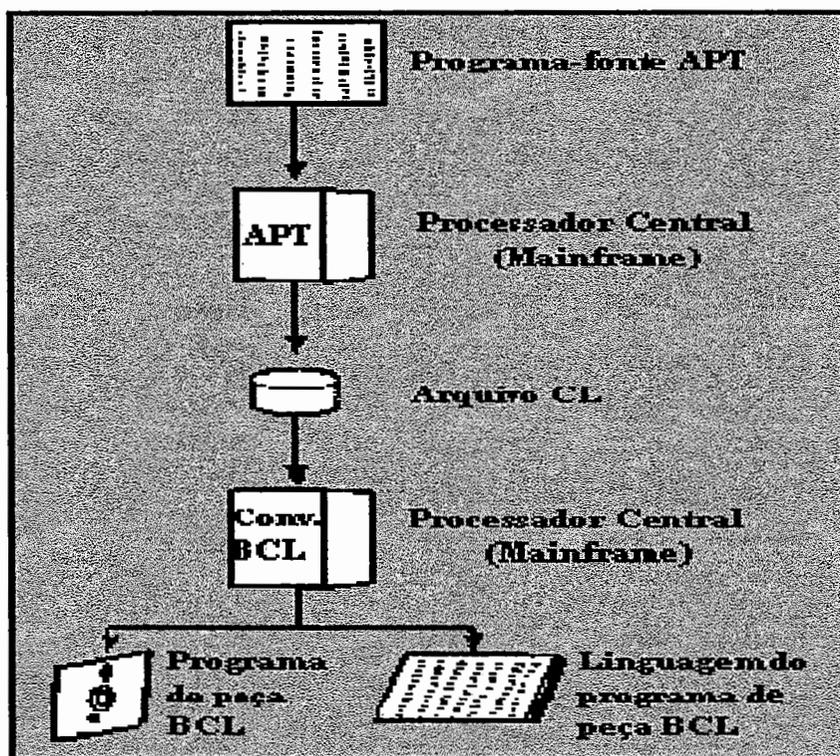


Figura 2.13: Geração de Programas de Peças BCL  
(WITHACRE, 1988)

Os registros gerados pelo conversor BCL são equivalentes aos "códigos G" da ISO 6983 (1988). A adoção do BCL como linguagem CN visa a utilização de uma única linguagem de programação, de modo a eliminar as barreiras de intercambiabilidade de programas entre diferentes sistemas CN. Entretanto, isso

requer que os CNCs interpretem o BCL, e este fato implica em mudanças nos CNCs atuais, e conseqüentemente na perda de programas que foram escritos com os "códigos G".

#### **2.5.3.4. A Linguagem Universal**

ROZENFELD (1989b) sugere uma Linguagem Universal CN composta por dois grupos de palavras: as principais e as elementares. As palavras principais são códigos mnemônicos do CLDATA, presentes no APT e não específicos dos CNs. Às palavras principais seriam adicionadas combinações entre processos de fabricação e elementos geométricos funcionais de peças mecânicas, tais como: rasgos, chavetas, roscas, etc, sendo estes em parte normalizados pelo STEP. As palavras elementares abrangem os "códigos G" universais, dispensando os ciclos automáticos de usinagem, utilizando apenas os códigos que representam os elementares.

Para a utilização desta linguagem, é necessário que os CNs interpretem as palavras principais, porém a maioria dos sistemas CN executam as palavras elementares. Portanto, para que os sistemas interpretem esta linguagem, deve-se utilizar um compilador padrão, que transforme qualquer palavra principal em elementar. O compilador permite ao usuário formar palavras abstratas, de acordo com sua necessidade.

#### **2.5.4. Métodos de Programação CN**

Ao longo dos anos, surgiram vários métodos de programação, sendo o primeiro a nível de máquina e posteriormente os auxiliados por computador. A evolução dos computadores permitiu aumentar seu campo de aplicação na programação CN.

ROZENFELD (1989b) utiliza, como critério para classificar os métodos de programação CN, o local em que a programação ocorre: diretamente na máquina-ferramenta, de forma manual, ou no escritório, auxiliada por computador.

#### **2.5.4.1. Programação Diretamente na Máquina**

O método de programação MDI, "Material Data Input", descreve a programação direto no chão-de-fábrica, sendo viabilizada devido aos recursos e capacidade dos novos sistemas CN, atualmente disponíveis no mercado.

Neste método, o programador, com a geometria à disposição, vai definindo o percurso da ferramenta, através de cálculos, e transformando este em linguagem (função) de máquina.

Este método de programação é utilizado em eventuais modificações, para otimização de programas na máquina, e na programação de peças relativamente simples. Se o programa for simples, pode ser editado no próprio console da máquina, sendo mais moroso e também ocasionando dedicação do comando da máquina para dados de entrada e não para execução de funções CN, refletindo, desta forma, na produtividade da máquina.

#### **2.5.4.2. Programação Manual**

Neste método de programação, o programador deve escrever o programa em linguagem inteligível para a máquina CN. Deverá interpretar o desenho da peça, definir condições de usinagem, selecionar as ferramentas, calcular os pontos da trajetória da ferramenta e preencher um formulário com códigos específicos do comando.

A programação manual tem sido facilitada pela utilização de ciclos automáticos, sendo de fácil execução, se a peça não possuir geometria complexa. O padrão mais utilizado de programação manual é a linguagem ISO 6983 (1988).

#### **2.5.4.3. Programação Auxiliada por Computador**

O mais tradicional método de programação auxiliada por computador é o que utiliza a linguagem APT (“Automatically Programmed Tool”).

A função do programador, utilizando este método, é escrever o programa fonte. Neste programa, define-se a geometria da peça e/ou o percurso da ferramenta, via definição de forma padronizada pela linguagem de entes geométricos, constantes da peça ou do percurso da ferramenta, e funções auxiliares.

Um programa fonte é trabalhado por um processador, que se encarrega dos cálculos geométricos, de determinar o contorno da ferramenta e prover uma solução geral, independente da máquina. A saída do processador é um arquivo neutro denominado de CLDATA ou CLFILE, que constitui a entrada para a fase seguinte. Esse arquivo é pós-processado, gerando um arquivo codificado na linguagem de “comandos G”, sendo este específico de cada máquina CN.

Este método foi melhorado com os recursos gráficos dos sistemas CAD, o que viabilizou sua utilização até o presente.

O método atual de programação auxiliada por computador é o sistema CAD/CAM. Os terminais gráficos CAD criaram a seguinte possibilidade: ao invés de se entrar no processador com o programa fonte, entra-se com o desenho da peça ou o percurso da ferramenta. Neste caso, o usuário utiliza os dados geométricos de CAD e interativamente efetua a programação CN, via módulo CAM do sistema, sendo o resultado do processador CAM, dentro do sistema CAD, um arquivo neutro (CLDATA) ou específico.

#### **2.5.4.4. Programação Orientada a Oficina**

Trata-se de um novo conceito de programação auxiliada por computador, conhecido na Alemanha por "WOP" (Werstattorientierte Programmierung). Neste método, o usuário inicia a programação CN a partir de um desenho da peça ou de sua representação em um sistema CAD e trabalha interativamente, definindo os parâmetros geométricos, de ferramenta e tecnológicos, através de ícones gráficos. Ícones são símbolos gráficos que possuem um significado semântico. O resultado dessas especificações é um programa neutro, que em seguida é pós-processado, gerando o programa CN a nível de códigos "G," específico de cada máquina CN.

Dentre os sistemas comerciais existentes, os quais estão fundamentados nesta filosofia, pode-se destacar o sistema TRAUB-IPS, que se destina ao comando TX8D TRAUB e o GKE/CAM da SIEMENS AG.

#### **2.5.4.5. Vantagens e Desvantagens de Cada Método**

O método de programação direto na máquina possui a dificuldade do programador em conhecer as funções específicas das máquinas, requerendo, desta forma, especialistas para atuar em cada sistema CN. Um outro problema é a baixa produtividade, pois a maioria das máquinas permanece parada, enquanto a programação é executada.

A programação manual, apesar de ser muito utilizada, apresenta o inconveniente de não ser produtiva, pois o programador gasta muito tempo em cálculos da trajetória da ferramenta. Um outro problema deste método é semelhante ao do MDI isto é, necessita de programadores qualificados, que conheçam os códigos específicos de cada marca e modelo de máquina CN.

O método de programação auxiliada por computador, utilizando a linguagem APT, apesar da vantagem de se ter um programa neutro (CLDATA), apresenta como grande desvantagem a modificação dos programas CN, bem como

a necessidade de um pós-processador para cada tipo de CN. As alterações efetuadas na oficina fazem com que o programa CN neutro, arquivado em CLDATA, torne-se desatualizado, não ficando mais disponível para a fabricação repetitiva. Para evitar isso, qualquer modificação deverá ser feita no programa fonte, e somente depois disso, o programa CN é atualizado, através de uma nova operação de transformação (ROZENFELD, 1989b).

Os sistemas CAD/CAM, até então utilizados, apresentam o inconveniente de serem pacotes computacionais normalmente fechados, não permitindo desta forma a integração de módulos CAD ou CAM de outros sistemas, o que causa a dependência de um só fornecedor. Os maiores benefícios desse método estão na facilidade de construção geométrica do componente e na visualização do processo.

#### **2.5.5. Limitações da Programação**

Pelo relato efetuado até este ponto, verifica-se que existem, disponíveis no mercado atual, diferentes sistemas, métodos e linguagens de programação CN. Entretanto, existem várias limitações quanto à utilização de cada um dos sistemas e nos métodos para obtenção de um programa CN.

Segundo ROZENFELD (1989b), as principais limitações dos vários métodos e linguagens CN são:

- Os programas gerados por qualquer método de programação CN, normalmente são otimizados na máquina, acarretando alterações nos comandos específicos;
- Os programas arquivados em CLDATA, e que são modificados na máquina, acarretando alterações dos códigos específicos, tornam os programas neutros desatualizados;
- Nos métodos de programação auxiliados por computador, a geração de programas para diversos sistemas CN é efetuada através de pós-processadores específicos. Caso a empresa adquira novas máquinas

com novos sistemas CN, essa ficará dependente da disponibilidade de novos pós-processadores para as máquinas.

### **2.5.6. Tendências Futuras**

Os desenvolvimentos futuros, em termos operacionais, terão seu foco na integração entre a máquina e o operador; outras máquinas e o computador da rede de dados da fábrica. Para tanto, a máquina deverá ser capaz de aceitar programas de forma mais intuitiva; prover ajuda on-line, cuja operação seja de fácil acesso; comunicar-se com outros computadores na fábrica, incluindo diferentes controladores. A interface que proporcionará essa tendência é o modo de operação, e este requer uma arquitetura aberta, para permitir que sistemas de vários fornecedores possam interagir com aplicações de outros fornecedores (MENDES, 1995).

Atualmente, os sistemas de controle CNC são fechados no nível estrutural, embora estejam surgindo cada vez mais soluções para melhorar a interface homem-máquina, além de estarem caminhando a passos largos em direção à arquitetura aberta. Um exemplo de trabalho de pesquisa em andamento, e que segue essa tendência, é a iniciativa européia denominada "Arquitetura de Sistema Aberto para o Controle em Sistemas de Automação" (OSACA).

Na maioria dos sistemas atuais, a interface homem-máquina utilizada com relação à programação CN, são os métodos de programação baseados em editores gráficos interativos, que permitem maior flexibilidade quanto à aquisição e troca de dados. Frente a isso, uma forte tendência é a crescente aplicação da linguagem de descrição gráfica, para possibilitar a integração de diferentes sistemas, bem como facilitar a interação do usuário com o sistema.

No próximo capítulo, são apresentados os pressupostos assumidos para a investigação proposta.

### **3. PRESSUPOSTOS ASSUMIDOS PARA A INVESTIGAÇÃO**

Na problemática que envolve a programação CN, verifica-se a necessidade de alterações na linguagem "G " (ISO 6983,1988 e DIN 66025,1983), diante dos evoluídos comandos numéricos. Dentre as necessidades identificadas, pode-se destacar a intercambiabilidade de programas entre máquinas e ou comandos de diferentes fabricantes e uma interface homem-máquina mais amigável.

Baseado na análise das necessidades identificadas, foram estabelecidos os pressupostos, sendo estes, utilizados para orientar o pesquisador em direção aos objetivos desta investigação.

Configuram-se como pressupostos para a investigação:

1. A linguagem de programação CN (ISO 6983,1988 e DIN 66025, 1983) não acompanhou a evolução tecnológica dos sistemas CN ao nível dos recursos disponíveis em "hardware" e "software";
2. A programação CN não favorece a intercambiabilidade de programas entre máquinas (tornos) e/ou comandos numéricos de diferentes fabricantes, bem como entre concepções diferentes do mesmo fabricante;
3. A norma referente à linguagem CN (ISO 6983,1988 e DIN 66025, 1983) não prevê a programação de tarefas que consideram decisões lógicas internas baseadas em informações adquiridas pela leitura de sensores;
4. A linguagem CN (ISO 6983,1988 e DIN 66025, 1983), tornou-se específica, isto é, dependente da máquina CN;
5. Há necessidade de recursos humanos especializados para atuar em cada máquina CN.

#### **4. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA ADOTADA PARA A INVESTIGAÇÃO**

O propósito deste trabalho em buscar estabelecer os requisitos necessários a uma linguagem CN intercambiável, encontra amparo na ampla literatura consultada. Entretanto, este trabalho ficaria incompleto se faltasse uma avaliação por parte de empresas que fabricam, fornecem e usam sistemas CN.

Portanto, a metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho, descrita no Capítulo 1 - METODOLOGIA UTILIZADA NA INVESTIGAÇÃO, considera também informações de fabricantes e usuários de sistemas CN.

Contemplando a abordagem adotada, foram identificadas 3 fases para o desenvolvimento deste trabalho. São elas:

- Fase 1: Estudo de Normas
- Fase 2: Pesquisa de Campo
- Fase 3: Entrevistas

Nas próximas seções são detalhadas cada uma dessas fases.

O Capítulo 4 está organizado da seguinte forma: a seção 4.1 refere-se à fase 1, e trata da parte teórica desta investigação, a qual corresponde ao estudo de normas referentes à programação CN. Na seção 4.2, é apresentada com detalhes a fase 2, a qual refere-se à realização de uma pesquisa de campo. A seção 4.3 esclarece a fase 3 e refere-se à realização de entrevistas junto a empresas fabricantes e usuárias da tecnologia CN.

##### **4.1. Estudo de Normas**

A primeira fase da metodologia refere-se ao estudo de normas de programação CN. Nesta fase foram estudadas as seguintes normas: a ISO 6983 ("códigos G") e a 4343 (CLDATA).

A norma ISO 6983 (1988) - Controle Numérico de Máquinas - Formato de Programas e Definição de Palavras-Endereço é constituída de três partes:

- Parte 1: Detalhes de Formato de Dados
- Parte 2: Funções Preparatórias "G" e Diversas Funções Universais "M"
- Parte 3: Funções Auxiliares "M" (Classes 1 a 4)

A referida norma estabelece regras e de forma abreviada padrões para a sequência de fabricação.

O formato de programas de máquinas é apresentado em forma de blocos de dados, que são conjuntos de comandos para o sistema de controle, sendo estes, instruções específicas. Esses blocos são independentes entre si, porém dependentes devido a estrutura geral do programa.

As instruções que definem a trajetória da ferramenta estão estabelecidas de G00 a G99, sendo que algumas dessas funções encontram-se em aberto, para uso do fabricante e poderão ser utilizadas conforme as necessidades específicas do usuário. Associado aos códigos "G", estão as instruções que os complementam (avanço, coordenadas de trajetória, etc), sendo utilizados caracteres de A a Z, para especificá-las. Essas instruções que não se encontram determinadas em norma, poderão ser também utilizadas para aplicações específicas do usuário.

As instruções que definem funções relativas à máquina "M", encontram-se definidas de M00 a M99, sendo algumas universais e outras específicas, conforme aplicação (Torno, Fresadora, etc), sendo estas separadas por classes de 1 a 4. Em diversas classes, a mesma codificação "M" possui funções distintas.

A norma estabelece uma sequência lógica dessas instruções em cada bloco de informação, porém em alguns comandos é possível mais de uma palavra referente a mesma função, em um único bloco. Desta forma, dificulta a intercambiabilidade de programas entre máquinas.

O grau de intercâmbio utilizando a referida norma, dependerá da conformidade das máquinas em relação à função, capacidade, funções relativas à

O grau de intercâmbio utilizando a referida norma, dependerá da conformidade das máquinas em relação à função, capacidade, funções relativas à máquina, funções preparatórias. Portanto, é necessário que as máquinas tenham configurações e capacidades similares e o controle a mesma especificação e formato. O intercâmbio poderá não ocorrer entre máquinas similares de mesma natureza, porém com tarefas complexas, como por exemplo entre tornos com avanço variável durante a operação de abrir roscas.

A norma ISO 6983 é bastante abrangente, visando atender o maior número possível de aplicações do usuário, e para tanto, deixa codificações em aberto. Isto fez com que a tornasse específica, pois para um mesmo código têm-se várias interpretações.

Na estrutura geral do programa, a linguagem é sequencial, sendo que uma vez alterado a sequência de fabricação, altera-se a estrutura do programa, também não permite a programação de desvios lógicos no programa.

A norma ISO 4343 (CLDATA) destina-se em termos gerais, a definição de uma coleção de declarações para pós-processadores, que são comumente utilizados em softwares de apoio a programação de controle numérico.

O arquivo CLDATA é um arquivo binário gerado por um processador, sendo sequencial e não formatado, com tipos de registros de tamanho no máximo de 256 "words" (1 word=2bytes). Existem várias séries de registros, tais como, por exemplo:

- Série 2000 de registros: define palavras do processador;
- Série 3000 de registros: define movimento;
- Série 14000 de registros: forma de registro.

A norma estabelece uma linguagem de palavras mnemônicas, apresentando a sintaxe e a semântica das instruções. O arquivo CLDATA é formado por palavras principais e secundárias, sendo que para cada palavra principal está associada uma secundária, que representa uma instrução ao pós-processador.

Exemplo: SPINDL/RPM 500

palavra principal: SPINDL (rotação)

palavra secundária: RPM 500

O arquivo gerado através das palavras principais e secundárias (CLDATA) é um programa neutro, independente do comando numérico, sendo que este permite a utilização de "códigos G" referente a um determinado ciclo e existem diversas variações em uso, porém não é estruturado, o que dificulta uma reutilização sistemática do programa CN.

Ao final do estudo das referidas normas obteve-se os seguintes dados, considerados relevantes:

- A linguagem de palavras mnemônicas do CLDATA permite gerar programas neutros, independentes do comando numérico, enquanto a linguagem codificada pela ISO 6983, permite gerar programas específicos;
- Tanto na linguagem ISO 6983 como na ISO 4343 (CLDATA), o programa não é estruturado, não permitindo desta forma a programação de desvios lógicos;
- A linterface homem-máquina através de palavras mnemônicas, é mais amigável do que, a de códigos "G";
- A norma ISO 6983 e 4343 estabelecem linguagens sequenciais, sendo que uma vez alterada qualquer instrução, altera-se a estrutura do programa;
- A norma ISO 6983 não prevê expansões para atender necessidades específicas do usuário. Muitas vezes o usuário para definir recursos de seu sistema, especifica codificações não previstas em norma, o que vêm a caracterizar ainda mais a especificidade da linguagem.

## **4.2. Pesquisa de Campo**

A segunda fase da metodologia refere-se à elaboração de um questionário, que posteriormente foi encaminhado às empresas fabricantes e usuárias da tecnologia CN.

### **4.2.1. Desenvolvimento do Questionário**

As hipóteses do pesquisador, quanto à necessidade de evolução da linguagem de programação CN, frente à evolução tecnológica dos sistemas CN, foi submetida a usuários e fabricantes, para verificação de sua validade.

Para obter essas informações, foi elaborado um questionário, e encaminhado a cinquenta empresas cadastradas na SOBRACON (Sociedade Brasileira de Comando Numérico e Automatização Industrial). Considerou-se aceitável trabalhar com esse universo, pois não se pretende aqui empreender testes estatísticos de grande rigor matemático. Algumas questões não eram mutuamente excludentes, sendo possível, portanto, haver resposta a mais de um quesito em uma mesma questão. O respondente dispunha de espaço para justificativa ou comentário.

O intuito foi caracterizar a empresa quanto ao tipo de produto, tecnologia CN utilizada. Identificar as limitações quanto ao uso dos comandos normalizados com linguagem G, as necessidades da linguagem CN, em função do avanço tecnológico ocorrido no campo dos comandos numéricos. E, finalmente, verificar a disposição das empresas em colaborar para a consecução deste trabalho.

O questionário encaminhado às empresas se encontra no Anexo B.

### **4.3. Entrevistas**

Após levantamento dos dados e informações, através do questionário, tornou-se necessária uma discussão mais próxima dos fabricantes e usuários desta tecnologia.

Nesta, buscou-se principalmente aprofundar e consolidar as respostas fornecidas no questionário, e verificar as perspectivas da empresa quanto às tendências para o desenvolvimento e alternativas para a linguagem de programação CN. Nas entrevistas, buscou-se também conhecer as expectativas quanto às tendências para o desenvolvimento de sistemas CN; dificuldades encontradas na aplicação da linguagem CN, frente a evolução dos comandos numéricos e quanto aos recursos humanos envolvido na área de programação.

Nas seções seguintes, relata-se parte dessas entrevistas.

#### **4.3.1. Empresas Fabricantes**

Foram realizadas entrevistas junto a empresas fabricantes de unidades de comando numérico computadorizado, e de máquinas-ferramenta CN.

Na empresa fabricante de máquinas-ferramenta o entrevistado é responsável pela área de engenharia de desenvolvimento de produto, e este fez as seguintes considerações: atualmente, no mercado de máquinas-ferramenta, são utilizadas como componentes construtivos fundamentais, as unidades de comando numérico que se caracterizam principalmente pela possibilidade de controlar maior número de eixos e reduzir tempos de processamento. Isto faz com que muitos fabricantes de máquinas desenvolvam seus equipamentos, propiciando maior capacidade operacional. Os modernos comandos numéricos computadorizados permitem uma grande facilidade de programação, sendo as evoluções evidenciadas pelas capacidades de programação de ciclos fixos específicos, cálculo automático

do contorno da peça, técnica de subprograma, etc. As facilidades referentes à programação de ciclos fixos, fez com que a linguagem CN se tornasse específica. Com relação às máquinas-ferramenta CN mais simples, estas terão seu campo de aplicação, através de comandos menos poderosos em termos de "hardware", (por exemplo as arquiteturas de 16 ou 32 bits), porém com "softwares" evoluídos.

Com relação a proposta apresentada, a empresa considerou oportuna, sendo que a eficiência na obtenção do programa se faz necessário, diante de sistemas produtivos com alto nível de automatização.

A empresa fabricante de unidades de comando numérico é bastante atuante na área, sendo o entrevistado, responsável pela área de engenharia de desenvolvimento e aplicação.

Segundo o entrevistado, a enorme evolução no campo dos comandos numéricos tem exigido grandes esforços de desenvolvimento, por parte dos fabricantes. Nos últimos anos, em virtude dos enormes avanços da microeletrônica, tornou-se possível implementar cada vez mais recursos de programação ao comando numérico, de modo que hoje muitos comandos podem também adicionalmente ser equipamentos com sistemas de programação integrados, possibilitando o emprego de linguagens superiores de programação, diretamente no comando.

Com relação às tendências ao desenvolvimento dos comandos CN, o entrevistado considerou que novas tecnologias nesta área terão seu foco nas funções que o sistema poderá desempenhar, bem como a incorporação de recursos de programação avançada, ao controle. Isto incorre na utilização de uma linguagem de programação de alto nível, com interfaces homem-máquina interativas. A linguagem gráfica utilizada deverá permitir a utilização de macros, para atender as necessidades específicas do usuário, tais como por exemplo, macros que identificam perfis de famílias de peças.

A empresa fabricante de unidades de comando numérico, também considerou oportuna a proposta deste trabalho, indo de encontro às necessidades da área de programação CN.

#### **4.3.2. Empresas Usuárias**

A empresa usuária da tecnologia CN é de médio porte, sendo o entrevistado, responsável pela área de planejamento do processo.

O entrevistado considerou que no início da implantação da tecnologia CN, os programas eram elaborados utilizando o método de programação manual e diretamente na máquina, o que foi viabilizado através das facilidades operacionais dos sistemas CN. A programação utilizando estes métodos, tornou-se possível, para técnicos altamente qualificados e familiarizados com o planejamento do trabalho.

A automação no chão-de-fábrica foi implementada de forma significativa na empresa, através de máquinas de comando numérico com alto grau de sofisticação e de diversas procedências. Diante desse quadro, para alcançar maior eficiência na obtenção de programas CN, foi implantado sistemas de apoio a programação CN utilizando linguagens avançadas de programação, tais como os sistemas CAD/CAM.

Quanto à proposta do trabalho em investigar os requisitos necessários a uma linguagem CN, que atenda a intercambiabilidade de programas entre diferentes sistemas CN, as contribuições da empresa usuária; dentre as quais pode-se destacar a flexibilidade da linguagem e a amigabilidade da interface homem-máquina, compõem parte da análise dos pressupostos.

No Capítulo 5 será apresentado o resultado da pesquisa.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Este capítulo apresenta, no item 5.1 - Pesquisa de Campo, os resultados obtidos através da aplicação do questionário, junto às empresas usuárias e fabricantes da tecnologia CN. No item 5.2 - Entrevistas, apresenta-se a consolidação dos dados/informações obtidos pelo questionário, bem como as perspectivas das empresas com relação à tecnologia CN. O item 5.3 - Análise dos Pressupostos, refere-se às discussões envolvendo os pressupostos assumidos na investigação proposta. Finalmente, no item 5.4 - Considerações Finais, refere-se a análise dos dados e informações obtidos através da aplicação da metodologia adotada na investigação.

### **5.1. Pesquisa de Campo**

Neste item, apresentamos a análise dos dados/ informações obtidos no questionário, sendo os resultados descritos a seguir.

#### **5.1.1. Análise Quantitativa**

Para a utilização deste ferramental analítico, será adotada a forma de exposição descritiva, e as questões foram assim planejadas:

- 1, 2, 3 - para caracterizar a empresa, sendo a última voltada para o tipo de produto;
- 4 - para identificar a tecnologia CN utilizada;
- 5, 6 - para verificar o comportamento da empresa quanto aos recursos humanos que utilizam os comandos normalizados ("códigos G") para obtenção do programa CN;

- 7 - para identificar o que ocorreu com a linguagem CN ("códigos G"), em decorrência dos diferentes caminhos de evolução dos comandos numéricos;
- 8, 9, 10 - para identificar o grau de intercâmbio de programas entre diferentes sistemas CN;
- 11 - para identificar o uso da tecnologia CN com funções de sensoriamento;
- 12, 13 - para identificar as características da linguagem CN utilizada, que atende às necessidades de se programar sistemas com funções de sensoriamento.

Dos questionários encaminhados a cinquenta empresas, houve o retorno de dezenove, ou seja, 38% da amostra.

Das doze respostas obtidas no tocante à atuação na área de controle numérico, as empresas classificam-se em usuárias (73,7%), fabricantes (26,3%) e outros (10,3%) - Tabela 5.1. Dentre as empresas fabricantes, (15,8%) são de comando numérico e (10,3%) de máquinas CN - Tabela 5.2.

	Porcentagem	Empresas
fabricante	(26,3%)	(5)
usuária	(73,7%)	(14)
outros	(10,3%)	(2)

Tabela 5.1: - Atuação Área CN

	Porcentagem	Empresas
comandos CN	(15,8%)	(3)
máquinas CN	(10,3%)	(2)

Tabela 5.2: Produtos - Empresas Fabricantes

Dos quatro ramos de atividades listados, para que as empresas se classificassem, houve uma preponderância do metalúrgico (31,6%), mecânico (26,3%), seguidos do eletrônico (10,3%). A frequência de 31,6% para a resposta “outros” é um forte indicador das empresas que responderam, tanto fornecedores como representantes - Tabela 5.3.

	Porcentagem	Empresas
metalúrgico (ex: metais)	(31,6%)	(6)
mecânico (ex: auto-peças)	(26,3%)	(5)
eletrônico	(10,3%)	(2)
outros	(31,6%)	(6)

Tabela 5.3: Ramo Atividade

Dentre os sistemas instalados no chão-de fábrica, as empresas comparecem com os seguintes índices, para cada componente da amostra deste trabalho: ROMI (26,3%), MAXITEC e MCS (21,05%) cada um, seguindo-se do sistema TRAUB (15,8%). Nesta questão, houve maior frequência na resposta “outros” sistemas CN (73,7%), tais como: DIADUR, FANUC, INDEX e OKUMA, os quais não fazem parte da amostra, porém, em decorrência das afirmações efetuadas pelas empresas, verifica-se a mesma problemática envolvendo a programação desses sistemas, sendo esta objeto de estudo desta investigação - Tabela 5.4.

Para o desenvolvimento de atividades relacionadas com a aplicação da linguagem “G” (ISO 6983 ou DIN 66025), os recursos humanos empregados, conforme indica a incidência de (68,4%) das respostas, encontram-se na faixa de 0 a 5 especialistas em programação, seguido de (5,3%) entre 5 a 10; (10,3%) entre 10 a 20 e (10,3%) acima de 20 especialistas - Tabela 5.5. Algumas inferências podem ser feitas a partir das respostas desta questão. As empresas que responderam ao questionário são, na sua grande maioria, de pequeno porte e usuárias da tecnologia CN.

	Porcentagem	Empresas
MCS	(21,05%)	(4)
TRAUB	(15,8%)	(3)
MAXITEC	(21,05%)	(4)
ROMI	(26,3%)	(5)
outros	(73,7%)	(14)

Tabela 5.4: Tecnologias Utilizadas no Chão-de-fábrica

	Porcentagem	Empresas
0 a 15	(68,4%)	(13)
5 a 10	(5,3%)	(1)
10 a 20	(10,3%)	(2)
acima de 20	(10,3%)	(2)

Tabela 5.5: Recursos Humanos - Linguagem "G"

A maioria das empresas (59,7%) responderam que acima de 30% dos produtos fabricados, são confeccionados por máquinas CN cujos programas foram elaborados, utilizando a linguagem específica de cada sistema CN (comandos "G"); (15,8%) entre 0 a 10% dos produtos; seguidos de (5,3%), na faixa de (10 a 20%) e (20 a 30%) - Tabela5.6.

	Porcentagem	Empresas
0 a 10	(15,8%)	(3)
10 a 20%	(5,3%)	(1)
20 a 30%	(5,3%)	(1)
acima de 30%	(57,9%)	*11)

Tabela 5.6: Mix Produtos - Programas CN (Linguagem "G")

Segundo a óptica de 68,4% das empresas, a linguagem CN ("G"), tornou-se específica e dependente da máquina, principalmente em decorrência da programação de ciclos automáticos; enquanto 31,6% consideraram a linguagem genérica, pois abrange a programação da maioria dos comandos numéricos - Tabela 5.7. A incidência de 68,4% das respostas nesta questão, confirma a hipótese quanto à necessidade de especialistas para atuar na área de programação CN.

	Porcentagem	Empresas
sim	(68,4%)	(13)
não	(31,6%)	(6)

Tabela 5.7: Linguagem "G" - Dependência Máquina CN

No caso de inovação tecnológica, a empresa reconhece (68,4%) que a linguagem "G" atende às necessidades de programação dos sistemas CN. Isto acontece em decorrência da abertura prevista em norma, que vem atender as necessidades dos fabricantes em designar os recursos tecnológicos de seus sistemas. Em contrapartida, 31,6% responderam "não", e que neste caso tornou-se necessário trabalhar com macros ou linguagem interativa - Tabela 5.8.

	Porcentagem	Empresas
sim	(68,4%)	(13)
não	(31,6%)	(6)

Tabela 5.8: Linguagem "G" - Evolução Tecnológica dos Sistemas CN

No caso de intercambiabilidade de programas entre máquinas (Tornos), componentes da amostra desta investigação, e que possuem comandos do mesmo tipo, porém com concepções diferentes, 78,9% das empresas afirmaram que não há possibilidade de ocorrer, enquanto 21,05% responderam que isso é possível -

Tabela 5.9. A questão posterior complementa a frequência dessas respostas, enfatizando que a intercambiabilidade poderá ocorrer, desde que não haja problemas de compatibilidade com relação, por exemplo, aos ciclos automáticos (56,3%), como também não haja necessidade de programação de tarefas complexas (56,3%) - Tabela 5.10. A aplicação da linguagem "G", não utilizando um desses recursos, incorre na sub-utilização dos sistemas CN.

	Porcentagem	Empresas
sim	(21,05%)	(4)
não	(78,9%)	(15)

Tabela 5.9: Intercambiabilidade entre Máquinas

	Porcentagem	Empresas
as funções de programação são específicas	(56,3%)	(9)
necessária a similaridade em relação a programação de tarefas complexas	(56,3%)	(9)
outros	(5,3%)	(1)

Tabela 5.10: Indicadores de Falta de Intercambiabilidade entre Máquinas CN Instaladas no Chão-de Fábrica

Para que haja a intercambiabilidade de programas entre os sistemas CN citados no item anterior, 56,3% das empresas responderam que deve ocorrer através da aplicação de uma linguagem CN mais flexível, seguido de 42,1% com relação a similaridade entre os comandos e 31,6% referente à similaridade entre as máquinas CN envolvidas - Tabela 5.11.

Quanto aos equipamentos que executam atividades na manufatura da empresa, e que possuem funções de sensoriamento, verificou-se maior incidência

da resposta “outros” (56,3%), TRAUB e ROMI (15,8%) cada um, seguido dos sistemas MAXITEC e MCS com (5,3%) cada um - Tabela 5.12.

	Porcentagem	Empresas
similaridade entre os comandos	(42,1%)	(8)
similaridade entre as máquinas	(31,6%)	(6)
flexibilidade da linguagem CN empregada	(56,3%)	(9)
outros	(10,3%)	(2)

Tabela 5.11: Indicadores de Intercambiabilidade entre Máquinas CN Instaladas no Chão-de-Fábrica

	Porcentagem	Empresas
TRAUB	(15,8%)	(3)
ROMI	(15,8%)	(3)
MAXITEC	(5,3%)	(1)
MCS	(5,3%)	(1)
outros	(56,3%)	(9)
nenhum	(21,05%)	(4)

Tabela 5.12: Tecnologias Utilizadas no Chão-de-Fábrica - Funções Sensoriamento

Em sua quase totalidade (68,4%) - Tabela 5.13, as empresas que responderam ao questionário afirmaram que a linguagem “G” atende às necessidades de programação dos sistemas CN, apresentando funções de sensoriamento, desde que sejam incorporadas ao controle funções adicionais não previstas em norma (63,2%) - Tabela 5.14. Nesta questão, as empresas confirmaram a hipótese com relação à norma ( ISO 6983 ou DIN 66025), a qual não prevê a programação CN de sistemas com funções de sensoriamento.

	Porcentagem	Empresas
sim	(68,4%)	(13)
não	(5,3%)	(1)

Tabela 5.13: Linguagem "G" - Programação Sistemas CN C/ Funções Sensoriamento

	Porcentagem	Empresas
devido a funções adicionais no CNC não prevista em norma	(63,2%)	(12)
outros	(10,3%)	(2)

Tabela 5.14: Indicadores Linguagem "G" - Não Favorece Programação Sistemas CN C/ Sensoriamento Instalados no Chão-de-Fábrica

A última questão refere-se à disposição das empresas em colaborar com a pesquisa na fase seguinte: as entrevistas. Considerou-se o retorno bastante significativo, com 73,7% das empresas dispostas a colaborar - Tabela 5.15.

	Porcentagem	Empresas
sim	(73,7%)	(14)
não	(26,3%)	(5)

Tabela 5.15: Empresas - Entrevistas

## 5.2. Entrevistas

Dos dados/informações obtidos através da realização das entrevistas, os considerados relevantes foram:

- incorporar ao controle recursos de programação avançada;
- simplificação das unidades de comando numérico;
- os programas deverão se adaptar a diferentes ambientes utilizados (portabilidade);
- a linguagem CN deverá ser mais flexível, para atender as necessidades específicas do usuário.

### **5.3. Análise dos Pressupostos**

Neste item são reavaliados os pressupostos em que se baseou a investigação proposta. A reavaliação dos pressupostos foi embasada nas informações obtidas nos questionários e entrevistas.

#### **Primeiro Pressuposto:**

**A linguagem de programação CN (ISO 6983,1988 e DIN 66025, 1983) não acompanhou a evolução tecnológica dos sistemas CN ao nível dos recursos disponíveis em “hardware” e “software”.**

Através da pesquisa de campo verificou-se que várias foram as tendências que conduziram a avanços substanciais no desenvolvimento de comandos numéricos, e que apesar do enorme desenvolvimento ocorrido, estes vieram a oferecer maiores recursos operacionais aos sistemas CN. Entretanto, a eficiência referente à obtenção do programa CN não ocorreu na mesma proporção que a operacionalização, pois a linguagem utilizada continua sendo àquela moldada nas normas inicialmente desenvolvidas. As atualizações da norma, vieram a atender a evolução dos comandos numéricos, fornecendo um maior número de opções

possíveis para aplicações específicas do usuário, porém manteve-se a estrutura geral da linguagem, sendo esta sequencial.

As entrevistas revelaram que as respostas ao questionário, referente a linguagem "G", em atender a programação dos sistemas CN, frente à evolução tecnológica desses, como ilustra a Figura 5.1, ocorre devido a abrangência desta linguagem. Essa abrangência é decorrente da abertura proporcionada pela norma , que favorece a programação de aplicações específicas do usuário, porém com a ressalva de que muitas vezes as codificações utilizadas não estão previstas em norma. Portanto, diante do exposto, foi confirmado a necessidade de alterações na linguagem "G", frente ao avanço tecnológico dos comandos numéricos.

### **Segundo Pressuposto:**

**A programação CN não favorece a intercambiabilidade de programas entre máquina (tornos) e/ou comandos numéricos de diferentes fabricantes, bem como entre concepções do mesmo fabricante.**

Os indicadores de que a programação CN (linguagem "G") não favorece a intercambiabilidade de programas entre máquinas de diferentes fabricantes, bem como, entre concepções do mesmo fabricante, são a programação de funções específicas de cada sistema CN e a programação de natureza complexa, como ilustra a Figura 5.2.

A pesquisa revela também que a intercambiabilidade de programas entre máquinas de diferentes fabricantes, bem como entre concepções do mesmo fabricante, será viabilizada principalmente, através da flexibilidade da linguagem utilizada para a programação dos sistemas CN, e caso haja similaridade entre os comandos - Figura 5.3.

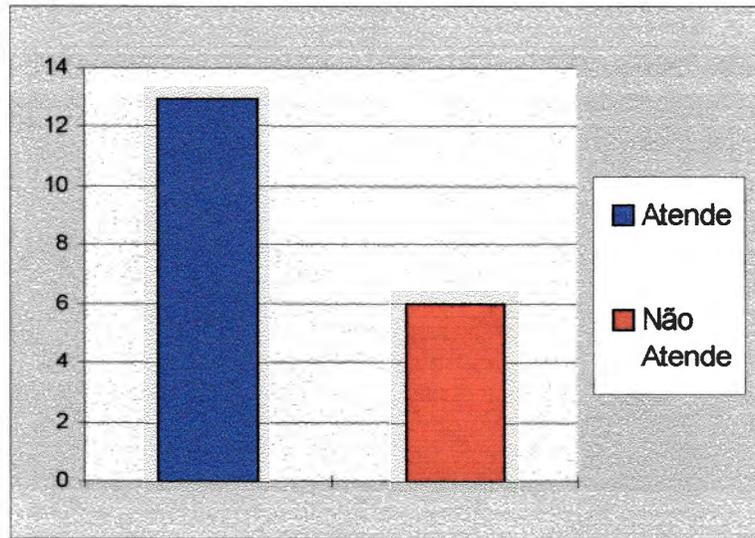


Figura 5.1: Linguagem CN - Evolução Tecnológica

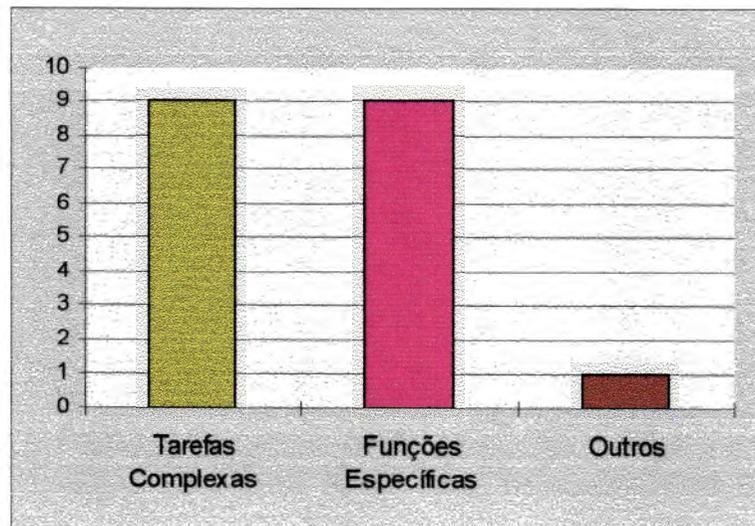


Figura 5.2: Indicadores Linguagem CN ("G") - Não Favorece Intercambiabilidade

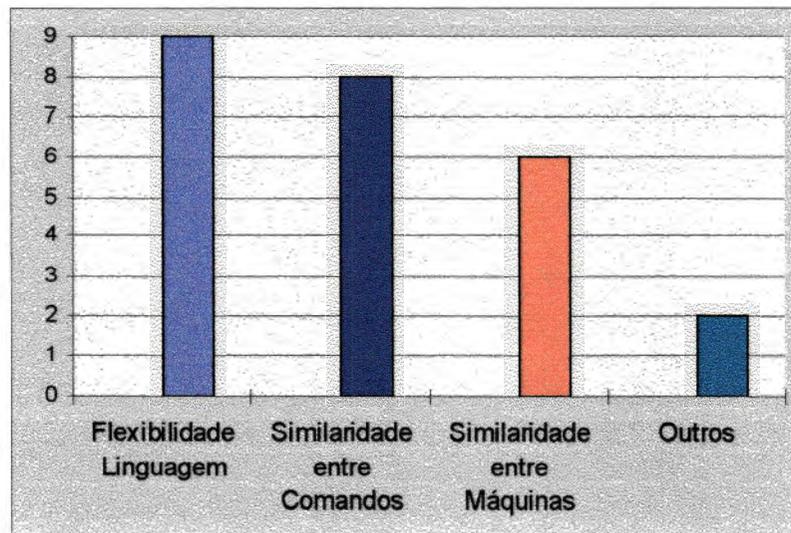


Figura 5.3: Indicadores de Intercambiabilidade

### Terceiro Pressuposto:

**A norma referente à linguagem CN (ISO 6983,1988 e DIN 66025, 1983) não prevê a programação de tarefas que consideram decisões lógicas internas, baseadas em informações adquiridas pela leitura de sensores.**

Visando melhorar e aperfeiçoar o sistema produtivo, as empresas estão utilizando cada vez mais sistemas sofisticados. Neste contexto estão as máquinas CN com elevado nível de automatização, como por exemplo as máquinas equipadas com controles adaptativos, cujas decisões lógicas são baseadas em informações adquiridas através da leitura de sensores, conforme ilustra a Figura 5.4.

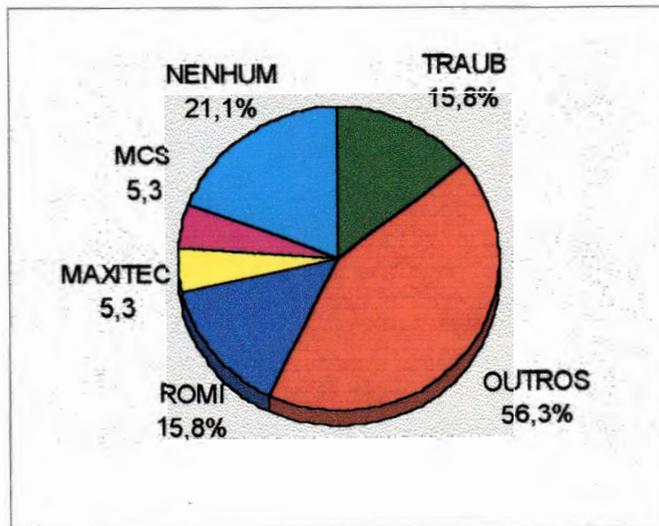


Figura 5.4: Tecnologias Utilizadas - Sensoriamento

Foi constatado na pesquisa de campo e nas entrevistas, que para aumentar o desempenho dos equipamentos citados anteriormente, o programa deverá possuir desvios lógicos, uma vez que isso ocorre através da programação de funções adicionais não previstas em norma, como ilustrado na Figura 5.5. Confirmado portanto, que a norma referente à programação CN (ISO 6983 ou DIN 66025) não prevê a programação de funções de sensoriamento.

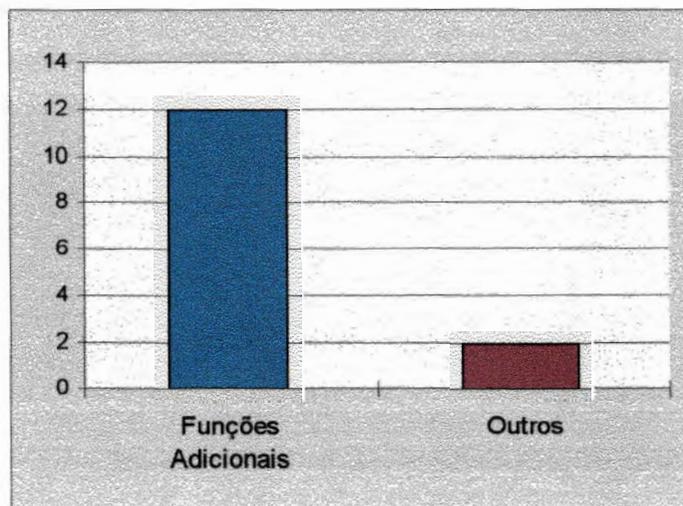


Figura 5.5: Linguagem "G" - Funções Sensoriamento

#### **Quarto Pressuposto**

**A linguagem CN (ISO 6983,1988 e DIN 66025, 1983) tornou-se específica, isto é, dependente da máquina CN.**

#### **Quinto Pressuposto**

**Há necessidade de recursos humanos especializados para atuar em cada máquina CN.**

A programação na oficina é utilizada de forma considerável pelas empresas de pequeno porte, que não possuem sistemas de apoio à programação assistida por computador, bem como por aquelas que iniciam a técnica de comando numérico. Esse tipo de programação é viabilizada através da facilidade de programação dos evoluídos comandos numéricos, tornando possível, e com maior intensidade, a programação de peças cada vez mais complexas. Entretanto, a linguagem utilizada ("códigos G"), tornou-se específica em decorrência da abertura fornecida pela norma (ISO 6983 ou DIN 66025). Esta abertura faz com que o mesmo código, seja utilizado por diferentes fabricantes de comandos numéricos para aplicações distintas, exigindo desta forma especialistas para atuar em cada sistema CN.

As empresas reconhecem a polivalência de conhecimentos referentes a linguagem "G", em termos da codificação utilizada, necessárias ao desenvolvimento de atividades de programação dos diferentes sistemas CN existentes, como ilustrado na Figura 5.6. As empresas esperam uma linguagem mais amigável, facilitando a interação do usuário.

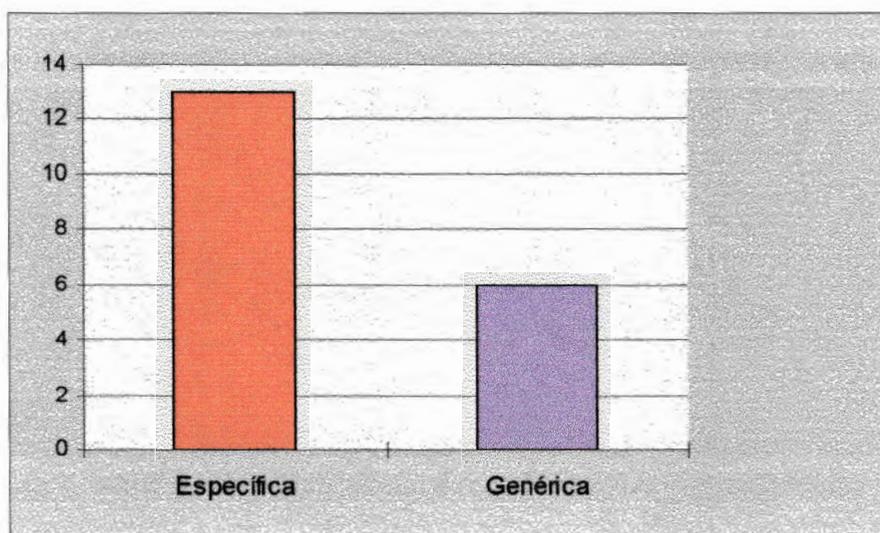


Figura 5.6: Especificidade da Linguagem CN - Códigos "G"

Foi confirmado portanto, a necessidade de recursos humanos especializados para o desenvolvimento de atividades na área de programação CN, particularmente na aplicação da linguagem "G" (ISO 6983 ou DIN 66025), bem como quanto à especificidade da linguagem, que tornou-se dependente da máquina.

#### 5.4. Considerações Finais

Um comentário deve ser feito ao final desta análise: a norma (ISO 6983 ou DIN 66025) é bastante abrangente, isto é, atende ao maior número possível de opções desta área, fato este comprovado através de sua utilização pela maioria dos fabricantes de máquinas CN, porém tornou-se específica em função dos recursos de cada sistema CN; os recursos humanos para as atividades relativas à área de programação CN devem ter conhecimentos específicos de cada sistema CN, sendo que, no caso da empresa adquirir novos sistemas CN, os especialistas precisam ser treinados para essa nova realidade; os fabricantes de comandos numéricos que utilizam a linguagem "G", para programação de funções de sensoriamento de seus sistemas CN, incorporam ao controle funções adicionais não previstas em norma; a

intercambiabilidade de programas utilizando a linguagem "G", entre máquinas CN e/ou comandos de diferentes concepções, bem como entre concepções de mesmo fabricante, poderá ser viabilizada, caso não sejam utilizados os códigos específicos de cada sistema CN.

Diante deste contexto e como resultado da pesquisa, apresenta-se no Capítulo 6, um conjunto de requisitos a uma linguagem de programação CN, que atenda às necessidades dos sistemas CN, independentemente de sua evolução, servindo para orientar os interessados na área de programação CN no desenvolvimento de uma linguagem intercambiável.

## 6. CONCLUSÃO

Durante o desenvolvimento do trabalho, observou-se que para estudos relativos à área de programação CN é necessária a visão dos potenciais dessa tecnologia, isto é as empresas.

Portanto, visando o objetivo proposto neste trabalho, a investigação se iniciou a partir do estudo da literatura recente e mais relevante e concluiu com uma pesquisa de campo, obtendo como resultado os requisitos considerados relevantes a uma linguagem de programação CN que favoreça a intercambiabilidade de programas entre sistemas CN de diferentes concepções.

Dos resultados obtidos através da aplicação da metodologia adotada para esta investigação, no tocante a uma linguagem CN intercambiável, concluiu-se que os requisitos necessários são:

- portabilidade: é essencial que os programas se adaptem a ambientes diferentes daqueles a que foram desenvolvidos;
- flexibilidade: é um requisito estreitamente relacionado com as necessidades específicas do usuário, e deve permitir a geração de programas para diferentes sistemas CN;
- expansibilidade: possuir interface modular para possibilitar futuras expansões;

A estrutura modular significa que o programa CN é composto por partes independentes uma das outras, de modo que a remoção ou introdução de um módulo não afeta os demais;

- A “amigabilidade” (“friendly”) da linguagem deve estar presente, através da interface de operação homem-máquina;

A linguagem deve apresentar recursos de interfaces para uma programação interativa de peças, formada por ícones gráficos, que são símbolos para operações de torneamento. Através dessa interação, o usuário ao descrever o processo, deverá se ocupar mais com os

aspectos tecnológicos e menos com problemas de cálculo do caminho da ferramenta;

- Simular programas gerados. A simulação deve ser a mais completa possível, permitindo a visualização da sequência de usinagem, bem como o controle de colisões e de parâmetros tecnológicos envolvidos na usinagem da peça;
- A linguagem deve permitir a utilização de macros ou subrotinas no detalhamento do processo;
- O programa gerado deve ser neutro, para desta forma representar um formato independente do CN e facilitar o entendimento de pessoas da área. Entretanto, enquanto não for possível aos atuais comandos numéricos a interpretação desse programa, é necessária a tradução para a forma específica ("códigos G"), "entendida" pela máquina-ferramenta CN.

As três características iniciais tornam-se interdependentes, quando se examina a questão de intercambiabilidade de programas CN como alicerce que suporta a integração de informações entre diferentes sistemas CN.

## **7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Esta pesquisa não se esgota com este trabalho, pois vários foram os caminhos abertos para futuros trabalhos. Dentre os possíveis futuros trabalhos, destacam-se:

- Estruturação da nova linguagem de programação CN;
- Desenvolvimento do comando numérico para interpretar a nova linguagem;
- Investigação dos requisitos necessários a uma linguagem de programação CN intercambiável aplicada a peças prismáticas (Fresamento).

## BIBLIOGRAFIA

AGUIAR, M. W. C. - Análise de viabilidade da implantação de DNC, 3º Seminário sobre Automatização Industrial para a Região Sul/SC, SOBRACON, Abril, 1989.

AGOSTINHO, O. L. - Material de aula do curso de pós-graduação: Manufatura Integrada por Computador, São Carlos: EESC-USP, 1992a. Apostila.

AGOSTINHO, O. L. - Os sistemas devem se adaptar ao desejo dos consumidores. Máquinas e Metais, Ano XXVII n° 317, junho, pp 44-51, 1992b.

AGOSTINHO, O. L. - Material de aula do curso de pós-graduação: Sistemas Flexíveis de Manufatura, São Carlos: EESC-USP, 1993. Apostila.

AGOSTINHO, O. L. - Estágios de passagem da estrutura convencional para a flexível. Máquinas e Metais, Ano XXIX, n° 338, pp 164-178, março, 1994.

AUTOMATION and MANAGEMENT SYSTEMS DIVISION, CHARLES S. D. LABORATORY - Flexible manufacturing systems handbook, New Jersey, 1984.

BESANT, O. L. - CAD/CAM Projeto e fabricação com auxílio do computador, Rio de Janeiro: Editora Campus, 1985.

BLOUNT, C. N. , RAHBARY, M. A. - Computer assisted machine tool part-program optimization, Computer Integrated Manufacturing Systems, v. 8 n° 1, pp 41-49, 1995.

CAMANHO, R. - Programação Manual em Máquinas CN, SOBRACON, 1986.

CHANG, T. C. & WYSK, R. A. - An introduction to automated process planning systems, Editora Prentice-Hall, 1985.

CHANG, T. C.; WANG, H.; WYSK, R. A. - Computer aided manufacturing, New Jersey, EUA, Editora Prentice-Hall, 1991.

COSTA, L. S. S.; CAULLIRAUX, H. M. (organizadores) Manufatura integrada por computador: sistemas integrados de produção: estratégia, organização, tecnologia e recursos humanos, Rio de Janeiro, Editora Campus, 1995.

CRUZ, L. H. S., - Planejamento e controle da produção, São Paulo, Editora Atlas, 1993.

DIN 66025: Programmaufbau fuer numerisch gesteuerte Arbeitsmaschinen, Berlin, Beuth Verlag GmbH.

DINIZ, A. E. - Máquinas CNC: Aspectos Construtivos, operações e aplicações, Boletim SOBRACON, Ano VII, nº 47, pp 8, janeiro/fevereiro, 1990a.

DINIZ, A. E. - Máquinas CNC: Aspectos construtivos, operações e aplicações II, Boletim SOBRACON, Ano VII, nº 48, pp 7, março/agosto, 1990b.

EINSENHARDT, K. M. - Building theory from case study research. Working paper departament of industrial engineering and engineering mangement, Stanford University, Estados Unidos, outubro, 1988 (in CORRÊA H. L. & SLACK D. C., 1996).

GROOVER, M. P. & ZIMMERS, E. W. - CAD/CAM: Computer aided design and manufacturing, New York, Editora Prentice-Hall, Inc. USA, 1984.

GROOVER, M. P. - Automation production systems and computer integrated manufacturing, New York, Editora Prentice-Hall, Inc. USA, 1987.

GROOVER, M. P. - Fundamentals of modern manufacturing, materials, process and systems, New Jersey Editora Prentice-Hall, Inc. USA, 1996.

GYULA, H. - The evolution of numerical control units in the light of integration, Computers in Industry, nº 17, pp 341-347, 1991.

HAM, I. & LU, S. C. Y. - Computer aided process planning: the present and the future, Annal of CIRP, V. 37, fev., 1988 (in VEGA, H. A., 1993).

HAMMER H. & HERHOLZ, B. - NC programing and DNC operating, Deutsche Industrieanlagen Gesellschaft mbh, DIAG, 1990.

ISO 4342: - Numerical control of machines = CN processor input = Basic part program reference language, 278p, 1985. Norma.

ISO 4343: - Numerical control of machines = CN processor output = Minor elements of 2000 = types records (post-processor commands), 92p, 1978. Norma.

ISO 6983/1/: - Numerical control machines = Program format and definition of adress words, Part 1: Data format for positioning line motion and contouring control systems, 14p, 1982. Norma.

ISO 6983/2/: - Numerical control of machines = Program format and definition of adress words, Part 2: Coding and maintenance of preparatory functions G and universal miscellaneous functions M, 9p, 1988. Norma.

ISO 6983/3/: - Numerical control of machines = Program format and definition of address words, Part 3: Coding of miscellaneous functions M (classes 1 to 9), 17p, 1988.

ISO TC184/SC3: - The Requirements for a Global Programming Language, 14p, 1987.

KRAL, I. H. - Numerical control programming in APT, New Jersey, Editora Prentice-Hall, Inc. 1986.

KRAMER B. M. - Pesquisa e desenvolvimento na área de máquinas-ferramenta nos Estados Unidos, Máquinas e Metais, Ano XXXI, nº361, pp 22-41, fevereiro, 1996.

LOGAN, F. - A evolução para planejamento do processo automático através de sistema especialista generativo. Boletim SOBRACON, Ano VII, nº 48, pp 6, março/agosto 1990.

LYNCH, M. - Computer numerical control for machining, Editora McGraw-Hill, 1992.

MACHADO, A. - Comando numérico aplicado às máquinas-ferramenta, Editora Ícone, 1986.

Manual da Linguagem de Programação APT - Automatically Programmed Tool.

MACMAHON, C. - CAD/CAM: From principles to practice, Editora Addison-Wesley, 1993.

MARSHALL, P. - Computer aided process planning and stimulating as part of an integrated CAD/CAM system. Computer Engineering Journal, oct., 1985.

MAXITEC - Roteiro de programação CN: Comando numérico 300T, 1990.

MAXITEC - Manual de programação avançada: Sinumeric Sistema 3T, 1991.

MENDES, V. - Tecnologia de controle para incrementar o desempenho de máquinas: o desafio à frente. Máquinas e Metais, Ano XXX, nº 350, pp 116-127, março, 1995.

MOREIRA, M. E. - DNC: projeto, produção e manutenção se aproximam. Automação e Indústria, maio, 1988.

MCS - Roteiro de programação CN: Comando MCS 210, 1991.

MCS - Roteiro de programação CN: Comando MCS 500, 1992.

NAVARRO, H. A. - Desenvolvimento de um sistema para programação comando numérico para peças rotacionais. Dissertação de Mestrado, São Carlos: EESC-USP, maio, 1991. (Orientador: ROZENFELD, H.).

NIEBEL, B. W.; DRAPER, A. B. e WYSK R. A. - A modern manufacturing process engineering, Editora McGraw-Hill, 1989.

NORMANN, EW. A. & ROSA, J. M. D. - Um sistema CAPP para a furação, 1º Simpósio Brasileiro sobre Tecnologia de Usinagem, SOBRACON, março, 1989.

PRITSCHOW, G.; JUNGHANS G. - Controle de sistema aberto, um desafio da indústria de máquinas, Máquinas e Metais, Ano XXXI, nº 368, pp 20-38, setembro, 1996.

RÁNKY, P. G. - Computer integrated manufacturing, Editora Prentice-Hall, Inc. UK, Ltda, 1986.

RESENDE, M. DE O. & SACOMANO, J. B. - Princípios dos sistemas de planejamento e controle da produção, São Carlos: EESC-USP, março, 1991.

ROMI - Manual de programação CN: Comando MACH 3L, 1989.

ROMI - Manual de programação CN: Comando MACH 4L, 1990.

ROZENFELD, H. - Sistema modular de planejamento do processo (CAPP) aplicado ao contexto nacional, IV Simpósio "CAD/CAE/CAM", SOBRACON, 1989a.

ROZENFELD, H. - Desenvolvimento de uma linguagem universal para máquinas CNC, IX Seminário de Comando Numérico e Automatização Industrial, SOBRACON, 1989b.

ROZENFELD, H. - Material de aula do curso de pós-graduação: planejamento do processo assistido por computador, São Carlos: EESC-USP, 1992a.

ROZENFELD, H. - Sistema CAPP: seus conceitos, casos práticos e desenvolvimentos. Máquinas e Metais, Ano XXIX, nº 338, pp 124-142, março, 1994.

SLACK, NIGEL Vantagem Competitiva em Manufatura, São Paulo, Editora Atlas S.A., 1993.

STEMMER, E. & FERREIRA A. C. - Características e programação de máquinas com comando numérico, UFSC, 1984.

TEICHOLZ, E. - CAD/CAM handbook, Editora McGraw-Hill, 1985.

TRAUB - Comando numérico CNC: Técnica operacional: curso básico, TRAUBOMATIC Indústria e Comércio Ltda, São Paulo, 1984.

TRAUB - Comando Numérico: Programação econômica e eficiente ao alcance de todas as empresas, TRAUBOMATIC Indústria e Comércio Ltda, São Paulo, 1988.

TRAUB - Manual de programação: Comando TX8 2 Eixos, 1989.

TRAUB - Manual de programação: Comando TX8 4 Eixos, 1989.

TRAUB - Evolução e possibilidades das modernas unidades de comando numérico, TRAUBOMATIC Indústria e Comércio Ltda, São Paulo, 1990.

UENO, S. - A máquina da próxima geração tem múltiplas funções e é rápida e precisa, Máquinas e Metais, Ano XXXI, nº366, pp 42-53, julho, 1996.

VIOLA, M. R. - CNC/DNC: uma ferramenta voltada para a manufatura interativa, Máquinas e Metais, Ano XXIX, nº 341 pp 20-27, junho, 1994.

ZEID, I. - CAD/CAM theory and practice, Editora McGraw-Hill, 1991.

WHITACRE, P. - The basics of BCL and the EIA RS-494 standard, Cincinnati Milacron, USA, SCNB,8,1988.

## **ANEXO A**

Quadro Comparativo de Funções "G" e "M" referentes aos comandos componentes da amostra desta investigação.

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G00	AVANCO RAPIDO	MACH 3L ----- MACH 4L	ROMI	N...G00 X...Z...  X...Z... - COORDENADAS DO PONTO DE CHEGADA EM MEDIDA ABSOLUTA OU INCREMENTAL
		TX-S  ( 2 EIXOS )		TRAUB
		TX-S  ( 4 EIXOS )		
G01	INTERPOLACAO LINEAR	MACH 3L ----- MACH 4L	ROMI	N...G01 X... Z... F...  X...Z... - COORDENADAS DO PONTO DE CHEGADA EM MEDIDA ABSOLUTA OU INCREMENTAL F - AVANCO
		TX-S  ( 2 EIXOS )		TRAUB

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G01	INTERPOLACAO LINEAR	TX-S (4 EIXOS)	TRAUB	<p>N...G01 X/U... Z/W... A... D/R... F... E... S... B... T... M...</p> <p>X...Z... - COORDENADAS DO PONTO DE CHEGADA EM MEDIDA ABSOLUTA  U...W... - COORDENADAS DO PONTO DE CHEGADA EM MEDIDA INCREMENTAL  A - ANGULO ENTRE O EIXO "Z" E A DIRECAO DE DESLOCAMENTO  D - CHANERO DE CONCORDANCIA  R - RAO DE CONCORDANCIA  F - AVANCO  E - AVANCO PARA ELEMENTO DE CONCORDANCIA (D/R)  S - ROTACAO / VELOCIDADE DE CORTE  B - FUNCAO AUXILIAR  T - CHAMADA DE FERRAMENTA  M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATÉ 3M POR SENTENÇA</p>
G02	INTERPOLACAO CIRCULAR SENEADO HORARIO	MACH 3L	ROMI	<p>N...G02 X... Z... R... I... K... F...</p> <p>X...Z... - COORDENADAS DO PONTO FINAL DO ARCO EM MEDIDA ABSOLUTA OU INCREMENTAL  R - RAO (OPCIONAL)  I...K... - COORDENADAS DO CENTRO DO ARCO (OPCIONAIS)  F - AVANCO</p>
		MACH 4L		<p>N... G02 X/U... Z/W... R... I... K... F... S... M... B...</p> <p>X...Z... - COORDENADAS DO PONTO FINAL DO ARCO EM MEDIDA ABSOLUTA  U...W... - COORDENADAS DO PONTO FINAL DO ARCO EM MEDIDA INCREMENTAL  R - RAO (OPCIONAL)  I... K... - COORDENADAS DO CENTRO DO ARCO (OPCIONAIS)  F - AVANCO  S - ROTACAO  M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATÉ 3M POR SENTENÇA  B - FUNCAO AUXILIAR</p>
		TX-S (4 EIXOS)	TRAUB	<p>N... G02 X/U... Z/W... I/B/R... K/Q... D/C... H... F... E... S... B... M...</p> <p>X...Z... - COORDENADAS DO PONTO FINAL DO ARCO EM MEDIDA ABSOLUTA  U...W... - COORDENADAS DO PONTO FINAL DO ARCO EM MEDIDA INCREMENTAL  I - DISTANCIA EM X DO PONTO INICIAL DO ARCO AO CENTRO DO MESMO  P - COORDENADA DO CENTRO DO ARCO - EIXO X  R - RAO  K - DISTANCIA EM Z DO PONTO INICIAL DO ARCO AO CENTRO DO MESMO  Q - COORDENADA DO CENTRO DO ARCO - EIXO Z  D - CHANERO DE CONCORDANCIA  C - RAO DE CONCORDANCIA</p> <p>H - DETERMINACAO DO PONTO DE INTERSECAO (0/1)  F - AVANCO  E - AVANCO DO ELEMENTO DE CONCORDANCIA (D/C)  S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE  B - FUNCAO AUXILIAR  M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATÉ 3M POR SENTENÇA</p> <p>NOTA: (I, K); (P, Q); R (OPCIONAIS)</p>

PROCESSO		TORNEAR		
CONTEUDO DO MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G03	INTERPOLACAO CIRCULAR SENTIDO ANTI-HORARIO	MACH 3L ----- MACH 4L	ROMI	<p>M...G03 X...Z...R...L...K...F...</p> <p>X...Z... - COORDENADAS DO PONTO FINAL DO ARCO EM MEDIDA ABSOLUTA</p> <p>R - RAI0 (OPCIONAL)</p> <p>L...K... - COORDENADAS DO CENTRO DO ARCO (OPCIONAIS)</p> <p>F - AVANCO</p>
		TX-B (2 EIXOS)	TRAUB	<p>M...G03 X/U...Z/W...R...L...K...F...S...H...B...</p> <p>X...Z... - COORDENADAS DO PONTO FINAL DO ARCO EM MEDIDA ABSOLUTA</p> <p>U...W... - COORDENADAS DO PONTO FINAL DO ARCO EM MEDIDA INCREMENTAL</p> <p>R - RAI0 (OPCIONAL)</p> <p>L...K... - COORDENADAS DO CENTRO DO ARCO (OPCIONAIS)</p> <p>F - AVANCO</p> <p>S - ROTACAO</p> <p>H - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL ATZ 3H POR SENTENCA</p> <p>B - FUNCAO AUXILIAR</p>
		TX-B (4 EIXOS)	TRAUB	<p>M...G03 X/U...Z/W... I/P/R... W/Q... D/C... H...F...L...S...B...H...</p> <p>X...Z... - COORDENADAS DO PONTO FINAL DO ARCO EM MEDIDA ABSOLUTA</p> <p>U...W... - COORDENADAS DO PONTO FINAL DO ARCO EM MEDIDA INCREMENTAL</p> <p>I - DISTANCIA EM X DO PONTO INICIAL DO ARCO AO CENTRO DO MESMO</p> <p>P - COORDENADA DO CENTRO DO ARCO - EIXO X</p> <p>R - RAI0</p> <p>K - DISTANCIA EM Z DO PONTO INICIAL DO ARCO AO CENTRO DO MESMO</p> <p>Q - COORDENADA DO CENTRO DO ARCO - EIXO Z</p> <p>D - CHAMFRO DE CONCORDANCIA</p> <p>C - RAI0 DE CONCORDANCIA</p> <p>H - DETERMINACAO DO PONTO DE INTERSECCAO (0/1)</p> <p>F - AVANCO</p> <p>L - AVANCO DO ELEMENTO DE CONCORDANCIA (D/C)</p> <p>S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE</p> <p>H - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATZ 3H POR SENTENCA</p> <p>B - FUNCAO AUXILIAR</p>
G04	TEMPO DE PERMANENCIA	MACH 3L ----- MACH 4L	ROMI	<p>M...G04 D...</p> <p>D - TEMPO EM SEGUNDOS</p>
		TX - B (2 EIXOS)	TRAUB	<p>M...G04 X...S...H...B...</p> <p>X - TEMPO EM SEGUNDOS (0.001 - 99999.99 SEGUNDOS)</p> <p>S - ROTACAO</p> <p>H - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATZ 3H POR SENTENCA</p> <p>B - FUNCAO AUXILIAR</p>

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G14	DESATIVAR SINCRONIZA- CAO (G71/ G72/G73)	TX - 8 (2 EIXOS)	TRAUB	<p>N... G14 S... B... M...</p> <p>S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE B - FUNCAO AUXILIAR M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3H POR SENTENCA</p>
		TX - 8 (4 EIXOS)		
G15	ATIVAR SINCRONIZA- CAO (G71/ G72/G73)	TX - 8 (2 EIXOS)	TRAUB	<p>N... G15 S... B... M...</p> <p>S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE B - FUNCAO AUXILIAR M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3H POR SENTENCA</p>
		TX - 8 (4 EIXOS)		
G20	ATIVAR PROGRAMACAO EM DIAMETRO	MACH 3L	ROMI	<p>N... G20</p> <p>NOTA: - APLICA-SE AOS CODIGOS DE PROGRAMACAO X, U E I. - INSTRUCAO ATIVA ASSIM QUE O COMANDO E LIGADO.</p>
		MACH 4L		
G20	ATIVAR PROGRAMACAO EM FOLEGADAS	TX - 8 (2 EIXOS)	TRAUB	<p>N... G20</p> <p>NOTA: - PREPARA O COMANDO PARA COMPUTAR OS DADOS DE ENTRADA EM FOLEGADA. - INSTRUCAO ATIVA ASSIM QUE O COMANDO E LIGADO.</p> <p>N... G20 S... B... M...</p> <p>S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE B - FUNCAO AUXILIAR M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3H POR SENTENCA</p>
		TX - 8 (4 EIXOS)		
G21	ATIVAR PROGRAMACAO EM RAI0	MACH 3L	ROMI	<p>N... G21</p> <p>NOTA: APLICA-SE AOS CODIGOS DE PROGRAMACAO X, U e I.</p>
		MACH 4L		

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G21	ATIVAR PROGRAMACAO EM MILIMETROS	TX - 8 ( 2 EIXOS )	TRAUB	N... G21 PREPARA O COMANDO PARA COMPUTAR OS DADOS DE ENTRADA EM MILIMETRO.
		TX - 8 ( 4 EIXOS )		N... G21 S... B... M... S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE    M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3M POR SENTENCA B - FUNCAO AUXILIAR
G22	CHAMADA DE SUBPROGRAMA	TX - 8 ( 2 EIXOS )	TRAUB	N... G22 A... P... Q... H...
		TX - 8 ( 4 EIXOS )		A - NUMERO DO SUBPROGRAMA P - NUMERO DA SENTENCA INICIAL Q - NUMERO DA SENTENCA FINAL H - NUMERO DE REPETICOES SUCESSIVAS DO SUBPROGRAMA
G24	AVANCO EM MARCHA	TX - 8 ( 2 EIXOS )	TRAUB	N... G24-G25-G26-G27 S... M... B...
G25	RAPIDA PARA O PONTO DE TROCA DE FERRAMENTA	TX - 8 ( 4 EIXOS )		S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE B - FUNCAO AUXILIAR M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3M POR SENTENCA
G26				
G27				
G28	AVANCO EM MARCHA RAPIDA PARA O PONTO DE REFERENCIA	TX - 8 ( 2 EIXOS )	TRAUB	N... G28 X/U... Z/W... S... B... M...
		TX - 8 ( 4 EIXOS )		X... Z... - COORDENADAS DO PONTO INTERMEDIARIO EM MEDIDA ABSOLUTA U... W... - COORDENADAS DO PONTO INTERMEDIARIO EM MEDIDA INCREMENTAL S - ROTACAO B - FUNCAO AUXILIAR M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3M POR SENTENCA
G30	CANCELAR IMAGEM ESPELHO	MACH 3L MACH 4L	ROMI	N... G30
	DESLOCAMENTO PARA O PONTO DE REFERENCIA	TX - 8 ( 2 EIXOS ) TX - 8 ( 4 EIXOS )	TRAUB	N... G30 X/U... Z/W... S... B... M... S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE X - PONTO AUXILIAR "X" U - DISTANCIA DO PONTO INICIAL AO PONTO AUXILIAR "X" B - FUNCAO AUXILIAR Z - PONTO AUXILIAR "Z" W - DISTANCIA DO PONTO INICIAL AO PONTO AUXILIAR "Z" M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL ATE 3M POR SENT.

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G31	ATIVAR INGEM EIXELO NO EIXO X	MACH 3L ----- MACH 4L	ROMI	N... G31
	ATIVAR INGEM EIXELO NO EIXO Z	MACH 3L ----- MACH 4L		
G33	CORTE DE ROSCAS BLOCO A BLOCO	MACH 3L ----- MACH 4L	ROMI	<p>N... G33 X... Z... A... I...</p> <p>X - PROFUNDIDADE POR PASSADA OU FINAL DA ROSCA CONICA (DIAMETRO) (ABSOLUTO)</p> <p>Z - POSICAO FINAL DO COMPRIMENTO DA ROSCA (ABSOLUTO)</p> <p>F - PASSO DA ROSCA (INCREMENTAL)</p> <p>A - ABERTURA ANGULAR ENTRE AS ENTRADAS DA ROSCA (ABSOLUTO)</p> <p>I - CONICIDADE INCREMENTAL NO EIXO X PARA ROSCAS CONICAS OU PASSO PARA ROSCA NA FACE (INCREMENTAL)</p>
		<p>TX - 8 (2 EIXOS)</p> <p>-----</p> <p>TX - 8 (4 EIXOS)</p>		
G34	CORTE DE ROSCA COM PASSO PROGRESSIVO OU DEGRESSIVO	TX - 8 (2 EIXOS)	TRAUB	<p>N... G34 X/U... Z/W... F/E... K... B... M...</p> <p>X/U... - COORDENADAS DO PONTO FINAL EM MEDIDA ABSOLUTA</p> <p>Z/W... - COORDENADAS DO PONTO FINAL EM MEDIDA INCREMENTAL</p> <p>F - PASSO DA ROSCA EM MILIMETRO (OPCIONAL)</p> <p>E - PASSO DA ROSCA EM POLEGADA (OPCIONAL)</p> <p>K - PASSO VARIÁVEL: + OU -</p> <p>B - FUNCAO AUXILIAR</p> <p>M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3M POR SENTENCA</p>
		TX - 8 (4 EIXOS)		



PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G36	FECHAR MEMORIA	TX - 8 (2 EIXOS)	TRAUB	N... G36
		TX - 8 (4 EIXOS)		
G37	CICLO DE ROSCAMENTO	MACH 3L	ROMI	G37 X... Z... I... K... D... E... A... B... W... U...L... X - PROFUNDIDADE FINAL DO ROSCAMENTO (DIAMETRO) Z - POSICAO FINAL DO COMPRIMENTO DA ROSCA (ABSOLUTO) I - CONDICAO INCREMENTAL NO EIXO X PARA ROSCAS CONICAS (DIAMETRO) (INCREMENTAL) K - PASSO DA ROSCA (INCREMENTAL) D - PROFUNDIDADE PARA A PRIMEIRA PASSADA E - DISTANCIA DE APROXIMACAO PARA INICIO DE ROSCAMENTO A - ABERTURA ANGULAR ENTRE AS ENTRADAS DA ROSCA B - ANGULO DE ALIMENTACAO PARA SISTEMA COMPOSTO (GRAUS) W - PARAMETRO PARA ANGULO DE SAIDA DE ROSCA U = PROFUNDIDADE DO ULTIMO PASSE DE ROSCA (DIAMETRO) (INCREMENTAL) L - NUMERO DE REPETICAO DO ULTIMO PASSE DA ROSCA (ACABAMENTO)
		MACH 4L		
G37	ABRIR MEMORIA PARA ENTRADA DE DADOS DE FERRAMENTAS	TX - 8 (2 EIXOS)	TRAUB	G37- PODERA SER PROGRAMADO OS SEGUINTE DADOS PARA CADA FERRAMENTA: T... X... Z... P... R... H... U... W... T - ESTACAO DO REVOLVER X...Z... - MEDIDAS EM X E Z DA PONTA DA FERRAMENTA A FACE DO REVOLVER P - QUADRANTE DA FERRAMENTA R - RAO DE CORTE H = ENDERECO PARA CORRECAO DO DESGASTE U - VALOR DA CORRECAO DO DESGASTE EM X - (mm) (OFFSET) W - VALOR DA CORRECAO DO DESGASTE EM Z - (mm)
		TX - 8 (4 EIXOS)		
G38	ABRIR MEMORIA PARA ENTRADA DE PARAMETROS	TX - 8 (2 EIXOS)	TRAUB	N... G38
		TX - 8 (4 EIXOS)		
G40	CANCELAR COMPENSACAO DO RAO DE CORTE	MACH 3L	ROMI	N... G40
		MACH 4L		NOTA: APOS G40 DEVERA SER PROGRAMADO UMA INSTRUCAO G01 (POSICIONAMENTO), PARA QUE O COMANDO EXECUTE A DESCOMPENSACAO DO RAO DE CORTE DA FERRAMENTA.
G40		TX - 8 (2 EIXOS)	TRAUB	N... G40
		TX - 8 (4 EIXOS)		N... G40 S... B... M... B - FUNCAO AUXILIAR S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATÉ 3M POR SENTENÇA

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G41	ATIVAR COMPENSACAO DO RAI0 DE CORTE A ESQUERDA	MACH 3L ----- MACH 4L	ROMI	N... G41  NOTA: APOS G41 DEVERA SER PROGRAMADO UMA INSTRUCAO G01(POSICIONAMENTO), PARA QUE O COMANDO EXECUTE A COMPENSACAO DO RAI0 DE CORTE DA FERRAMENTA.
	ATIVAR COMPENSACAO DO RAI0 DE CORTE A DIREITA	MACH 3L ----- MACH 4L		N... G42  NOTA: AS CONSIDERACOES FEITAS PARA A FUNCAO G41 SAO VALIDAS PARA G42.
G46	IMBIR VELOCIDADE DE CORTE CONSTANTE	MACH 3L ----- MACH 4L	ROMI	N... G46  -----  -----
	ATIVAR COMPENSACAO DO RAI0 DE CORTE	TX - 8 (2 EIXOS)  TX - 8 (4 EIXOS)		TRAUB
G47	ATIVAR VELOCIDADE DE CORTE CONSTANTE	MACH 3L ----- MACH 4L	ROMI	N... G47
	CANCELAR PONTO ZERO-PECA	MACH 3L ----- MACH 4L		ROMI
G53	DESBLOCAR EM AVANCO RAPIDO RELATIVO AO PONTO ZERO DA MAQUINA	TX - 8 (2 EIXOS) ----- TX - 8 (4 EIXOS)	TRAUB	N... G53 X... Z... S... B... M...  X...Z... - COORDENADAS DA POSICAO FINAL DO PONTO DE REFERENCIA DA PECA EM RELACAO AO PONTO ZERO-MAQUINA S - ROTACAO B - FUNCAO AUXILIAR M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3M POR SENTENCA

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G54	ATIVAR PRIMEIRO PONTO ZERO-PECA	MACH 3L ----- MACH 4L	ROMI	N... G54  O VALOR DE Z PARA A DETERMINACAO DO PONTO ZERO-PECA DEVE SER INTRODUIZIDO NO COMANDO ATRAVES DO ENDEREÇO G54, EM "TOOL DATA FILE".
	DEFINIR PONTO ZERO-PECA	TX - 8 ( 2 EIXOS ) ----- TX - 8 ( 4 EIXOS )	TRAUB	- O VALOR DE Z PARA A DETERMINACAO DO PONTO ZERO-PECA DEVE SER INTRODUIZIDO NO COMANDO ATRAVES DO ENDEREÇO G54 EM SETUP.  - ASSIM QUE O PAINEL E LIGADO, O VALOR PROGRAMADO EM G54 E VALIDO AUTOMATICAMENTE.  N... G54 S... B... M...  S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE B - FUNCAO AUXILIAR M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3M POR SENTENÇA
G55	ATIVAR SEGUNDO PONTO ZERO-PECA	MACH 3L ----- MACH 4L	ROMI	N... G55 (ESTA FUNCAO E IDENTICA A G54)
	DEFINIR PONTO ZERO-PECA	TX - 8 ( 2 EIXOS ) ----- TX - 8 ( 4 EIXOS )	TRAUB	N... G55  - O VALOR DE Z PARA A DETERMINACAO DO PONTO ZERO-PECA DEVE SER INTRODUIZIDO NO COMANDO ATRAVES DO ENDEREÇO G55 EM SETUP.  - O VALOR PROGRAMADO SOB O ENDEREÇO G55, SOMENTE E VALIDO QUANDO CHAMADOE NO PROGRAMA PRINCIPAL.  N... G55 S... B... M...  S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE B - FUNCAO AUXILIAR M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3M POR SENTENÇA
G56	DEFINIR PONTO ZERO-PECA	TX - 8 ( 2 EIXOS ) ----- TX - 8 ( 4 EIXOS )	TRAUB	N... G56 - IDENTICO A FUNCAO G55 N... G57
G57	DEFINIR PONTO ZERO-PECA	TX - 8 ( 4 EIXOS )	TRAUB	N... G56 - IDENTICO A FUNCAO G55 N... G57

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G59	DEFINIR PONTO ZERO ADICIONAL	TX - S (2 EIXOS)	TRAUB	N...G59 X... Z... S... M... B...  X...Z... - COORDENADAS DO PONTO ZERO-PECA EM RELACAO AO PONTO ZERO DEFINIDO POR G54 NO SETUP S - ROTACAO M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3M POR SENTENCA B - FUNCAO AUXILIAR
		TX - S (4 EIXOS)		
G60	DESATIVAR AREA DE SEGURANCA	MACH 3L	ROMI	N... G60
		MACH 4L		
G61	ATIVAR AREA DE SEGURANCA	MACH 3L	ROMI	N... G61 L... X... Z... I... K...  L - NUMERO DA AREA QUE VARIA DE 1 A 8 X - DIAMETRO INTERNO Z - ENCOSTO I - DIAMETRO EXTERNO K - COMPRIMENTO
		MACH 4L		
G65	DESATIVAR AREA DE SEGURANCA	TX - S (2 EIXOS)	TRAUB	N...G65 S... B... M...  S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE B - FUNCAO AUXILIAR M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3M POR SENTENCA
		TX - S (4 EIXOS)		
G66	ATIVAR AREA DE SEGURANCA	TX - S (2 EIXOS)	TRAUB	N... G66 S... B... M...  S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE B - FUNCAO AUXILIAR M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3M POR SENTENCA
		TX - S (4 EIXOS)		
G70	ATIVAR PROGRAMACAO EM POLEGADA	MACH 3L  MACH 4L	ROMI	N... G70 (PREPARA O COMANDO PARA COMPUTAR OS DADOS DE ENTRADA EM POLEGADA)

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G70	CICLO DE DESBASTE LONGITUDINAL PARA FERRAMENTAS DE CERAMICA	TX - 8 (2 EIXOS)	TRAUB	<p>N... G70 A... P... Q... I... K... D... J... F... S...</p> <p>A - NUMERO DO SUBPROGRAMA, CASO O PROGRAMA ESTEJA EM SUBPROGRAMA</p> <p>P - NUMERO DA SENTENCA INICIAL DO CONTORNO ACABADO</p> <p>Q - NUMERO DA SENTENCA FINAL DO CONTORNO ACABADO</p> <p>I - SOBREMETAL EM X</p> <p>K - SOBREMETAL EM Z</p> <p>D - PROFUNDIDADE DE CORTE</p> <p>J - ANGULO DE ATAQUE DA FERRAMENTA</p> <p>F - AVANCO</p> <p>S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE</p>
		TX - 8 (4 EIXOS)		
G71	ATIVAR PROGRAMACAO EM MILIMETRO	MACH 3L	ROMI	<p>N... G71 (PREPARA O COMANDO PARA COMPUTAR OS DADOS DE ENTRADA EM MILIMETRO)</p>
		MACH 4L		
G71	CICLO DE DESBASTE LONGITUDINAL PARA CONTORNOS	TX - 8 (2 EIXOS)	TRAUB	<p>N... G71 A... P... Q... I... K... D... F... E... S...</p> <p>A - NUMERO DO SUBPROGRAMA, CASO O CONTORNO ESTEJA EM SUBPROGRAMA</p> <p>P - NUMERO DA SENTENCA INICIAL DO CONTORNO ACABADO</p> <p>Q - NUMERO DA SENTENCA FINAL DO CONTORNO ACABADO</p> <p>I - SOBREMETAL EM X</p> <p>K - SOBREMETAL EM Z</p> <p>D - PROFUNDIDADE DE CORTE</p> <p>F - AVANCO</p> <p>E - AVANCO PARA CONTORNOS DESCENDENTES</p> <p>S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE</p> <p>NOTA: PARA O COMANDO TX-8 (2 EIXOS), A VARIÁVEL E NAO E PROGRAMADA.</p>
		TX - 8 (4 EIXOS)		
G72	CICLO DE DESBASTE TRANSVERSAL	TX - 8 (2 EIXOS)	TRAUB	<p>N... G72 A... P... Q... K... D... F... E... S...</p> <p>A - NUMERO DO SUBPROGRAMA, CASO O CONTORNO ESTEJA EM SUBPROGRAMA</p> <p>P - NUMERO DA SENTENCA INICIAL DO CONTORNO ACABADO</p> <p>Q - NUMERO DA SENTENCA FINAL DO CONTORNO ACABADO</p> <p>I - SOBREMETAL EM X</p> <p>K - SOBREMETAL EM Z</p> <p>D - PROFUNDIDADE DE CORTE</p> <p>F - AVANCO</p> <p>E - AVANCO PARA CONTORNOS DESCENDENTES</p> <p>S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE</p> <p>NOTA: PARA O COMANDO TX-8 (2 EIXOS), A VARIÁVEL E NAO E PROGRAMADA.</p>
		TX - 8 (4 EIXOS)		

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICIONAMENTO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G73	INTERPOLACAO LINEAR PONTO A PONTO	MACH 3L ----- MACH 4L	ROMI	N... G73  NOTA: A FUNCAO G73 e SEMELHANTE A G01 (INTERPOLACAO LINEAR), POREM A MESMA EXECUTA UMA INTERPOLACAO PONTO A PONTO, DEIXANDO ASSIM UM PERFIL ARREDONDADO.
	CICLO DE DEBASTE PARA CONTORNOS	TX - 8 (2 EIXOS) ----- TX - 8 (4 EIXOS)	TRAUB	N... G73 A... P... Q... U... W... I... K... D... F... E... S...  A - NUMERO DO SUBPROGRAMA, CASO O CONTORNO ESTEJA EM SUBPROGRAMA P - NUMERO DA SENTENCA INICIAL DO CONTORNO ACABADO Q - NUMERO DA SENTENCA FINAL DO CONTORNO ACABADO U - SOBREMETAL DA PECA BRUTA EM X (INCREMENTAL) W - SOBREMETAL DA PECA BRUTA EM Z (INCREMENTAL) I - SOBREMETAL PARA ACABAMENTO EM X K - SOBREMETAL PARA ACABAMENTO EM Z D - PROFUNDIDADE DE CORTE F - AVANCO E - AVANCO PARA CONTORNOS DESCENDENTES S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE  NOTA: PARA O COMANDO TX-8 (2 EIXOS), A VARIAVEL E NAO E PROGRAMADA
G74	CICLO DE DEBASTE LONGITUDINAL E FURACO	MACH 3L ----- MACH 4L	ROMI	N... G74... X... Z... W... I... U1  X - DIAMETRO FINAL (ABSOLUTO) Z - COMPRIMENTO DO DEBASTE/COMPRIMENTO DO FURO NA DIRECAO Z (ABSOLUTO) W - DISTANCIA PARA QUEBRA-CAVACO (INCREMENTAL) (FURACAO) I - INCREMENTO POR PASSADA NO DIAMETRO (INCREMENTAL) U1 - RECUO ANGULAR DA FERRAMENTA (INCREMENTAL)
	CICLO DE DEBASTE LONGITUDINAL COM CORTE INTERRUPTIVO	TX - 8 (2 EIXOS) ----- TX - 8 (4 EIXOS)	TRAUB	N... G74... X/U... Z/W... I... K... D... F...  X - DIAMETRO FINAL (ABSOLUTO) Z - COMPRIMENTO DO DEBASTE (ABSOLUTO) U - DISTANCIA EM X DO PONTO INICIAL DO CICLO AO PONTO FINAL (INCREMENTAL) W - DISTANCIA EM Z DO PONTO INICIAL DO CICLO AO PONTO FINAL (INCREMENTAL) I - PROFUNDIDADE DE CORTE K - COMPRIMENTO DE CORTE ENTRE AS INTERRUPCOES D - AFASTAMENTO PARA RETROCESSO/ (D-) - AFASTAMENTO A PARTIR DO 2o. CORTE F - AVANCO

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G75	CICLO DE DESBASTE TRANSVERSAL E CANAIS	MACH 3L	ROMI	N... G75 X... Z... W... K... U1  X - DIAMETRO FINAL (ABSOLUTO) Z - COMPRIMENTO DO DESBASTE (ABSOLUTO) W - DISTANCIA PARA QUEBRA-CAVACO (INCREMENTAL) K - INCREMENTO POR PASSADA EM Z (INCREMENTAL) U1 - RECUO ANGULAR DA FERRAMENTA (INCREMENTAL)
		MACH 4L		
G75	CICLO DE DESBASTE TRANSVERSAL COM CORTE INTERROMPIDO	TX - 8 (2 EIXOS)	TRAUB	N... G75 X/U... Z/W... I... K... D... F...  X - DIAMETRO FINAL (ABSOLUTO) Z - COMPRIMENTO DO DESBASTE (ABSOLUTO) U - DISTANCIA EM X DO PONTO INICIAL DO CICLO AO PONTO FINAL (INCREMENTAL) W - DISTANCIA EM Z DO PONTO INICIAL DO CICLO AO PONTO FINAL (INCREMENTAL) I - COMPRIMENTO DE CORTE ENTRE AS INTERRUPCOES K - PROFUNDIDADE DE CORTE D - AFASTAMENTO PARA RETROCRESSO/ (D-) - AFASTAMENTO A PARTIR DO 2o CORTE F - AVANCO
		TX - 8 (4 EIXOS)		
G76	CICLO DE ROSCAMENTO LONGITUDINAL	TX - 8 (2 EIXOS)	TRAUB	N... G76 X/U... Z/W... I/J... K... H... F/B... A... D...  X - DIAMETRO FINAL (ABSOLUTO) Z - POSICAO FINAL DO COMPRIMENTO DA ROSCA (ABSOLUTO) U - DISTANCIA EM X DO PONTO INICIAL DO CICLO AO PONTO FINAL (INCREMENTAL) W - DISTANCIA EM Z DO PONTO INICIAL DO CICLO AO PONTO FINAL (INCREMENTAL) I - MEDIDA EM X DA INCLINACAO DA ROSCA, PARA ROSCAS CONICAS J - ANGULO DA ROSCA, PARA ROSCAS CONICAS K - PROFUNDIDADE DE CORTE POR PASSADA (INCREMENTAL) H - NUMERO DE REPETICOES F - PASSO DA ROSCA EM MILIMETRO (OPCIONAL) B - PASSO DA ROSCA EM POLEGADA (OPCIONAL) A - ANGULO DO FLANCO DA ROSCA D - PROFUNDIDADE DE CORTE DA ULTIMA PASSADA
		TX - 8 (4 EIXOS)		
G77	CICLO DE CHANFRAR LONGITUDINAL	TX - 8 (2 EIXOS)	TRAUB	N...G77 X/V... Z/W... I... K... F...  X - DIAMETRO FINAL (ABSOLUTO) Z - COMPRIMENTO DO DESBASTE (ABSOLUTO) U - DISTANCIA EM X DO PONTO INICIAL DO CICLO AO PONTO FINAL (INCREMENTAL) W - DISTANCIA EM Z DO PONTO INICIAL DO CICLO AO PONTO FINAL (INCREMENTAL) I - DISTANCIA em X DO INICIO AO FINAL DO CHANPRO K - DISTANCIA EM Z DO PONTO INICIAL DO CICLO AO INICIO DO CHANPRO F - AVANCO
		TX - 8 (4 EIXOS)		

NOTA: PARA O COMANDO TX-8 (2 EIXOS), A VARIÁVEL J NÃO É PROGRAMADA.

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G78	CICLO DE ROSCAMENTO	TX - 8 (2 EIXOS)	TRAUB	<p>N... G78 X/U... Z/W... I... K... F/E...</p> <p>X - DIAMETRO FINAL (ABSOLUTO)</p> <p>Z - POSICAO FINAL DO COMPRIMENTO DA ROSCA (ABSOLUTO)</p> <p>U - DISTANCIA EM X DO PONTO INICIAL DO CICLO AO PONTO FINAL (INCREMENTAL)</p> <p>W - DISTANCIA EM Z DO PONTO INICIAL DO CICLO AO PONTO FINAL (INCREMENTAL)</p> <p>I - MEDIDA EM X DA INCLINACAO DA ROSCA, PARA ROSCAS CONICAS</p> <p>K - DISTANCIA EM Z DO PONTO INICIAL DO CICLO AO INICIO DA PARTE CONICA DA ROSCA</p> <p>F - PASSO DA ROSCA EM MILIMETRO (OPCIONAL)</p> <p>E - PASSO DA ROSCA EM POLEGADA (OPCIONAL)</p> <p>NOTA: PARA O COMANDO TX-8 (2 EIXOS), A VARIAVEL E NAO E PROGRAMADA.</p>
		TX - 8 (4 EIXOS)		
G79	AUTO CICLO PROGRAMAVEL	MACH 3L	ROMI	<p>N... G79 P... H... E...</p> <p>P - NUMERO DO PROGRAMA QUE CONTEM O MOVIMENTO DO CICLO</p> <p>H - NUMERO DO BLOCO INICIAL DA SUBROTINA QUE CONTEM OS MOVIMENTOS DO CICLO</p> <p>E - NUMERO DO BLOCO FINAL DA SUBROTINA QUE CONTEM OS MOVIMENTOS DO CICLO</p>
		MACH 4L		
G79	CICLO DE CHANFRAR TRANSVERSAL	TX - 8 (2 EIXOS)	TRAUB	<p>N... G79 X/U... Z/W... I... K... F...</p> <p>X - DIAMETRO FINAL (ABSOLUTO)</p> <p>Z - DISTANCIA DO PONTO ZERO DA PECA A FACE DE INICIO DO CHANFRO (ABSOLUTO)</p> <p>U - DISTANCIA EM X DO PONTO INICIAL DO CICLO AO PONTO FINAL (INCREMENTAL)</p> <p>W - DISTANCIA EM Z DO PONTO INICIAL DO CICLO AO PONTO FINAL (INCREMENTAL)</p> <p>I - DISTANCIA EM X DO PONTO INICIAL DO CICLO AO INICIO DO CHANFRO</p> <p>K - DISTANCIA EM Z DO INICIO AO FINAL DO CHANFRO</p> <p>F - AVANCO</p> <p>NOTA: CICLO DE CHANFRAR EM DIRECAO CONTRARIA AO FUSO.</p>
		TX - 8 (4 EIXOS)		
G81	CICLO DE REPETICAO	TX - 8 (2 EIXOS)	TRAUB	<p>N... G81 U... W... H...</p> <p>U - DESLOCAMENTO NA DIRECAO X</p> <p>W - DESLOCAMENTO NA DIRECAO Z</p> <p>H - NUMERO DE REPETICOES</p> <p>NOTA: A FUNCAO G81 FAZ COM QUE OS CICLOS G77, G78 OU G79, ATRAVES DO DESLOCAMENTO EM U E/OU W E O NUMERO DE REPETICOES H, TORNEM-SE NUM CICLO PARA VARIAS REPETICOES.</p>
		TX - 8 (4 EIXOS)		

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G82	CICLO DE ROSQUEAR PARA MACHOS E COSSINETES	TX - 8 (2 EIXOS) ----- TX - 8 (4 EIXOS)	TRAUB	N... G82 Z/W... F...  Z - POSICAO FINAL DO COMPRIMENTO DA ROSCA (ABSOLUTO) W - DISTANCIA EM Z DO PONTO INICIAL DO CICLO AO PONTO FINAL (INCREMENTAL) F - PASSO DA ROSCA (10%)
G83	CICLO DE FURACAO	TX - 8 (2 EIXOS) ----- TX - 8 (4 EIXOS)	TRAUB	N... G83 X/U... Z/W... D... H... F...  X - DIAMETRO FINAL (ABSOLUTO) Z - PROFUNDIDADE DO FURO NA DIRECAO Z (ABSOLUTO) U - DISTANCIA EM X DO PONTO INICIAL DO CICLO AO PONTO FINAL (INCREMENTAL) W - DISTANCIA EM Z DO PONTO INICIAL DO CICLO AO PONTO FINAL (INCREMENTAL) D - PRIMEIRA PROFUNDIDADE DE FURACAO H - NUMERO DE REPETICOES F - AVANCO
G84	CICLO DE FURACAO	TX - 8 (2 EIXOS) ----- TX - 8 (4 EIXOS)	TRAUB	N... G84... X/U... Z/W... D... I... K...A... Q... R... F...  X - DIAMETRO FINAL (ABSOLUTO) Z - PROFUNDIDADE DO FURO NA DIRECAO Z (ABSOLUTO) U - DISTANCIA EM X DO PONTO INICIAL DO CICLO AO PONTO FINAL (INCREMENTAL) W - DISTANCIA EM Z DO PONTO INICIAL DO CICLO AO PONTO FINAL (INCREMENTAL) D - FURO JA USINADO MENOS DISTANCIA DE SEGURANCA I - PRIMEIRA FURACAO K - PROFUNDIDADE DAS FURACOES ADICIONAIS A - RECUO PARA REAPROXIMACAO  Q - TEMPO DE ESPERA APOS FURACAO TOTAL EXECUTADA R - TEMPO DE ESPERA F - AVANCO
G86	CICLO DE ROSCAMENTO TRANSVERSAL	TX - 8 (2 EIXOS) ----- TX - 8 (4 EIXOS)	TRAUB	N... G86 X/U... Z/W... I/J... K... H... F/E... A... D...  X - DIAMETRO FINAL (ABSOLUTO) Z - POSICAO FINAL DO COMPRIMENTO DA ROSCA (ABSOLUTO) U - DISTANCIA EM X DO PONTO INICIAL DO CICLO AO PONTO FINAL (INCREMENTAL) W - DISTANCIA EM Z DO PONTO INICIAL DO CICLO AO PONTO FINAL (INCREMENTAL) I - MEDIDA EM X DA INCLINACAO DA ROSCA, PARA ROSCAS CONICAS J - ANGULO PARA ROSCAS CONICAS K - PROFUNDIDADE DE CORTE POR PASSADA (INCREMENTAL)  H - NUMERO DE REPETICOES F - PASSO DA ROSCA EM MILIMETRO (OPCIONAL) E - PASSO DA ROSCA EM POLEGADA (OPCIONAL) A - ANGULO DO FLANCO DA ROSCA D - PROFUNDIDADE DE CORTE DA ULTIMA PASSADA

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G88	TORNEAR COM CONTORNOS DESCENDENTES G71/G72/G73	TX - S (2 EIXOS)	TRAUB	N... G88 S... M... B... S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3M POR SENTENCA B - FUNCAO AUXILIAR
		TX - S (4 EIXOS)		
G89	NÃO LEITURA DOS CONTORNOS DESCENDENTES G71/G72/G73	TX - S (2 EIXOS)	TRAUB	N... G89 S... B... M... S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE B - FUNCAO AUXILIAR M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3M POR SENTENCA NOTA: COM A PROGRAMACAO DE G89, CADA CONTORNO DESCENDENTE NAO SERA EXECUTADO DENTRO DOS CICLOS DE DESBASTE.
		TX - S (4 EIXOS)		
G90	PROGRAMACAO EM COORDENADA ABSOLUTA	MACH 3L MACH 4L	ROMI	N... G90 PREPARA O COMANDO PARA PROCESSAR AS INFORMACOES GEOMETRICAS ATRAVES DO SISTEMA DE COORDENADA ABSOLUTA.
	PROGRAMACAO ABSOLUTA PARA OS EIXOS C/R	TX - S (2 EIXOS) TX - S (4 EIXOS)	TRAUB	
G91	PROGRAMACAO EM COORDENADA INCREMENTAL	MACH 3L MACH 4L	ROMI	N... G91 PREPARA O COMANDO PARA PROCESSAR AS INFORMACOES GEOMETRICAS ATRAVES DO SISTEMA DE COORDENADA INCREMENTAL.
	PROGRAMACAO INCREMENTAL PARA OS EIXOS C/R	TX - S (2 EIXOS) TX - S (4 EIXOS)	TRAUB	

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G92	ORIGEM DO SISTEMA DE COORDENADAS E LIMITE DE ROTACAO	MACH 3L ----- MACH 4L	ROMI	N... G92 X... Z... X... Z... - COORDENADAS DO PONTO DE ORIGEM DO SISTEMA DE COORDENADAS DA MAQUINA OU N... G92 S... S - ROTACAO
	LIMITACAO DA ROTACAO	TX - 8 (2 EIXOS) ----- TX - 8 (4 EIXOS)	TRAUB	N... G92 X... Z... S... Q... B... M... X... Z... - S - ROTACAO MAXIMA Q - ROTACAO MINIMA B - FUNCAO AUXILIAR M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3M POR SENTENCA  NOTA: PARA O COMANDO TX-8 (2 EIXOS), AS VARIAVEIS X, Z, M e B NAO SAO PROGRAMAVEIS.
G94	ATIVAR PROGRAMACAO DE AVANCO EM POL/MIN OU MM/MIN	MACH 3L ----- MACH 4L	ROMI	N... G94  NOTA: ESTA FUNCAO PREPARA O COMANDO PARA COMPUTAR OS AVANCOS EM MIN (G70) OU MM/MIN (G71).
	ATIVAR PROGRAMACAO DE AVANCO EM MM/MIN	TX - 8 (2 EIXOS) ----- TX - 8 (4 EIXOS)	TRAUB	N... G94  N... G94 S... B... M... S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE B - FUNCAO AUXILIAR M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3M POR SENTENCA
G95	ATIVAR PROGRAMACAO DE AVANCO EM POL/ROT OU MM/ROT	MACH 3L ----- MACH 4L	ROMI	N... G95  NOTA: ESTA FUNCAO PREPARA O COMANDO PARA COMPUTAR OS AVANCOS EM POL/ROT (G70) OU MM/ROT (G71).
	ATIVAR PROGRAMACAO DE AVANCO EM MM/ROT	TX - 8 (2 EIXOS) ----- TX - 8 (4 EIXOS)	TRAUB	N... G95  N... G95 S... B... M... S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE B - FUNCAO AUXILIAR M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3M POR SENTENCA

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G96	ATIVAR VELOCIDADE CONSTANTE	MACH 3L	ROMI	N... G96 S...
		MACH 4L		S - ROTACAO
		TX - S (2 BIKOS)	TRAUB	N... G96 V...
		TX - S (4 BIKOS)		V - VELOCIDADE DE CORTE  N... G96 V... B... T... M... V - VELOCIDADE DE CORTE B - FUNCAO AUXILIAR T - CHAMADA DE FERRAMENTA M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATÉ 3M POR SENTENÇA
G97	ROTACAO	MACH 3L	ROMI	N... G97 S...
		MACH 4L		S - ROTACAO
		TX - S (2 BIKOS)	TRAUB	N... G97 S... V... X...
		TX - S (4 BIKOS)		S - ROTACAO V - VELOCIDADE DE CORTE X - DIAMETRO DE REFERENCIA DA FERRAMENTA  N... G97 S/V... X... B... T... M... S - ROTACAO V - VELOCIDADE DE CORTE X - DIAMETRO DE REFERENCIA DA FERRAMENTA B - FUNCAO AUXILIAR T - CHAMADA DE FERRAMENTA M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATÉ 3M POR SENTENÇA

NOTA: A MODIFICACAO DA ROTACAO PODE VARIAR ATRAVES DO REGULADOR DE 50% A 120% DA VELOCIDADE PROGRAMADA.

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G98	ATIVAR ACIONAMENTO ROTATIVO	TX - 8 (2 EIXOS) ----- TX - 8 (4 EIXOS)	TRAUB	N... G98 S... B... M...  S - ROTACAO DA FERRAMENTA ROTATIVA B - FUNCAO AUXILIAR M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3M POR SENTENCA
	CANCELAR A FUNCAO G92 E DEFINIR A PROGRAMACAO EM FUNCAO DO ZERO-MQUINA	MACH 3L ----- MACH 4L		ROMI
G99	DESATIVAR ACIONAMENTO ROTATIVO	TX - 8 (2 EIXOS) ----- TX - 8 (4 EIXOS)	TRAUB	N... G99 S... B... M...  S - ROTACAO B - FUNCAO AUXILIAR M - FUNCAO AUXILIAR - POSSIVEL PROGRAMAR ATE 3M POR SENTENCA

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G00	AVANCO RAPIDO	300 T	MAXITEC	<p>N...G00 X...Z...S...T...M...</p> <p>X...Z... - COORDENADAS DO PONTO DE CHEGADA EM MEDIDA ABSOLUTA OU INCREMENTAL</p> <p>S - ROTACAO</p> <p>T - CHAMADA DE FERRAMENTA</p> <p>M - FUNCAO AUXILIAR</p>
G01	INTERPOLACAO LINEAR	300 T	MAXITEC	<p>N... G01 X...Z...B(+/-)...F...S...T...M...</p> <p>X...Z... - COORDENADAS DO PONTO DE CHEGADA EM MEDIDA ABSOLUTA OU INCREMENTAL</p> <p>B(+) - CHANFRO DE CONCORDANCIA</p> <p>B(-) - RAO DE CONCORDANCIA</p> <p>F - AVANCO</p> <p>S - ROTACAO</p> <p>T - CHAMADA DE FERRAMENTA</p> <p>M - FUNCAO AUXILIAR</p>
G02	INTERPOLACAO CIRCULAR SENTIDO HORARIO	300 T	MAXITEC	<p>N... G02 X...Z...I...K...F...S...M...</p> <p>X...Z... - COORDENADAS DO PONTO DE CHEGADA EM MEDIDA ABSOLUTA OU INCREMENTAL</p> <p>I...K... - COORDENADAS DO CENTRO DO ARCO</p> <p>F - AVANCO</p> <p>S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE</p> <p>M - FUNCAO AUXILIAR</p>
G03	INTERPOLACAO CIRCULAR SENTIDO ANTI-HORARIO	300 T	MAXITEC	<p>N... G03 X...Z...I...K...F...S...M...</p> <p>X...Z... - COORDENADAS DO PONTO DE CHEGADA EM MEDIDA ABSOLUTA OU INCREMENTAL</p> <p>I...K... - COORDENADAS DO CENTRO DO ARCO</p> <p>F - AVANCO</p> <p>S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE</p> <p>M - FUNCAO AUXILIAR</p>

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G04	TEMPO DE ESPERA	300 T	MAXITEC	N... G04 X...S...M... X - TEMPO EM SEGUNDOS S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE M - FUNCAO AUXILIAR
G09	INTERPOLACAO LINEAR COM PARADA PRECISA	300 T	MAXITEC	N... G09 X...Z...F...S...T...M... X...Z... - COORDENADAS DO PONTO DE CHEGADA EM MEDIDA ABSOLUTA OU INCREMENTAL F - AVANCO S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE T - CHAMADA DE FERRAMENTA M - FUNCAO AUXILIAR
G33	CORTE DE ROSCAS BLOCO A BLOCO	300 T	MAXITEC	N... G33 X...Z...K...I...S...M... X...Z... - COORDENADAS DO PONTO DE CHEGADA EM MEDIDA ABSOLUTA OU INCREMENTAL K - PASSO DA ROSCA PARA O EIXO Z I - PASSO DA ROSCA PARA O EIXO X S - ROTACAO M - FUNCAO AUXILIAR
G40	CANCELAR COMPENSACAO DO RAI0 DE CORTE	300 T	MAXITEC	N... G40 S...M... S - ROTACAO M - FUNCAO AUXILIAR
G41	ATIVAR COMPENSACAO DO RAI0 DE CORTE A ESQUERDA	300 T	MAXITEC	N... G41 S...M... S - ROTACAO M - FUNCAO AUXILIAR
G42	ATIVAR COMPENSACAO DO RAI0 DE CORTE A DIREITA	300 T	MAXITEC	N...G42 S...M... S - ROTACAO M - FUNCAO AUXILIAR

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G53	DESLOCAMENTO RELATIVO AO PONTO ZERO DA MAQUINA	300 T	MAXITEC	N... G53 X...Z...S...M... X...Z... - COORDENADAS DO PONTO DE CHEGADA EM MEDIDA ABSOLUTA OU INCREMENTAL S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE M - FUNCAO AUXILIAR
G54 G57	DEFINIR PONTO ZERO DA MAQUINA	300 T	MAXITEC	N...G54-G57 S...M... S - ROTACAO M - FUNCAO AUXILIAR
G59	DEFINIR PONTO ZERO DECIMAL	300 T	MAXITEC	N...G59 X...Z...S...M... X...Z... - COORDENADAS DO PONTO ZERO-PECA S - ROTACAO M - FUNCAO AUXILIAR
G70	ATIVAR PROGRAMACAO EM FOLEGADA	300 T	MAXITEC	N...G70 S...M... S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE M - FUNCAO AUXILIAR
G71	ATIVAR PROGRAMACAO EM MILIMETRO	300 T	MAXITEC	N... G71 S...M... S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE M - FUNCAO AUXILIAR
G90	PROGRAMACAO EM COORDENADA ABSOLUTA	300 T	MAXITEC	N... G90 S...M... S - ROTACAO/VELOCIDADE DO CORTE M - FUNCAO AUXILIAR
G91	PROGRAMACAO EM COORDENADA INCREMENTAL	300 T	MAXITEC	N... G91 S...M... S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE M - FUNCAO AUXILIAR
G92	LIMITACAO DA ROTACAO	300 T	MAXITEC	N... G92 S... S - ROTACAO

PROCESSO		TORNEAR		
CONDICAO DE MOVIMENTO		CONTROLE	FORNECEDOR	PARAMETROS PROGRAMAVEIS
FUNCAO	SIGNIFICADO			
G94	ATIVAR PROGRAMACAO DE AVANCO EM MM/MIN	300 T	MAXITEC	N... G94 F...S...M... F - AVANCO (MM/MIN) S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE M - FUNCAO AUXILIAR
G95	ATIVAR ROTACAO EM ROTACOES/MIN	300 T	MAXITEC	N... G95 S... S - ROTACAO
G96	ATIVAR VELOCIDADE CONSTANTE	300 T	MAXITEC	N... G96 S... S - ROTACAO/VELOCIDADE DE CORTE CONSTANTE
L94	CICLO DE DESBASTE	300 T	MAXITEC	N... R16...R17...R18...R20...R21... R16 - DIMENSAO EXCEDENTE PARA ACABAMENTO EM X (INCREMENTAL) R18 - PROFUNDIDADE DE DESBASTE EM X OU Z (INCREMENTAL) R20 - DETERMINACAO TIPO PARA DESBASTE R21 - PROGRAMACAO EM RAIO N... R10...R11...R12...R13...R14...R15...L94 R10 - PONTO DE INICIO EM X R11 - PONTO DE INICIO EM Z R12 - PONTO FINAL EM X R13 - PONTO FINAL EM Z R14 - PONTO B EM X R15 - PONTO B EM Z
L96	CICLO DE ROSCA	300 T	MAXITEC	N... R16...R17...R18...R19... R16 - DIMENSAO EXCEDENTE PARA ACABAMENTO (INCREMENTAL) R17 - NUMEROS DE CORTES PARA DESBASTE R18 - NUMEROS DE CORTES EM VAZIO R19 - PROGRAMACAO EM RAIO N... R10...R11...R12...R13...R14...L96 R10 - PONTO INICIO DE ROSCA EM X ABSOLUTO R11 - PONTO INICIO DE ROSCA EM Z ABSOLUTO R12 - PONTO FINAL DE ROSCA EM X ABSOLUTO R13 - PONTO FINAL DE ROSCA EM Z ABSOLUTO R14 - PASSO DA ROSCA

FORNECEDOR		TRAUB	TRAUB	ROMI	ROMI	MAXITEC	MCS
CONTROLE		TX-8 (2 EIXOS)	TX-8 (4 EIXOS)	MACH 3L	MACH 4L	300 T	210
CONDICOES DE MAQUINA		X: CODIGO COM O MESMO SIGNIFICADO NO REFERIDO COMANDO					
FUNCAO		-: CODIGO NAO PROGRAMADO NO REFERIDO COMANDO					
SIGNIFICADO							
M00	PARADA PROGRAMADA	X	X	X	X	X	X
M01	PARADA OPCIONAL DO PROGRAMA	X	X	X	X	—	—
M02	FIM DE PROGRAMA COM RETORNO AO INICIO	FIM DE PROGRAMA SEM RETORNO AO INICIO	—	X	X	FIM DE PROGRAMA SEM RETORNO AO INICIO	X
M03	ROTACAO DO FUSO NO SENTIDO HORARIO	X	X	X	X	X	X
M04	ROTACAO DO FUSO NO SENTIDO ANTI-HORARIO	X	X	X	X	X	X
M05	DESLIGAR FUSO PRINCIPAL	X	X	X	X	X	X
M06	LIBERAR TROCA DE FERRAMENTA	CHAMAR FERRAMENTA ADICIONAL	CHAMAR FERRAMENTA ADICIONAL	X	X	—	—
M07	LIGAR LIQUIDO REFRIGERANTE ALTA-PRESSAO	X	X	—	—	—	—
M08	LIGAR LIQUIDO REFRIGERANTE	BAIXA PRESSAO	BAIXA PRESSAO	X	X	X	X
M09	DESLIGAR LIQUIDO REFRIGERANTE	X	X	X	X	X	X
M10	FECHAR PLACA (PINCA)	X	X	TROCA DE FAIXA DE ROTACAO	TROCA DE FAIXA DE ROTACAO	X	—

FORNECEDOR		TRAUB	TRAUB	ROMI	ROMI	MAXITEC	MCS
CONTROLE		TX-8 (2 EIXOS)	TX-8 (4 EIXOS)	MACH 3L	MACH 4L	300 T	210
CONDICOES DE MAQUINA		X: CODIGO COM O MESMO SIGNIFICADO NO REFERIDO COMANDO					
FUNCAO		-: CODIGO NAO E PROGRAMADO NO REFERIDO COMANDO					
SIGNIFICADO							
M11	ABRIR FLACA (PINÇA)	X	X	TROCA DE FAIXA DE ROTACAO	TROCA DE FAIXA DE ROTACAO	X	---
M12	TROCA DE FAIXA DE ROTACAO	---	---	X	X	---	---
M13	ULTIMA FERRAMENTA ADICIONAL	X	X	---	---	---	ROTACAO FUSO SENTIDO HORARIO E LIGAR LIQUIDO REFRIGERANTE
M14	CANCELAR SINAL N-TEORICO - N-REAL	---	X	---	---	---	ROTACAO FUSO SENTIDO ANTI-HORARIO E DESLIGAR FLUIDO REFRIGERANTE
M15	CANCELAR SINAL TROCA DE FERRAMENTA	---	X	---	---	---	---
M16	RETORNAR A FUNCAO M15	---	X	---	---	---	---
M17	LIGAR ACIONAMENTO DO EIXO C	---	X	---	---	FIM DE SUBPROGRAMA	---
M18	DESLIGAR ACIONAMENTO DO EIXO C	---	X	---	---	---	---
M19	POSICIONAR FUSO PRINCIPAL	X	X	---	---	---	---
M20	LIGAR ALIMENTADOR DE BARRAS (OPCIONAL)	ATIVAR MEDICAO	ATIVAR MEDICAO	X	---	---	---
M21	DESLIGAR ALIMENTADOR DE BARRAS (OPCIONAL)	---	LIGAR ACION. ROTATIVO DA ESTACAO DE RETRABALHO REVOLVER3	X	---	---	---
M22	ACIONAR ACOPLAMENTO DE MOVIMENTO ROTATIVO (ASSINCRONO)	---	X	---	---	---	---

FORNECEDOR		TRAUB	TRAUB	ROMI	ROMI	MAXITEC	MCS
CONTROLE		TX-8 (2 EIXOS)	TX-8 (4 EIXOS)	MACH 3L	MACH 4L	300 T	210
CONDICOES DE MAQUINA		X: CODIGO COM O MESMO SIGNIFICADO NO REFERIDO COMANDO					
FUNCAO	SIGNIFICADO	-: CODIGO NAO E PROGRAMAVEL NO REFERIDO COMANDO					
M23	ACIONAMENTO PARA FERRAMENTAS ROTATIVAS SENTIDO HORARIO	X	X	---	---	---	---
M24	ACIONAMENTO PARA FERRAMENTAS ROTATIVAS SENTIDO ANTI-HORARIO	X	X	ABRIR PLACA	---	---	---
M25	DESLIGAR ACIONAMENTO ROTATIVO	X	X	FECHAR PLACA	---	---	---
M26	DESLICAR CONTRA-PONTA PARA LINHA DE CENTRO/ FUSO	X	X	RECUAR MANGOTE (OPCIONAL)	---	X	---
M27	DESLICAR CONTRA-PONTA DA LINHA DE CENTRO PARA TRAS	X	X	AVANCAR MANGOTE (OPCIONAL)	---	X	---
M28	AVANCAR MANGOTE	X	X	---	---	X	---
M29	RECUAR MANGOTE	X	X	---	---	X	---
M30	FIM DE PROGRAMA COM RETORNO AO INICIO	X	X	X	X	X	X
M31	DESATIVAR SENTENÇAS DE EXTRACAO/FIM DE PROGRAMA DE BARRA	X	X	---	---	---	---
M32	ATIVAR FUNCAO ESPELHO EIXO X	---	X	---	---	---	---
M33	DESATIVAR M32	---	X	---	---	---	---
M35	ATIVAR SAIDA EM ANGULO PARA ROSCAS	X	X	---	---	---	---

FORNECEDOR		TRAUB	TRAUB	ROMI	ROMI	MAXITEC	MCS
CONTROLE		TX-8 (2 EIXOS)	TX-8 (4 EIXOS)	MACH 3L	MACH 4L	300 T	210
CONDICOES DE MAQUINA		X: CODIGO COM O MESMO SIGNIFICADO NO REFERIDO COMANDO					
FUNCAO	SIGNIFICADO	--: CODIGO NAO PROGRAMAVEL NO REFERIDO COMANDO					
M36	DESENVOLVER M35	X	X	---	---	---	---
M37	LIGAR ACIONAMENTO ROTATIVO SINCRONIZADO 1:1	---	X	---	---	---	---
M38	LIGAR ACIONAMENTO ROTATIVO SINCRONIZADO 2:1	---	X	---	---	---	---
M39	DESLIGAR ACIONAMENTO ROTATIVO SINCRONIZADO	---	X	---	---	---	---
M40	ACIONAMENTO PRINCIPAL GAMA I	ESTAGIO LENTO ENGENHAMENTO	X	---	---	X	---
M41	ACIONAMENTO PRINCIPAL GAMA II	ESTAGIO RAPIDO ENGENHAMENTO	X	---	---	X	---
M42	ACIONAMENTO PRINCIPAL GAMA III	---	X	---	---	---	---
M43	ACIONAMENTO PRINCIPAL GAMA IV	---	X	---	---	---	---
M50	ATIVAR DISPOSITIVO DE LIMPEZA (FLUIDO) - DESATIVAR COM M09	---	X	---	---	---	---
M54	LIGAR LIQUIDO REFRIGERANTE PARA ESTACAO DE RETRABALHO	---	X	---	---	---	---
M55	DESLIGAR LIQUIDO REFRIGERANTE PARA ESTACAO DE RETRABALHO	---	X	---	---	---	---
M57	CANCELAR TEMPO DE VIDA UTIL DA FERRAMENTA	---	X	---	---	---	---

## **ANEXO B**

Questionário encaminhado a empresas fabricantes e usuárias da tecnologia CN.

1- A empresa pode melhor ser classificada quanto a atuação na área de CN como:

- a - fabricante
- b - usuária
- c - outros

2- Ramo de atividade da empresa:

- a - metalúrgico (ex: metais)
- b - mecânico (ex: auto-peças)
- c - eletrônico
- d - outros

3- No caso de fabricante de equipamentos CN, seus produtos são:

- a - máquinas CN
- b - comandos CN

4- Os tornos utilizados pela empresa, possuem quais dos seguintes comandos:

- a - MCS
- b - TRAUB
- c - MAXITEC
- d - ROMI
- e - outros

5- Com relação a linguagem de programação CN, qual o número de funcionários que utiliza a linguagem G (ISO 6983 ou DIN 6625), na elaboração de programas?

- a - 0 a 5
- b - 5 a 10
- c - 10 a 20
- d - acima de 20

6- Dentre o mix de produtos fabricados pela empresa, qual a porcentagem destes que, para sua confecção, foram elaborados programas utilizando o método manual (linguagem G)?

- a - 0 a 10%
- b - 10 a 20%
- c - 20 a 30%
- d - acima de 30%

7- Os sistemas CN relacionados na questão (4), possuem características específicas, em função da tecnologia empregada. Com relação ao exposto, o que ocorreu com a linguagem G (ISO 6983 ou DIN 66025) em relação a cada tecnologia?

7.1- A linguagem "G" tornou-se específica, isto é, dependente da máquina?

- a - sim
- b - não

7.2- A linguagem atende às necessidades de programação CN para os sistemas citados, independente da evolução dos mesmos?

- a - sim
- b - não

8- É possível a intercambiabilidade de programas entre máquinas (Tornos) equipados com comandos do mesmo tipo, porém com tecnologias distintas?

Exemplo: comando TRAUB TX8 D  
comando ROMI MACH 5L

- a - sim
- b - não

9- Para que haja intercambiabilidade de programas entre as máquinas (Tornos), equipados com os comandos citados na questão (4), deve existir:

- a - similaridade entre os comandos
- b - similaridade entre as máquinas
- c - flexibilidade da linguagem CN empregada
- d - outros

10- Em caso negativo, a razão é:

- a - as funções de programação são específicas
- b - necessária a similaridade em relação a programação de tarefas complexas
- c - outros

11- Dentre as máquinas instaladas no chão-de-fábrica, qual(s) possuem funções de sensoriamento?

- a - TRAUB
- b - ROMI
- c - MAXITEC
- d - MCS
- e - outros
- f - nenhum

12- Caso utilize a linguagem G para programação de máquinas referentes a questão anterior, essa linguagem atende às necessidades de programação dessas máquinas?

a - sim

b - não

13- Em caso positivo, a razão é:

a - devido a funções adicionais no CNC não prevista em norma

b - outros

14- Para a investigação dos requisitos necessários a uma linguagem CN que favoreça a intercambiabilidade de programas envolvendo diferentes concepções, é necessário a visão da empresa. Portanto, na próxima etapa (entrevistas) poderemos contar com sua colaboração?

a - sim

b - não