

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
CELSO SUCKOW DA FONSECA - CEFET/RJ

DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA

DISSERTAÇÃO

FORMAÇÃO DO PROFISSIONAL EM PEQUENAS E MICRO EMPRESAS NO
MERCADO NACIONAL PARA TRABALHAR COM TECNOLOGIA A CNC

Ezio Lúcio Zerbone Gonçalves

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM TECNOLOGIA.

Maria da Gloria de Faria Leal , D.H.

Orientador

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
MAIO / 2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

SUMÁRIO

	Pág.
INTRODUÇÃO -----	1
I – EVOLUÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS -----	6
II – MANUFATURA COM USO DE TECNOLOGIA À CNC -----	14
II.1 – Funções de Programação-----	14
II.2 – Introdução do CNC no processo Produtivo -----	17
II.3 – Tipos de CNC-----	19
II.3.1 – Comando Numérico Ponto-a-ponto-----	19
II.3.2 – Comando Numérico Paraxial -----	19
II.3.3 – Comando Numérico Contínuo no Plano -----	20
II.3.4 – Comando Numérico Contínuo no Espaço -----	20
II.4 - Contribuição da Informática Industrial para as Unidades de Comando -----	22
II.5 – Modos de Programação para Máquinas a CNC-----	23
II.5.1 – Programação Manual -----	24
II.5.2 – Programação Automática-----	26
II.6 – Preparação da Empresa-----	30
III – TIPO DE PROFISSIONAL QUE ATUA EM EQUIPAMENTOS COM TECNOLOGIA A CNC -----	35
III.1 – Noção de Competência em CNC -----	35
III.1.1 – O Saber e o Saber-fazer -----	36
III.2 – Formação dos Operadores -----	40
III.3 – Formação dos Programadores -----	46
IV – METODO DE PESQUISA -----	51
IV.1 - Elaboração do Instrumento de Coleta de dados da Pesquisa -----	52
IV.2 – Escolha das Empresas -----	54
IV.3 – Aplicação do formulário -----	55

V – RESULTADOS DA PESQUISA -----	59
V.1 – Grau de Escolaridade -----	59
V.2 – Classificação do Profissional que atua na área de CNC -----	61
V.3 – Experiência Profissional -----	61
V.4 – Tipo de Treinamento Efetuado -----	62
V.5 – Dificuldades Apresentadas pelos Entrevistados -----	65
CONCLUSÃO E TENDÊNCIAS FUTURAS -----	72
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS -----	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	84
ANEXO I -----	89

FICHA CATALOGRÁFICA

G635 Gonçalves, Ezio Lúcio Zerbone
Formação do profissional em pequenas e micro empresas no mercado nacional para trabalhar com tecnologia a CNC / Ezio Lúcio Zerbone Gonçalves. 2007.
viii, 88f. + anexo : il., grafs., tabs. ; enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckov da Fonseca, 2007.
Bibliografia: f. 84-88

1. Formação do profissional 2. Pequenas e médias empresas
3. Inovações tecnológicas I. Título

CDD 331.7

Agradecimentos

- À minha querida esposa pelo apoio constante durante toda a elaboração deste trabalho.
- À Professora Maria da Glória de Faria Leal (D.H.), orientadora deste trabalho, pelo seu incansável jeito de incentivar a cada encontro, profissionalismo e riqueza nas sugestões.
- À Professora Lílian Martins da Motta Dias (D.Sc.), pela sua sensibilidade em conciliar o lado profissional e pessoal, fator que muito contribuiu para finalização.
- Ao Professor Leydervan de Souza Xavier (D.Sc.), pela sua sabedoria e praticidade nos aconselhamentos em que era requisitado.
- À Professora Marina Brochado (D.Sc.), pelas suas sugestões em todos os encontro informais.
- A todos os professores do mestrado do CEFET/RJ, pela contribuição que deram em meu crescimento profissional mostrando cada um seu estilo na arte de transmitir seus conhecimentos.
- Aos funcionários Abraão Ferreira e Bráulio Tito, pela paciência e presteza.

Meu filho, aceita a instrução desde teus jovens anos; ganharás uma sabedoria que durará até a velhice. Vai ao encontro dela, como aquele que lavra e semeia; espera pacientemente seus excelentes frutos; terás alguma pena em cultivá-la, mas, em breve, comerás os seus frutos. Quanto à sabedoria é amarga para os ignorantes! O insensato não permanecerá junto a ela. Ela lhes será como uma pesada pedra de provação, e ele não tardará a desfazer-se dela,”

(Eclesiástico 6, 18-22)

Resumo da dissertação submetida ao PPTEC/CEFET-RJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em tecnologia (M.T.).

FORMAÇÃO DO PROFISSIONAL EM PEQUENAS E MICRO EMPRESAS NO MERCADO NACIONAL PARA TRABALHAR COM TECNOLOGIA A CNC

Ezio Lúcio Zerbone Gonçalves

Maio de 2007

Orientador: Maria da Gloria de Faria Leal , D.H.

Programa: PPTEC

Com a chegada da globalização, os lucro tiveram que ser reduzidos para que as empresas pudessem competir em preço num mercado agora mais competitivo, interno e externamente. Em face desta nova realidade, as empresas começaram a se preocupar mais com o processo produtivo dando um destaque a sua otimização, usando para isso a inovação de processo, que na maioria das vezes deve, necessariamente passar pela aquisição de equipamentos tecnologicamente mais avançados como forma de competir, como por exemplo o CNC (Comando Numérico Computadorizado). O desconhecimento do perfil do profissional a ser utilizado em um equipamento de alta tecnologia, é sem dúvida umas das causas de insucesso ocorrida quando se implanta dentro de uma indústria metal-mecânica o CNC. Este trabalho tem o objetivo de mostrar o tratamento dado à inovação de processo em empresas de pequeno e médio porte através de uma pesquisa com uso de questionário aplicado em entrevistas pelo próprio autor. Com a finalidade se situar o leitor sobre a inovação ocorrida nas empresas estudadas, o trabalho relata como esta tecnologia trouxe relevantes impactos na produção industrial, mudando assim os resultados obtidos e a necessidade de uma mão-de-obra mais qualificada. Após a análise dos resultados obtidos da pesquisa, o trabalho mostra a conexão dos pensamentos de alguns autores que tratam a inovação e na conclusão faz comentários sobre os resultados, tendências futuras e aponta algumas sugestões para contribuir com a formação dos profissionais para o segmento estudado. Os conceitos de Formação profissional e competências são com base nos estudos de Rogério Valle e Guy Le Boterf.

Palavras-chave: Inovação, Automação da manufatura, CNC, Formação de Mão-de-Obra.

Abstract of dissertation submitted to PPTEC/CEFET/RJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Technology (M.T.).

FORMATION OF LABOR IN SMALL AND MICRO FIRMS IN THE NATIONAL MARKET TO WORK
WITH TECHNOLOGY CNC

Ezio Lúcio Zerbone Gonçalves

May / 2007

Supervisor: Maria da Gloria de Faria Leal , D.H.

Program: PPTEC

Since the advent of the globalization, the profits had to be reduced so that the companies could compete now in price in a market more competitive, internal and externally. In face of this new reality, the companies began worrying more with the productive process giving a prominence it optimization, using for that the process innovation, that most of the time it should, necessarily to pass for the acquisition of equipments technologically more advanced as form of competing, as for instance CNC (Command Numeric Computerized). Ignoring the profile of the professional to be used in an equipment of high technology, it is without a doubt some of the failure causes happened when CNC is implanted inside of an industry metal-mechanics. This work has the objective of showing the treatment given to the process innovation in small and medium enterprise, through a research with use of applied questionnaire in interviews for the own author. With the purpose to locate the reader about the innovation happened in the studied companies, the work tells as this technology brought relevant impacts in the industrial production, changing like this the obtained results and the need of a more qualified labor. After analysis of the obtained results of the research, the work probe to show the connection of the thoughts of some authors that are in charge of in studying the several innovation forms and when ending it comments on the results, future tendency and it points some suggestions to contribute with the professionals' formation for the studied segment. The concepts of professional formation and competences are treated tends as base Rogério Valle's studies and Guy Le Boterf.

Key-Words: Innovation, Automation of the manufacture, CNC, Labor formation

INTRODUÇÃO

Inovação, quer seja de produto ou processo, tornou-se uma importante preocupação do mundo dos negócios, para empresas manterem-se em um mercado com um grau de competitividade cada vez mais elevado. Trata-se de um parâmetro perseguido por muitos, por servir como realinhamento constante das atividades executadas no atual cenário internacionalizado.

Em sua obra *Gestão da Inovação*, TIGRE (2006) mostra que a organização industrial identifica duas forças indutivas básicas da mudança organizacional. A primeira, proposta por SCHMOOKLER (1996), apud TIGRE (2006) aponta para as necessidades explicitadas pelos usuários e consumidores (demand-pull). A segunda define tecnologia como um fator autônomo ou quase-autônomo, derivado dos avanços da ciência (technology push).

Em países avançados, os esforços de P&D realizados por universidades e centros de pesquisas civis e militares podem eventualmente resultar em inovações impulsionadas pela tecnologia. Já em países em desenvolvimento, onde a capacidade científica para gerar tecnologias é mais limitada e a capacidade e autonomia das empresas para realizar inovações radicais é menor, a demanda constitui o principal estímulo à inovação (TIGRE, 2006, p.77).

De acordo com os impactos causados, FREEMAN (1992), apud TIGRE (2006) classifica as inovações incrementais e radicais da seguinte forma:

- Inovações incrementais – abrangem melhorias feitas no design ou na qualidade dos produtos, aperfeiçoamento em layout e processos, novos arranjos logísticos e organizacionais e novas práticas de suprimentos e vendas;
- Inovações radicais – caracterizadas por saltos descontínuos na tecnologia de produtos e processos. É geralmente fruto de atividades de P&D.

A melhor estratégia para se produzir uma peça ou um lote tem sido ao longo do tempo uma busca constante, inicialmente com experiências em otimização de movimentos (tempos e movimentos) e que depois dá lugar a uma sucessão de melhorias de equipamentos usando novas tecnologias.

Com a globalização, num primeiro momento, as margens de lucro foram reduzidas para que as empresas pudessem competir em preço num mercado agora mais competitivo, interno e

externamente. Em face desta nova realidade, as empresas começaram a se preocupar mais com o processo produtivo dando um destaque a sua otimização, usando para isso a inovação de processo, que na maioria das vezes deve, necessariamente passar pela aquisição de equipamentos tecnologicamente mais avançados como forma de competir, como por exemplo, o CNC - **Comando Numérico Computadorizado**. “*O desenvolvimento das máquinas-ferramentas com controle numérico (MFCN), na virada dos anos 50, foi considerado a mais importante inovação na manufatura, desde a introdução da linha de montagem...*” (TAUILE, 2005).

Com a implantação de uma nova tecnologia dentro da empresa, é necessário que o gerente responsável pelo setor que a adquiriu tenha um documento norteador para assegurar que este novo investimento traga o retorno esperado. O profissional que atuava dentro desta indústria, que sofreu uma inovação no seu processo produtivo, precisa de treinamento em diversas áreas afins, visando uma melhor otimização do equipamento.

Quando LE BOTERF inicia seu estudo sobre o desenvolvimento de competências, começa apresentando o questionamento: O que é um profissional? Ele dá como resposta que o profissional é aquele que sabe administrar uma situação profissional complexa. Esta definição distancia-se do modelo de divisão do trabalho de Taylor, pois neste percebe-se como desnecessária a qualificação dos trabalhadores. No entendimento de LE BOTERF, não é necessário ser competente para executar o que é prescrito, para se aplicar o que é conhecido. “*O saber fazer referente à execução, não é senão o grau mais elementar da competência*” (LE BOTERF, 2003, p.38).

O modelo preconizado por Taylor mantinha-se como referencial enquanto a demanda por produtos manufaturados assegurava a absorção de tudo o que se produzia. À medida que a concorrência vem aumentando *as múltiplas incertezas que cercam a atividade econômica levam as empresas a buscarem estratégias competitivas adequadas aos mercados em que atuam* (TIGRE, 2006).

O desconhecimento do perfil do profissional a ser utilizado em um equipamento de alta tecnologia, pode ser uma das causas de insucesso ocorrida quando se implanta dentro de uma

indústria metal-mecânica o Comando Numérico. A relevância deste estudo apóia-se, portanto, no propósito de contribuir para a eficiência do uso do comando numérico, conforme será demonstrado em seguida.

Objetivo geral do trabalho

- Contribuir para mudanças no segmento CNC.

Objetivos específicos do trabalho

- Identificar, através de pesquisa direcionada em ambiente com tecnologia a CNC no setor metal-mecânico, o perfil atual dos profissionais que programam e operam tornos e centros de usinagem a CNC em pequenas e micro empresas do Rio de Janeiro;
- Caracterizar a formação dos profissionais pesquisados (programadores e operadores nas empresas escolhidas);
- Analisar os pontos fortes e fracos dos profissionais durante a execução das tarefas diárias.

Método de pesquisa

A escolha do tema "*Formação do profissional em pequenas e micro empresas no mercado nacional para trabalhar com tecnologia a CNC*", articula-se com a afinidade entre ele e o pesquisador (COSTA, 2001), por se tratar de um ambiente familiar desde 1980, período em que começou a reunir muitas experiências neste segmento tecnológico, no Brasil e no exterior. Trata-se de um método de pesquisa bastante participativa usando todo este conhecimento acumulado na área através de cursos, estágios em empresas ou instituições e principalmente na grande variedade de prestação de serviços trabalhando em parceria com empresas que desejavam fazer a nacionalização de alguns componentes até então importados. Isto facilitou enormemente o desenrolar e a qualidade da pesquisa.

A presença do pesquisador foi marcante em todas as fases da pesquisa. Preenchendo o formulário aplicado em entrevistas individuais com 12 programadores e 12 operadores em 12 empresas escolhidas que prestam serviços na área de usinagem que migraram da área convencional para a área de CNC, entrevistando o responsável pelo setor de CNC e na etapa de observação no posto de trabalho de cada trabalhador entrevistado.

Mesmo consciente de que a vasta experiência na área poderia permitir uma certa dose de subjetividade, procurou-se com as estratégias usadas, eliminar sempre que possível esta possibilidade, como foi o caso da observação feita no posto de trabalho com a finalidade de validar as respostas.

Estrutura do trabalho

O foco central deste estudo situou-se na prática profissional, ficando o trabalho estruturado da forma a seguir.

O **Capítulo I** recupera alguns momentos marcantes da trajetória histórica da manufatura, mostrando as principais dificuldades de um processo convencional e as características desejáveis em qualquer máquina-ferramenta.

O **Capítulo II** aborda o surgimento das primeiras máquinas a CNC e sua evolução, destacando-se a estrutura da linguagem de programação a CNC, vantagens e tipos de programação usados. Mostra também algumas das estratégias usadas para a implantação do CNC na empresa e a contribuição da informática industrial para as unidades de comando.

O **Capítulo III** aborda sobre o trabalhador usado em equipamentos a CNC, dando-se especial atenção para a formação de operadores e programadores. Focaliza o tema das competências e divide as categorias dos perfis usados em máquinas a CNC: mínimo, desejado e competitivo.

O **Capítulo IV** trata do método da pesquisa, escolha das empresas, elaboração do instrumento de coleta de dados, explicitando os procedimentos realizados para a execução da pesquisa no campo.

O **Capítulo V** dedica-se ao tratamento e análise dos dados levantados pela pesquisa.

Na **Conclusão e Tendências Futuras**, comenta-se algumas possíveis causas da porcentagem encontrada nos dados coletados, indicando algumas sugestões para a formação do trabalhador para atuar em equipamentos a CNC.

O item **Sugestões para futuros trabalhos**, remete-nos a algumas reflexões sobre a pesquisa feita e deixa sugestões para futuros trabalhos, tomando este como ponto de partida, já que não houve nenhuma pretensão de esgotar o assunto dissertado.

Como algumas figuras que compõem o trabalho foram elaboradas pelo autor, fica subentendido que quando não for indicada a fonte, a figura foi elaborada pelo próprio.

CAPÍTULO I

EVOLUÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS

A Revolução Industrial foi um processo tão marcante na história humana, que é muito difícil falar de Evolução dos Processos Produtivos sem considerá-la como ponto de partida.

Deixando as divergências com o termo "Revolução Industrial" para os especialistas, considera-se a Revolução Industrial como momento em que um novo modo de produção se instalou, acentuando-se o caráter revolucionário para sua época. Um dos estudiosos do tema evolução Industrial assim expressa-se (ARRUDA, 1984, p.16) :

"Não se pode negar que, numa certa perspectiva, existe uma continuidade nos acontecimentos, pois não existe evento que não se possa ligar de uma maneira racional aos eventos anteriores e posteriores. Nessa medida, o devir histórico é gradual e contínuo. Porém, se nos colocarmos no nível mais profundo das estruturas, conseguiremos perceber as rupturas, as grandes transformações, que marcaram os momentos decisivos da história da humanidade, os momentos de transição. Tais momentos se revelam, no nível dos eventos, por uma contração do tempo histórico, isto é, pelo aceleração dos acontecimentos mais importantes que se sucedem numa cadeia ininterrupta e avassaladora, demonstrando que, por detrás das aparências necessárias dos eventos, as relações sociais estão em completa ebulição".

Conforme ARRUDA (1984), a percepção da continuidade sugere uma consideração de eventos anteriores, realizada em seguida.

Desde a Pré-História o homem vem transformando matérias-primas (pedras, barro, peles, lã, trigo, etc.) em produtos úteis à sua sobrevivência com o chamado método artesanal. Nesse processo de produção, o artesão domina todas as etapas da transformação da matéria-prima até chegar ao produto final.

Na Idade Moderna, cada um desempenhava uma atividade específica, utilizando principalmente as mãos para transformar a matéria-prima, fazendo surgir o que se denominou de manufatura. Esse sistema de produção caracterizou-se basicamente pela divisão do trabalho e aumento da produtividade. Tomando como exemplo a produção têxtil observa-se que cada trabalhador se ocupava de cada etapa do processo produtivo: um fiava, outro tingia, outro cortava até que o produto chegasse a sua fase final, transformando-se numa peça pronta. Com o desenvolvimento da economia capitalista, nota-se uma evolução do processo, já

que a produção de artigos para o mercado passou a ser feita em série, com o emprego de máquinas, dando origem as maquinofaturas.

O uso de máquinas em grande escala foi implantado na Inglaterra, a partir de 1760 aproximadamente, acarretando profunda influência sobre a economia mundial, com significativas mudanças sociais, políticas e culturais. A este processo de alteração estrutural da economia, que marcou o final da idade moderna e o início da Idade Contemporânea, os estudiosos chamam de Revolução Industrial, enfatizando a implantação do *capitalismo*.

Na primeira fase da Revolução Industrial intensifica-se o desenvolvimento técnico-científico e surge então as primeiras máquinas a vapor. A existência de um mercado consumidor em potencial para artigos industrializados (América, Ásia e Europa) serviu de estímulo para a mecanização da produção, que se expandiu em função da disponibilidade de vários fatores, que não cabe aqui analisar.

Em uma segunda fase, conhecida como Segunda Revolução Industrial, o processo de industrialização entrou num ritmo acelerado, envolvendo os mais diversos setores da economia com a difusão do uso do aço, a descoberta de novas fontes energéticas, como a eletricidade e o petróleo, e a modernização do sistema de comunicações.

Nas empresas fabris, os proprietários já não estavam em contato direto com os operários, delegando a outros as funções de organização e supervisão do trabalho. O surgimento da figura do administrador dá início ao distanciamento cada vez maior entre os capitalistas e o operariado (ou proletariado).

A partir da década de 1850, aproximadamente, surgiram os complexos industriais e empresas multinacionais. As indústrias química e eletrônica crescem. Os avanços da automação, da informática são incorporados ao processo produtivo, que depende cada vez mais de alta tecnologia e de trabalhador especializado. A informatização substituiu, em alguns casos, a mão-de-obra humana, contribuindo para a eliminação de inúmeros postos de trabalho.

Relembrando um dos aspectos fundamentais do pensamento do inglês Adam Smith, considerado o pai da ciência econômica, que nos fala da *Livre Concorrência*, observa-se que os produtores ao disputarem a preferência do consumidor, eram levados a melhorar a

qualidade dos artigos, aperfeiçoar técnicas de produção e baixar os custos. Nesta linha de raciocínio tem-se um desencadear de melhorias contínuas na inovação dos processos produtivos.

Na indústria mecânica de transformação (que foi o setor industrial pesquisado nesta dissertação) sempre buscou-se o aprimoramento na maior parte das máquinas-ferramenta utilizadas, visando principalmente simplificar as tarefas, aumentar a produtividade, melhorar a qualidade, mais recentemente, incluiu-se ainda melhorias em flexibilidade¹. Um exemplo que pode mostrar claramente esta evolução de processo refere-se às transformações ocorridas no torno mecânico, que passou pelas seguintes etapas:

- torno universal – nesta etapa o processo depende exclusivamente do operador, pois ele é o responsável por ler as informações contidas no desenho decodificá-las e aplicá-las na máquina. Os conhecimentos tecnológicos necessários permanecem em sua memória e foram adquiridos ao longo de sua experiência profissional;
- torno revolver – nesta etapa, para diminuir o tempo de troca das ferramentas (que sendo muitas, altera significativamente o tempo total de fabricação da peça), estas foram colocadas em um cabeçote “revolver” e com o recuo deste até um ponto determinado, é efetuada automaticamente a substituição da ferramenta;
- torno copiador – neste tipo de máquina, ao executar o perfil da peça acabada, um apalpador (pneumático ou hidráulico) segue o percurso de uma “chapelona” com a geometria da peça ou seja pode-se garantir a repetibilidade de uma peça para outra independente da perícia de quem opera;
- torno automático – nesta modalidade, os movimentos de cada “carro” que contém cada ferramenta a ser utilizada, são independentes e são programadas com recursos de um dispositivo que indica o final do curso de cada ferramenta (micro switch).

¹ A flexibilidade é definida por alguns autores como a *capacidade de um sistema de manufatura de lidar, efetivamente, com mudanças internas ou externas* (ROHD, L.R.; BORENSTEIN, D., Gestão&Produção, v11, n2, 2004)

Em cada um desses passos foram adicionadas simplificações de tarefas e aumento da produtividade. No entanto nenhuma dessas soluções oferecia a flexibilidade necessária à fabricação dentro dos conceitos mais modernos, onde os lotes de peças são cada vez menores e mais diversificados (SIMA, 1995).

GODINHO FILHO (2004), em sua apresentação no XI SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção, define as três classes de sistemas de produção de acordo com o fluxo, bem como cada um dos tipos de manufatura.

- sistemas de produção em fluxo: também chamados fluxos em linha, apresentam uma seqüência linear para se produzir o produto; os produtos são bastante padronizados e fluem de um posto para o outro em uma seqüência prevista; quando o tipo de produto processado é discreto o sistema de produção passa a ser denominado manufatura em massa ou manufatura repetitiva; quando o tipo de produto processado é contínuo, como no caso das indústrias de processo (indústria química, de papel, etc.), a manufatura é dita contínua;

- sistema de produção em lote: para o caso de itens discretos a produção é feita em lotes; no término do lote de um produto, outros produtos tomam o seu lugar nas máquinas, caracterizando assim a chamada manufatura intermitente. No caso da produção contínua temos a chamada manufatura descontínua a qual é caracterizada pela produção em lotes de itens contínuos;

- sistema de produção de um item único: também chamado de manufatura de grandes projetos, diferencia-se bastante dos anteriores na medida em que cada projeto é um produto único. Neste caso tem-se uma seqüência de tarefas ao longo do tempo, geralmente de longa duração. Alguns autores dividem este tipo de manufatura em manufatura individual e manufatura única conforme o output for um item discreto e contínuo.

Após a manufatura artesanal, nota-se um esforço continuado para superar dificuldades na confecção de peças com um grau de complexidade cada vez mais elevado proveniente de demanda por produtos mais sofisticados tecnologicamente. Em um sistema onde o operador é o elemento de comunicação entre o desenho e a máquina operatriz, há de se esperar que exista uma grande dificuldade ao confeccionar um lote de peças e que estas sejam bastante similares. Isto acontece, pois o sistema é extremamente dependente do homem que o opera, pois tanto a condição física como a psicológica afeta a qualidade final do que está se produzindo, ou seja, existem muitas varáveis que podem afetar a qualidade. Esta característica é imperativa não só para garantir a qualidade de um processo, mas também exigida quando pensa-se em intercambiabilidade que é substituir uma peça de reposição, mantendo os mesmos padrões de ajuste da peça original.

Em um sistema convencional, tem-se presente alguns inconvenientes introduzidos no processo pelo fator humano:

- o cansaço - que se intensifica pelo aumento do volume do lote;
- a morosidade - que é uma variável pessoal que depende de quem opera o equipamento;
- a imprecisão - que aparece pela dificuldade de se produzir peças idênticas.

Os movimentos de inovação do processo no sentido de eliminar esses inconvenientes levaram os projetistas até a máquina automática. Nesta modalidade de equipamento mencionado, os benefícios adquiridos com a automação se contrapõem com a dificuldade de se reprogramar a máquina, em outras palavras, o sistema é mais rígido existindo um tempo maior de se preparar à máquina para fabricação de um novo lote. Na medida que o processo de fabricação automatiza-se para eliminar os erros inerentes ao processo introduzidos pelo fator humano presente no sistema, diminui-se a flexibilidade deste processo, ou seja, aumenta-se o tempo de preparação da máquina.

COSTA; ZEILMANN e SCHIO (2004) mostram que a aplicação do CNC no controle de máquinas-ferramenta permite realizar tarefas repetitivas e de grande complexidade geométrica. Esta tecnologia possibilita a reprodutibilidade de produtos de variadas formas geométricas. Nas empresas que produzem com alta diversificação e em pequenos lotes, estas usufruem muito da flexibilidade inerente a esses equipamentos.

Pode-se perceber que ao longo da história, toda vez que se projetava uma máquina-ferramenta, o projetista buscava sempre não perder de vista as características que permitem superar uma a uma as principais dificuldades indesejáveis (GONÇALVES, E., 1991). Estas características são:

Flexibilidade: é a facilidade que apresenta determinado sistema de fabricação de ser reprogramado para fabricar novos lotes. A máquina-ferramenta do tipo universal quando operada por um profissional é um sistema de fabricação que necessita de poucas adaptações para passar a fabricar uma nova peça, logo este sistema pode ser considerado do tipo flexível. Quando nos referimos a um operador especializado estamos falando de um profissional que

além de dominar o equipamento, deve possuir conhecimentos sobre parâmetros (profundidade de corte, avanço, rugosidade, etc.) que a todo instante devem ser utilizados.

Complexidade: é o grau de dificuldade de manufatura de uma peça. A complexidade de uma peça não está no número de operações e sim na geometria pouco convencional que possa ter. Assim, independente do grau de especialização do operador de um equipamento convencional, à medida que a complexidade aumenta, torna-se difícil a usinagem da peça (confeção demorada).

Repetibilidade: é a capacidade de manter as medidas de uma peça para outra dentro de uma tolerância determinada pelo projeto (obter peças as mais similares possíveis). A repetibilidade de um sistema convencional vai se tornando mais difícil à medida que a complexidade vai aumentando. Um sistema onde praticamente tudo depende do operador, não pode ser considerado repetitivo.

Produtividade: é a capacidade de fabricar determinado lote de peças, no menor tempo possível, sem prejuízo da qualidade. Como os inconvenientes da morosidade e imprecisão estão presentes na máquina-ferramenta universal em virtude do fator humano, este sistema embora seja considerado flexível não pode contribuir muito com a característica produtividade. Conseqüentemente, um sistema convencional não pode ser considerado competitivo. Tendo uma maior a produtividade, pode-se ter um menor custo por peça aumentando assim a possibilidade do produto competir no mercado. Produzir mais gastando um tempo menor de preparação foi sempre uma equação a ser equilibrada.

Para desenvolver sistemas de produção rápidos, eficientes, confiáveis e, de certo modo, bem balanceados, são necessários inovação e desenvolvimento competitivos das tecnologias de engenharia mecânica, de controle e ferramental (OHYA, 1999).

Entre a utilização da máquina convencional (pequeno tempo de reprogramação, flexibilidade do sistema e baixa produção) e o sistema *transfe*² (elevado tempo de preparação, rigidez no sistema e elevada produção) surgiram diferentes arranjos dentro das empresas de

² Em um sistema transfer, a máquina é projetada em função do produto, com aumento elevado produção, porém com uma grande rigidez. Quando o produto sair de linha, a reprogramação do sistema torna-se economicamente inviável.

acordo com a variedade e o tamanho do lote de peças produzidas conforme mostra a figura I.1 a seguir:

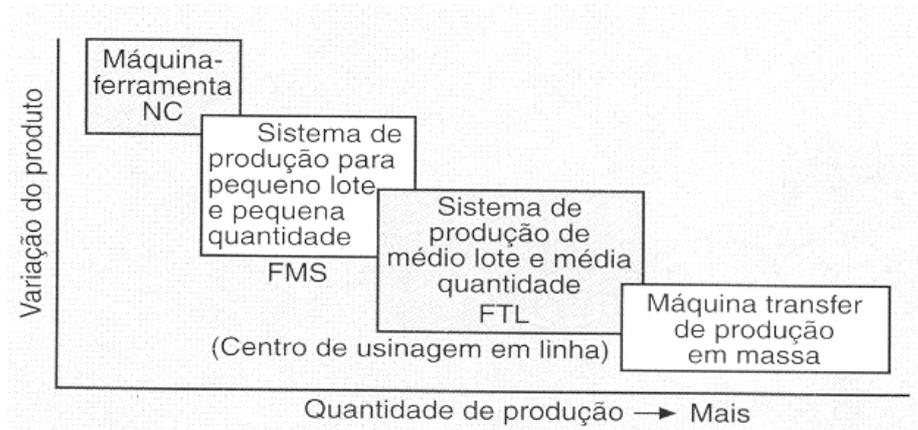


Figura I.1 – Sistemas produtivos
Fonte – Máquinas e Metais, n.404, p.51

A visão sobre o uso da automação da manufatura como uma ferramenta para auxiliar a qualidade e produtividade, tem mudado bastante ao longo dos anos. No passado, quando se pensava em automação, o significado mais comum era o de aumentar a quantidade de peças produzidas. Com a produção personalizada, a valorização do volume vai aos poucos sendo substituída pela velocidade de atendimento, que leva ao conceito de flexibilidade (característica está, presente em um sistema a CNC).

Em resumo é possível dizer que:

É desejável que uma máquina-ferramenta ou sistema seja **flexível** na mudança de operações, que seja capaz de executar tarefas **complexas**, que possa garantir máxima **repetibilidade** de uma tarefa para outra e que essas características sejam aliadas a uma alta **produtividade** (OHYA, 1999).

O quadro a seguir tenta mostrar o grau de atuação do homem nos diversos tipos de sistemas já comentados em cada uma das características: flexibilidade, produtividade, repetibilidade e complexidade.

Quadro I.1 – Dependência do homem no sistema produtivo

	Máquina Universal	Máquina Automática	Máquina a CNC
Flexibilidade	SIM	NÃO	SIM
Produtividade	Depende do operador	SIM	SIM
Repetibilidade	Depende do operador	SIM	SIM
Complexidade	Depende do operador	Depende do montador	SIM

A tentativa de se projetar um sistema que pudesse atender todas estas características, originou a tecnologia da máquina-ferramenta programável por coordenadas. Como marco histórico do surgimento deste tipo de tecnologia aplicado à máquina-ferramenta pode-se citar a experiência de John Parsons, um pequeno fabricante de hélices de helicópteros (1947), que inventou uma máquina comandada por meio de informações numéricas (TAUJLE, 2005). O resultado desejado era o de reduzir as operações de controle das hélices, muito demoradas e dispendiosas. A máquina, uma fresadora convencional por coordenadas, tinha os eixos da mesa comandados por um computador que era alimentado por cartões perfurados nos quais estavam codificadas as coordenadas dos pontos (DEGARMO, 1997). A partir deste primeiro estudo, desencadeia-se o surgimento de diversos tipos de CNC, conforme pode ser visto a seguir.

CAPÍTULO II

MANUFATURA COM USO DE TECNOLOGIA A CNC

A partir das primeiras experiências na manufatura com uso de tecnologia a CNC, inicia-se uma série de transformações no mundo do trabalho com relação ao perfil do trabalhador.

Em sua obra “O conhecimento em ação” ROGÉRIO VALLE (2003) mostra que

novas qualificações, que se dizem orientadas para a “polivalência” e a multifuncionalidade” dos trabalhadores, buscam capacitá-los para compreender e participar de um ambiente organizacional onde as decisões são mais complexas e as interações, mais numerosas. A programação e o acompanhamento de máquinas, por exemplo, exige constantes decisões, num contexto industrial cada vez mais dinâmico (VALLE, 2003, p.17).

Antes de tecer comentários sobre a utilização de sistema de produção com uso de tecnologia a CNC, é necessário mostrar o funcionamento deste novo tipo de inovação de processo.

II.1 - Funções de Programação

Uma máquina-ferramenta a CNC é composta basicamente da unidade de comando (local onde fica armazenado todo o software usado e onde são processados todos os cálculos do sistema), máquina propriamente dita (estrutura e cadeia cinemática) e os acionamentos (servomecanismo) responsáveis pelos movimentos dos eixos.

Para que possamos colocar uma máquina a CNC em funcionamento é necessário que se estabeleça um diálogo com o equipamento. Todo comando acoplado em uma máquina a CNC necessita de um meio de comunicação entre o programador e a máquina. Essa comunicação é feita por meio de códigos ou símbolos padronizados e recebe o nome de linguagem de programação. A aplicação das funções em ambiente industrial encontrou grandes restrições decorrentes do grande número de fabricantes de CNC com suas linguagens de programação, o que faz surgir a norma ISO 6983 (SANTOS, et al., 2003).

Em 1982, a ISO (Organização Internacional para Normalização) estabeleceu os princípios básicos da programação CNC (norma ISO 6983). A norma indica o formato básico do programa, de modo que um conjunto de comandos, compostos de palavras-chave, possa dar instruções para o sistema de controle. As instruções podem referir-se a uma movimentação específica dos eixos da máquina, a uma indicação de sentido de

giro do eixo-árvore ou mesmo a um pedido de troca de ferramenta (TC200, aula 15, p.4).

Com a evolução do mercado de CNC, começou a se criar uma conscientização entre os construtores de máquina, no sentido de usar os códigos já padronizados pela ISO (Sistema de Padronização Internacional). Empresas que comercializaram unidades de comando que não respeitavam esta padronização tiveram uma grande rejeição no mercado, vendo-se obrigadas a rever sua estratégia de mercado, aderindo também à padronização ISO. Esta padronização é muito útil quando existe a rotatividade de mão-de-obra, pois o profissional adapta-se facilmente na nova empresa, já que as funções utilizadas na empresa anterior são, na sua totalidade, as mesmas.

São os seguintes os elementos que compõem a linguagem de programação:

- Caractere: é um número, letra ou símbolo utilizado para uma informação (1, G, %)
- Endereço: é representado por uma letra que identifica um tipo de instrução (G, X, Y, Z);
- Palavra: é constituída de um endereço, seguido de um valor numérico. (G01, X50, F0.2);
- Bloco: É um conjunto de palavras que identificam uma operação. (N10 G00 X120 Z240);

Uma operação é expressa por meio de tantos blocos quantos forem necessários para definir completamente uma fase. Esses blocos são numerados seqüencialmente com intervalos entre eles definidos pelo programador (SILVA, S., 2002).

Sendo as funções a base de toda a programação de máquinas a CNC, é indispensável o conhecimento das mesmas, para que se tenha condição de programar, e que o programa utilize todos os recursos que a unidade possua para a execução de uma peça. Essas funções de programação podem ser divididas em quatro classes:

Função seqüencial

Tem a finalidade de numerar os blocos do programa, para facilitar o acompanhamento do mesmo. A função seqüencial é representada pela letra **N** seguidos de algarismos que representam sua posição no programa.

Exemplo:

N40 (significa bloco número 40)

Funções preparatórias

São as funções que definem para o comando da máquina O QUE FAZER, preparando-o para uma determinada operação (deslocamento linear, deslocamento circular, etc.). As funções preparatórias são representadas pela letra **G** seguidas de dois algarismos, porém os zeros à esquerda podem ser omitidos (vai de G00 até G99).

Exemplo:

N40 G00 (significa que no bloco 40 será executado um movimento rápido nos eixos).

Funções de posicionamento

São as funções que definem para o comando ONDE FAZER, ou seja, as coordenadas do ponto que se deseja alcançar e são programadas com a indicação do sinal algébrico, de acordo com a sua posição em relação ao sistema de referência. As funções de posicionamento são representadas pelas letras X, Y e Z.

Para tornos a CNC - **X** (eixo transversal - diâmetros) e **Z** (eixo longitudinal - comprimentos).

Para centros de usinagem – **X** (longitudinal), **Y** (transversal) e **Z** (vertical).

Exemplo:

N40 G00 X25 Z100 (o bloco 40 executará um movimento linear em rápido para um diâmetro de 25mm e um comprimento de 100mm).

Funções complementares

São funções que definem para o comando COMO FAZER determinada operação, complementando as informações dos blocos na programação. As funções complementares são representadas pelas letras F, S, T e M.

Exemplo:

N40 G01 X25 Z100 F.3 (o bloco 40 irá executar um movimento linear em lento com um avanço de deslocamento de 0,3mm por rotação).

II.2 - Introdução do CNC no Processo Produtivo

Com o advento da máquina automática, os inconvenientes gerados pelo fator humano (cansaço, lentidão e imprecisão) foram eliminados; e durante todo o período em que o menor tempo possível de usinagem sempre foi a grande preocupação dos projetistas, este tipo de máquina-ferramenta teve destaque dentro dos sistemas produtivos. Porém, para se investir em uma máquina automática (sistema rígido) é necessário que se tenha consciência que é preciso existir uma grande demanda que justifique uma produção em alta escala que conseqüentemente leve a um menor preço por peça.

Através da primeira experiência de John Parsons, pode-se perceber que a primeira máquina a CNC surgiu da dificuldade que teve um empresário de resolver um problema de usinagem com um tipo de geometria que seria muito difícil de se obter com equipamentos convencionais. Essa idéia de se adquirir uma máquina a CNC só para resolução de problemas de geometria complexa se perpetuou durante muito tempo, devido ao fascínio da nova tecnologia aliada ao desconhecimento. Por exemplo, se determinada empresa possui em seu elenco de peças uma de geometria muito complexa, ao invés de investir em uma máquina a CNC, ela deve terceirizar esta atividade. Hoje, a maioria dos empresários entende que vários outros fatores para decidir sobre o investimento neste tipo de tecnologia são bastante relevantes, como por exemplo, a rapidez no atendimento que está associada à característica flexibilidade.

Após a primeira experiência de John Parsons a FAA (Força Aérea Americana) interessou-se por estes estudos e o governo americano resolveu financiar o projeto de uma máquina-ferramenta convencional da Cincinnati (fabricante na época de máquinas-ferramenta convencionais e atualmente um dos maiores fabricantes de Máquinas CNC) com três eixos controlados. Cinco anos depois (1953), o MIT (Massachusetts Institute of Technology) apresentou a fresadora, com um sistema de comando numérico, capaz de se executar geometria no espaço (RELVAS, 2002).

A filosofia de construção de uma máquina-ferramenta a CNC tem como objetivos retirar de cada sistema já mencionado todas as características positivas: da máquina convencional a

flexibilidade, da máquina automática a repetibilidade, precisão e rapidez; gerando as seguintes vantagens com a inovação de processo (DINIZ, 1990):

- *Maior versatilidade do processo* – Em função da facilidade na confecção de perfis simples ou complexos, sem a utilização de modelos;
- *Redução do número de ferramentas* – Devido ao fato de se poder usar uma ferramenta para fazer várias operações;
- *Menor tempo de espera* – Como o movimento em deslocamento rápido é executado na faixa de 10m/min (de acordo com as características do equipamento), isto acarreta uma diminuição dos tempos ociosos. A troca automática de velocidade (sem necessidade de posicionamento de alavancas manualmente), contribui também para melhorar esta característica;
- *Menor tempo de preparação da máquina* – Como as ferramentas usadas em CNC são padronizadas e intercambiáveis (dispensando sua afiação), diminui o tempo de preparação;
- *Redução do controle de qualidade* – Em função de que o controle das dimensões depende, quase exclusivamente do CNC. Como durante o tempo de usinagem existe uma certa ociosidade do operador, este tempo pode também ser usado para controle;
- *Aumento da qualidade do serviço* – Devido à precisão dos órgãos mecânicos que compõem equipamento a CNC, isto aumenta a qualidade em função da repetibilidade (sistema de posicionamento, controlado pelo CNC, de grande precisão) e facilidade de alteração de parâmetros;
- *Redução do refugo* – Devido à possibilidade de correção do desgaste da ferramenta;
- *Menor estoque de peças* - Em razão da rapidez de fabricação, as peças são executadas somente quando solicitadas pelo cliente (estoque zero);
- *Maior segurança do operador* - Como a intervenção é mínima, diminui o risco de acidentes;
- *Redução na fadiga do operador* – Pela mesma justificativa do item anterior;
- *Rápida transmissão de informações* – Todos os CNCs atuais possuem interface RS232;

-Troca rápida de ferramentas – Todas as ferramentas são colocadas em um “magazine” e sua troca é feita de maneira automática;

II.3 - Tipos de CNC

Na fase de evolução do CNC, no princípio dos anos 60 (após o protótipo de John Parsons), iniciou-se a fabricação de novos tipos de máquinas a CNC, com custos mais baixos que facilitou a sua comercialização. De acordo com a complexidade da geometria a ser reproduzida, pode-se classificar as máquinas a CNC como:

- Comando Numérico Ponto-a-Ponto;
- Comando Numérico Paraxial;
- Comando Numérico Contínuo no Plano;
- Comando Numérico Contínuo no Espaço.

II.3.1- Comando Numérico Ponto-a-ponto (figura II.1)

Este tipo de comando garante o posicionamento segundo os eixos geométricos da máquina dentro do intervalo de precisão e repetibilidade previstas, porém sem uma trajetória predeterminada e controlada.

Aplicações: Furadeiras, mandriladoras e puncionadeiras.

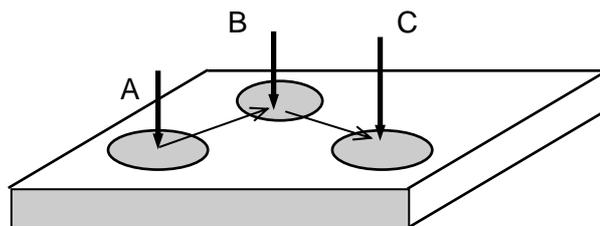


Figura II.1- Furação de um retículo linear

II.3.2 - Comando Numérico Paraxial (figuras II.2 e II.3)

Este tipo de comando é uma evolução do comando ponto-a-ponto, porém realiza movimentos paralelos aos eixos da máquina com avanço programado. Cada movimento é executado separadamente (um de cada vez - longitudinal e transversal).

Aplicações: Tornos, fresadoras ou qualquer máquina que requeira apenas usinagens paralelas.

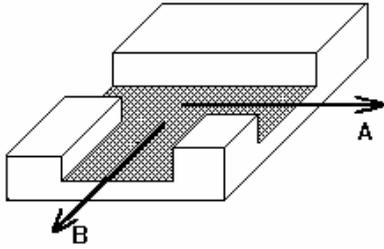


Figura II.2 – Fresamento paralelo

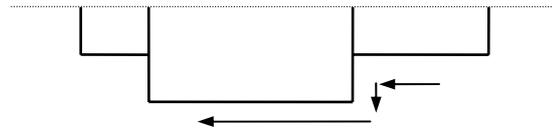


Figura II.3 – Torneamento paralelo

II.3.3 - Comando Numérico Contínuo no Plano (figura II.4)

Comando Numérico Contínuo é o tipo mais completo, pois executa instante por instante o controle da ferramenta na trajetória compreendida entre dois pontos. Como garante o posicionamento exato e controla o avanço, os carros podem ter movimentos simultâneos e perfeitamente conjugados. Com essa liberdade, é possível usar qualquer ângulo e perfis circulares. O CNC Contínuo no plano é capaz de resolver grande parte dos trabalhos na área mecânica.

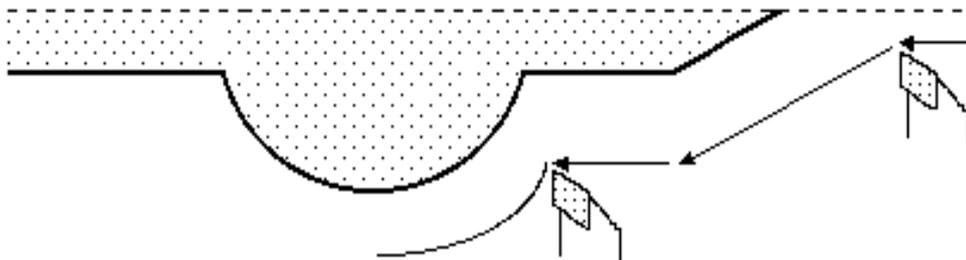


Figura II.4 - Interpolação linear e circular

II.3.4 - Comando Numérico Contínuo no Espaço (figura II.5)

Este tipo de comando é usado para resolver os trabalhos onde é necessário o controle de três ou mais eixos simultaneamente ou seja, "fazer contornos no espaço". Basicamente na área da mecânica onde encontra-se a maior aplicação destes comandos é em ferramentarias onde necessita-se construir moldes para injeção de plástico.

Aplicações: Moldes para injeção para plásticos e usinagens tridimensionais.

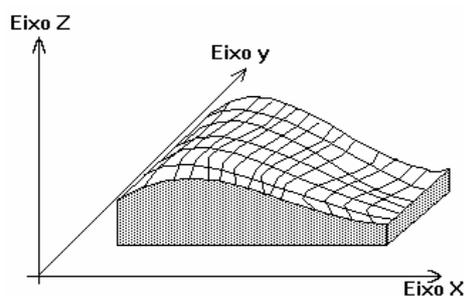


Figura II.5 – Interpolação no espaço

O avanço da tecnologia da informação propicia a evolução contínua dos equipamentos a CNC, tentando cada vez mais incorporar nestes equipamentos os conhecimentos adquiridos ao longo dos anos. Pode-se, por exemplo, citar a linha MULTIPLIC das Indústrias ROMI que são máquinas dotadas de comando numérico interativo que proporciona a facilidade de operação de um torno universal com a produtividade de um torno a CNC, aliada a rapidez de movimentos e excelente precisão de usinagem (ROMI, 1997).

YUNG SHIN (2004) ao apresentar seu trabalho na conferência Automation & Assembly Summit, realizada em Fort Worth, Texas, mostra um projeto de associação de tecnologias a CNC com Inteligência artificial. No início de sua exposição ele mostra que a retificação de precisão é atualmente uma arte que se baseia totalmente na experiência e no conhecimento de funcionários que estão na profissão há anos. Considerando que muitas fábricas não têm o número suficiente desses trabalhadores experientes, uma grande parte dos processos de retificação são feitos em condições abaixo do desejável.

“O sistema de otimização inteligente e controle do processo de retificação utiliza inteligência artificial, um tipo de programa que imita a forma como os seres humanos pensam e aprendem, a fim de se adaptar a condições diversas de trabalho. O sistema inteligente irá utilizar um grande volume de dados coletados por vários sensores. A seguir o software de inteligência artificial utilizará esses dados para "aprender" como utilizar o equipamento. Esses equipamentos, conhecidos como máquinas CNC, têm amplo uso na indústria e grande parte delas já vêm com sensores para monitoramento de suas operações” (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2004).

A seguir é apresentado na figura II.6, um esquema que dá a idéia deste projeto inovador. A tecnologia será comercializada pelo grupo de empresas que apóia a pesquisa: TechSolve, Delphi, Applied Grinding Technologies e Landis Gardner.

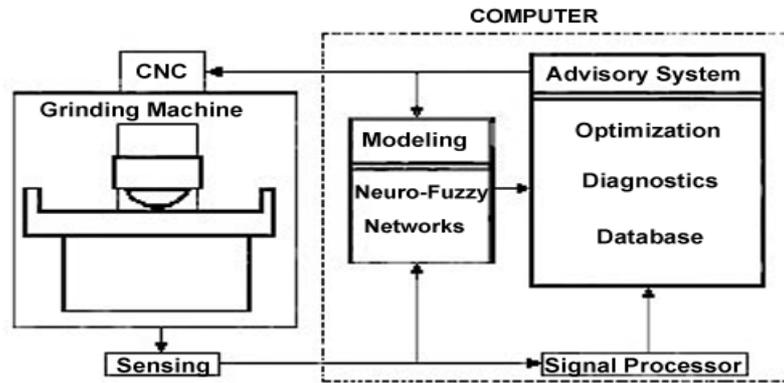


Figura II.6 – Máquina a CNC inteligente

II.4 - Contribuição da Informática Industrial para as Unidades de Comando

Antes da grande revolução do mercado de máquinas-ferramenta ocorrida com a vinda dos chips, a informática contribuía muito pouco na área de projetos devido à limitação imposta pela lentidão dos processadores. Com a chegada dos primeiros CLPs - **C**ontrolador **L**ógico **P**rogramável (equipamento que substituiu a conexão direta entre os dispositivos, permitindo facilidades ao se proceder mudanças ou rever o projeto), a velocidade dos microprocessadores variava na faixa de 4MHz e isto obrigava aos fabricantes a darem mais ênfase em seus projetos ao hardware dos equipamentos. Esta limitação aumentava o prazo de entrega de uma máquina, pois além da máquina propriamente dita, era necessário investir no projeto de um armário (interface) onde era processada a parte física das funções programadas na unidade de comando (cérebro do sistema). Essas dificuldades podem de certa forma explicar a baixa curva de crescimento no setor.

Uma máquina-ferramenta dotada de uma unidade de comando antiga possuía poucos recursos de programação, desta forma, aquilo que acontecia fisicamente na hora de se executar o programa (percurso da ferramenta) correspondia exatamente ao que se tinha programado (sem nenhum tipo de desmembramento do programa). Então a única preocupação na hora de testar o programa para fazer a primeira peça do lote (peça teste), era o de acompanhar atentamente os deslocamentos para ver se correspondiam aos movimentos programados.

Com a evolução da informática, principalmente no tocante a velocidade dos processadores, pode-se perceber claramente a facilidade ao se programar uma máquina a

CNC, pois com a evolução das máquinas-ferramenta em seus projetos foram incluídos novos recursos tais como o uso de ciclos fixos ou sub-rotinas que simplificam enormemente a programação. Ciclos fixos são funções especiais desenvolvidas para facilitar a programação e principalmente diminuir o tamanho dos programas, executando em uma única sentença operações de desbastes de perfis complexos, furações com quebra de cavacos (SILVA, S., 2002).

Para ilustrar melhor esta evolução, vejamos as diferenças entre a programação de uma matriz de pontos (placa com vários furos dispostos em linha reta) contendo 10 furos na linha e 12 furos na coluna em uma unidade de comando antiga e outra moderna.

- Unidade antiga – todos os deslocamentos de um furo para outro deveriam estar escritos no programa, ou seja, teríamos que programar 120 deslocamentos podendo conter erros em cada um deles;
- Unidade moderna – todos os deslocamentos são programados por uma função que representará a matriz de pontos onde devem constar em uma única linha de programação: passo na linha, passo na coluna, número de furos na linha e número de furos na coluna.

Atualmente, o crescimento do setor de máquinas automatizadas e mais especificamente o de CNC cresce alinhado com a evolução da informática com a finalidade de gerar melhorias na tentativa de aumentar a carga de responsabilidade da informática nas unidades de comando, pois hoje podemos contar com processadores mais velozes, o que diminui sensivelmente o trabalho que era realizado no passado pela interface de relés. Como todas estas melhorias nos recursos de programação, pode-se imaginar uma redução de tempo que era gasto em programação.

II.5 - Modos de Programação para Máquinas a CNC

Para a usinagem de uma peça em uma máquina a CNC, o programa pode ser elaborado de maneiras manual ou automática.

A figura II.7, mostra de maneira esquemática, a geração do programa de uma peça, usando os dois métodos de programação (manual e automática).

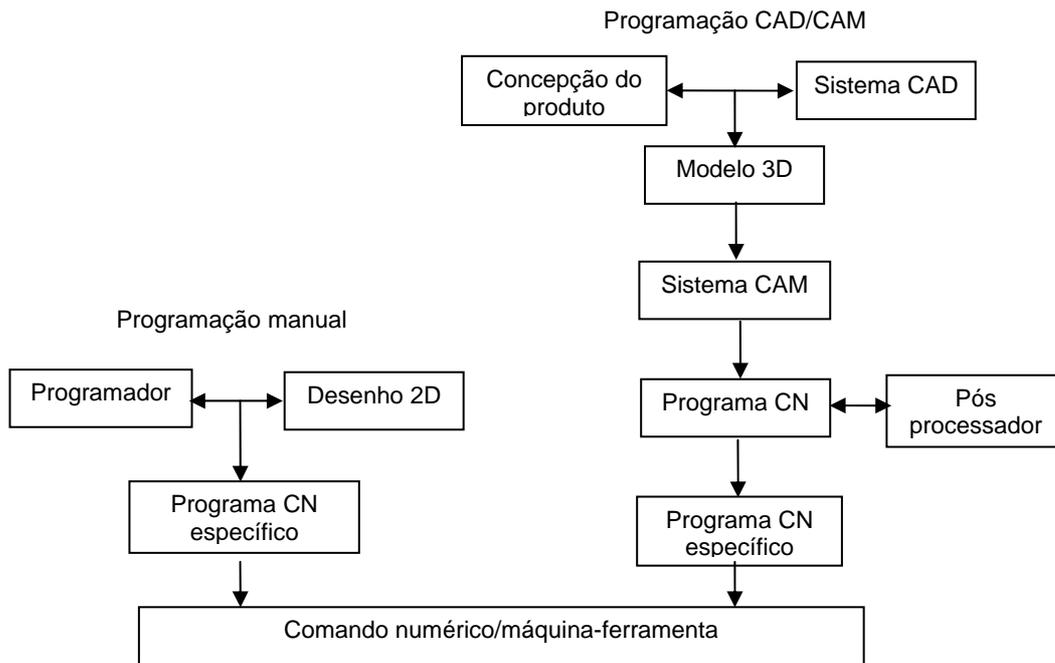


Figura II.7 – Métodos de geração do programa CNC
 Fonte – Usinagem em Altíssima velocidade, pág. 149

II.5.1 – Programação Manual

Em um sistema convencional o profissional do planejamento e controle de produção cria uma folha de operação onde é montado um roteiro que o operador deve seguir (delineamento da peça). O quadro II.1 apresenta um trecho do delineamento de uma peça:

Quadro II.1 – Trecho do delineamento de uma peça

FOLHA DE PROCESSO		
FERRAMENTA	DESCRIÇÃO DO PROCESSO	FASE
	Fixação da peça na morsa conforme Folha de Execução - Fase 1	01
T02- Fresa de Topo 20mm	Usinagem de limpeza da face superior do material	01
	Desbaste de contorno externo com profundidade de 51 mm, na parte frontal com rampas de 45° e raio de 20 mm. Nas faces laterais e traseira da peça apenas limpar e deixar com as medidas finais.	01

A programação manual requer que o programador calcule e registre todos os movimentos a serem efetuados, ou seja, o programa funciona tal como o delineamento feito em um sistema convencional. Além de lenta, ela é mais passível de erro, visto que para cada coordenada é preciso efetuar cálculos. Essa dificuldade torna-se mais evidente quando o grau de complexidade da geometria da peça aumenta. Observe a figura II.8:

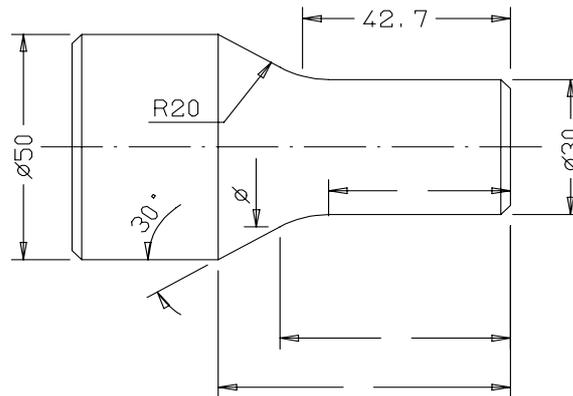


Figura II.8 – Eixo Perfilado

Antes de iniciar a programação desta peça, o programador precisará calcular o valor de cada cota que está faltando e para isso precisará utilizar uma vasta gama de conhecimentos de geometria e trigonometria adquiridos em sua fase de ensino fundamental. A cada valor calculado tem-se a possibilidade de um erro. Além de todo este trabalho, na operação de usinagem do cone de 30° , ao deslocar o eixo longitudinal, a ferramenta deve se posicionar em coordenadas diferentes a cada deslocamento, gerando novos cálculos.

Na programação manual, o operador precisa se lembrar do formato de cada função (como ele deve ser escrita) a ser programada ou deve fazer consultas freqüentes ao manual. Isto se intensifica no caso de se usar um ciclo fixo (recursos existente em unidades de comando mais modernas que permite que com apenas uma linha de programa fazer vários movimentos) onde a quantidade de parâmetros a serem inscritos é ainda maior (RELVAS, 2002). A desatenção na programação pode ter como conseqüência uma colisão da ferramenta contra a peça, afetando a estrutura da máquina, comprometendo assim sua precisão e

repetibilidade. Como a tendência no tamanho dos lotes a serem confeccionados em uma máquina a CNC é diminuir, esta rotina torna-se cada vez mais freqüente.

Ao final deste capítulo, é apresentada uma tabela com as principais funções preparatórias (funções G) e funções miscelâneas (funções M) padronizadas pelo código ISO. Funções que fazem parte do código ISO têm o mesmo significado em qualquer parte do mundo. Esta padronização é de grande utilidade no momento que um programador ou operador muda de empresa, pois é necessário fazer apenas uma pequena adaptação no uso da unidade de comando de um fabricante para outro.

II.5.2 – Programação Automática

Programação automática, às vezes também conhecida por programação assistida por computador, é aquela executada com o auxílio do computador, e tem como objetivo ajudar o programador a superar as dificuldades que ocorrem normalmente na programação manual (JANSEN; FERREIRA e AHRENS, 1998).

Uma linguagem de Programação Assistida por Computador (PAC) é dividida basicamente em três módulos: o processador, o pós-processador e módulo de transmissão (COSTA, L. S. S. e CAULIRAUX, H. M. (Org.), 1995).

- **Processador** - neste módulo, o programador ao examinar o desenho, define, através de pontos, linhas e círculos o perfil da peça bruta e acabada. Esta é a fase geométrica. Em seguida são definidos os parâmetros tecnológicos: ponto de troca da ferramenta, características da ferramenta, sobremetal e usinagem (desbaste, acabamento, abertura de canais, abertura de rosca, etc). O processador interpreta as instruções inscritas pelo programador, controla a sintaxe (erros de formato) e executa todos os cálculos geométricos e tecnológicos necessários, gerando um arquivo, que constitui a entrada para a fase sucessiva. Nesta fase o programa pode ser considerado universal, pois é independente do tipo de máquina-ferramenta e do tipo de unidade de comando (ZERBONE, 1995).

Para que se tenha a compreensão de como é elaborado um programa automático, é apresentado a seguir uma programação automática com o uso do software UNICAM (usado no laboratório de automação da manufatura do CEFET-RJ).

Exemplo de programação assistida por computador

P2, (85,0) - Definição do ponto denominado P2 com coordenada 85mm e abscissa 0;

P1, (0,37.8)

P4, (0,0)

L1, LY, X85 - Linha 1 paralela ao à Y c/ distância de 85mm no eixo X;

L2, -LX, Y37.8

L3, P1, P4

PF1, P2, L1, ATE, L3 - Denominação do perfil 1;

PFB = PF1 - Perfil bruto é igual ao perfil 1

L4, LY, X25

L5, LY, X65

L6, -LX, Y15

L7, -LX, Y25

C1, (44.981, 68.142), R25 - Circulo 1 com suas coordenadas e raio;

PF2, P2, L1, CH2, L6, L8, L9, -C2, SI, L7, L4, CH3, (e3, PF1), (e4, PF1)

PFA = PF2

PTR = X 150, Y 150 - Ponto de troca da ferramenta

'CO = PDJNR-2020-M15 - Comentário sobre a ferramenta 1;

FERR1 = FCAT 3, DESB, FA 1, VC 180, PC 2.5, REFR ', AV 0.25, R 0.8, P1, AP 93, AF 55, M3, EXT, DIR, DS 2, CA 15 - Parâmetro da ferramenta 1;

DESBH - Desbaste no sentido horizontal do perfil 1.

Ainda neste módulo, após a programação, existe a possibilidade de verificação de erros de deslocamento através de uma simulação gráfica (figura II.9) mostrando todo o percurso da ferramenta. Nesta fase pode-se ter a certeza se o que esta sendo visto está em conformidade com o que intensionou-se programar. Quase que a totalidade dos erros pode

ser detectado com este módulo gráfico. As linhas contínuas mostram os vários passes no desbaste da peça e as linhas tracejadas mostram os deslocamentos rápidos.

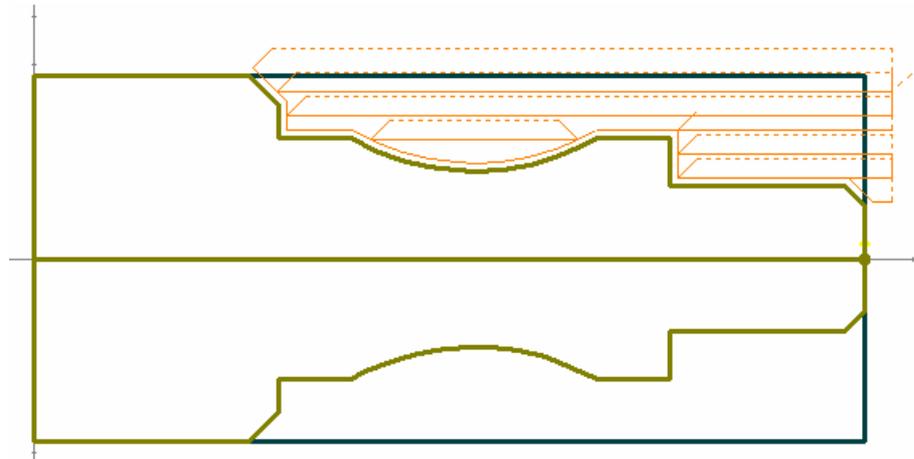


Figura II.9 - Uso do simulador gráfico
Fonte - Gerada durante o uso do software UNICAM

- Pós-processador – Este é um módulo específico para adaptar a solução geral fornecida pelo processador aos diversos tipos de máquinas-ferramenta a CNC. Pode-se então dizer que o pós-processador depende do tipo de máquina e do comando nos quais será trabalhada determinada peça. Em resumo, este módulo converte o que foi escrito na linguagem do software usado, para uma linguagem ISO reconhecida pela unidade de programação. A seguir temos trecho de um programa feito em linguagem UNICAM e agora transformado para linguagem ISO inteligível pela máquina a CNC.

```
%
N5 G99
N10 T0101;...DESBASTE..EXTERNO
N15 G54
N20 M12
N25 G0 X150. Z150.
N30 M6
N35 G96
N40 S220.
```

- Módulo de Transmissão (DNC) - Este módulo serve para transmitir o programa pós-processado (linguagem ISO), para a memória do CNC através de uma interface de comunicação, como por exemplo, uma porta serial RS232. Para pequenas distâncias (até 10m), basta o uso de um cabo paralelo; para distâncias maiores é necessário o uso de modem para que não se perca dados na transmissão. Esta comunicação pode ser feita do computador onde foi elaborado o programa para a máquina a CNC ou vice-versa (figura II.10). Isto é útil para se memorizar o programa transmitido com as correções durante a usinagem do lote de peças (HELLENO, A. L. e SCHÜTZER, K., 2003).

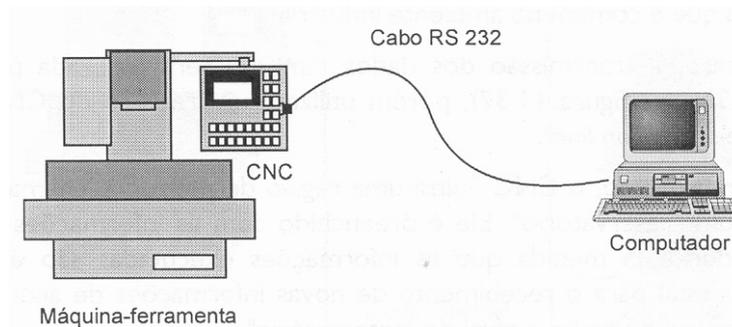


Figura II.10 – Métodos de geração do programa CNC
 Fonte – Usinagem em Altíssima velocidade, pág. 175

Vantagens da programação automática:

- a) Visto que todos os deslocamentos que eram feitos pelo programador (funções ISO), agora ficam sob responsabilidade do módulo processador do software e os prováveis erros podem ser detectados e eliminados com o uso do simulador gráfico; nesta modalidade de programação temos uma sensível redução dos erros de programação;
- b) Como a programação automática exige apenas a construção do perfil bruto, acabado e parâmetros tecnológicos (sem o uso das funções de programação) existe uma redução do tempo de programação;
- c) Para treinar um novo programador é necessário gastar um certo tempo, além da necessidade de um certo período de adaptação. PRESTON et al. (1984), apud COSTA e GLEBER (2006) ao analisarem a curva de aprendizagem entre processos convencionais e com tecnologias CAD-CAM observaram vantagens do processo automatizado sobre o convencional ao final dos primeiros seis meses de utilização. Na programação automática quase tudo é feito

por intermédio do software e se gasta um tempo muito menor de preparação do programador do que na programação manual.

II.6 – Preparação da Empresa

Após a decisão de implantar uma tecnologia nova dentro da empresa, é necessário que o gestor envolvido na inovação tome algumas medidas que assegure que este novo investimento tenha o sucesso esperado e o retorno financeiro desejado.

Salvo raras exceções, a maioria das implantações é feita com pouca ou nenhuma preparação para o recebimento da mesma. Esta preparação que antecede a aquisição precisa ser pensada sob dois aspectos fundamentais: a infra-estrutura dentro da empresa e o pessoal envolvido com este tipo de inovação de processo. A inexistência desta iniciativa pode gerar um ambiente que seja propício para o fenômeno de rejeição, já que todo ser humano de certa forma tem a tendência a reagir a mudanças. ANTONIO NEVES (2001) cita esta possibilidade quando diz que *“o homem fica cada vez mais desnortado diante das rápidas inovações tecnológicas que vão sendo incorporadas à vida cotidiana”* (NEVES, 2001, P.137).

BESSANT, PAVITT e TIDD (2001) em uma pesquisa sugerem que para inovar, os negócios precisam ser pro-ativos e o profissional deve ser capaz examinar o ambiente para identificar mudanças e oportunidades, deve estar aberto a desafio, e deve estar preparado para novas experiências. O mais importante de tudo: aprender é fundamental.

Discutir com os profissionais que possivelmente poderão ser envolvidos com a tecnologia a ser adquirida, mesmo antes da chegada do equipamento, com o objetivo de despertar interesse, é uma prática que tem se mostrado bastante eficiente para aquelas empresas que projetam a implantação. Uma estratégia a ser adotada nesta fase é o de promover palestras participativas com todas as pessoas, que serão a princípio, os clientes deste novo sistema. Deve-se ressaltar as vantagens que este tipo de inovação irá gerar para o crescimento da empresa, como por exemplo, um novo posicionamento em relação à competitividade; porém nunca esquecendo de ressaltar as limitações, pois acontece freqüentemente ser cultivado pela alta gerência a idéia de que o Comando Numérico deve ter

o compromisso de resolver todos os problemas de manufatura com facilidade, já que se trata de uma máquina cara e de alta tecnologia.

Embora não seja vital que gerência participe dos cursos de programação e operação, é muito importante que eles recebam um treinamento básico em CNC, pois assim poderão ver as vantagens e entender que é necessário investir também em todas as tecnologias afins a esta nova área. Como exemplo, pode-se citar o uso de tecnologia de corte com ferramentas de “metal duro” (carboneto de tungstênio).

Atualmente empregam-se ferramentas de carboneto de tungstênio, que operam com altíssimas velocidades de corte (SANTOS, et al., 2003).

Para fazer uma boa aquisição de uma máquina a CNC é necessário, a priori, fazer uma pesquisa de mercado para identificar as características técnicas que cada equipamento pode oferecer. Isto é consideravelmente mais complexo do que fazer uma escolha para adquirir um equipamento convencional. Com a grande aceitação existente no mercado para este tipo de tecnologia, atualmente existe uma grande variedade de máquinas a CNC que podem fazer o mesmo tipo de usinagem, portanto a escolha deve ser criteriosa para não se gastar mais do que é necessário e direcionar a compra sempre que possível para um sistema personalizado.

Uma maneira para determinar se um sistema (ferramenta/máquina–ferramenta/dispositivo de fixação) está em condições de fabricar determinada peça de acordo com as exigências requeridas é o levantamento de sua capacidade (FILHO, J., 2003). A grande vantagem de se conhecer o índice de capacidade de um sistema está no fato de se saber antecipadamente a possibilidade ou não de obter determinado grau de qualidade, ou seja, saber que condições de fabricação que estão à disposição.

Existe ainda uma grande dificuldade por parte dos empresários de entenderem que um sistema a CNC deve ser usado preferencialmente para a produção de pequenos e médios lotes. A partir do momento em que a característica principal desejada para o sistema a ser adquirido é apenas o grande aumento da produção, o ideal seria direcionar a compra para uma máquina dedicada (automática) e não uma máquina a CNC que é considerado um sistema flexível usado para lotes menores.

Quando se trabalha exclusivamente para terceiros (a empresa não tem um produto próprio), a velocidade de atendimento aos clientes que contratam o serviço é um parâmetro de grande relevância, por isso deve-se procurar saber se o “set-up” da máquina (tempo de preparação para usinagem) é uma rotina fácil de ser executada.

O tempo de set-up ou preparação consiste em quatro componentes básicos aplicados a máquinas e linhas de produção: (i) preparação e acabamento; (ii) montagem e remoção de ferramentas e acessórios; (iii) calibragem, medição e ajustamento; e (iv) testes e ajustamento (TIGRE, 2006).

Considerando que para pequenos lotes o tempo de usinagem acaba sendo insignificante quando comparado com o tempo de preparação de máquina (que é o mesmo tanto para pequenos e grandes lotes) e que um grande volume de peças acarreta em um custo menor por unidade, conclui-se que a escolha de peças a ser usinada no CNC está necessariamente ligada a uma geometria complexa, para que se justifique um preço maior (COSTA; ZEILMANN e SCHIO, 2004).

Atividade complexa, a inovação tecnológica é constituída de várias fases: a) percepção de um problema ou de uma nova oportunidade (que envolve a identificação, a pesquisa e a avaliação das idéias para solucionar o problema encontrado ou encontrar a oportunidade); b) elaboração dos projetos do produto e do processo; e c) implementação, que passa pela aquisição e preparação dos recursos de manufatura, produção inicial, até a aceitação comercial do produto, serviço ou processo que incorpore as soluções encontradas e a sua sustentação no mercado (BARBIERI, 1997).

Além de analisar cada uma destas fases, pode-se também estudar a Viabilidade Técnica e Econômica da utilização da tecnologia a CNC, que é útil para se tomar uma decisão de investir ou não nesta tecnologia para a manufatura de peças. Olhando a decisão sobre uma ótica puramente técnica, alguns questionamentos seriam muito úteis no momento de inovação do processo (ZERBONE, 1991):

- *As peças são complexas?*

Este questionamento conduz a seguinte reflexão: se as peças não são complexas, não se pode cobrar um custo maior do que aquele que é cobrado quando elas são confeccionadas em uma máquina convencional, logo um equipamento sofisticado estaria sendo sub-utilizado quando usado para usinagem de peças simples.

- *As velocidades de corte são elevadas ?*

Um equipamento convencional, devido ao projeto de sua estrutura, não foi concebido para trabalhar em alta velocidade de corte. A utilização de ferramentas de corte modernas (metal duro) usadas em CNCs é a combinação perfeita para uma melhor otimização do processo.

- *O tempo de usinagem é elevado ?*

O grande ganho que se obtém na utilização de equipamentos a CNC está na otimização dos tempos mortos. Em um sistema convencional o operador deslocaria a ferramenta com uma velocidade em torno de 1m/min. Em uma máquina a CNC este deslocamento seria feito a 10m/min, o que reduz sensivelmente o tempo total de usinagem.

- *As peças têm tolerâncias difíceis de serem obtidas em máquinas convencionais ?*

Para se obter tolerâncias rigorosas em um sistema convencional, fica-se na dependência da experiência do profissional. Já em um sistema automatizado elimina-se ao máximo a interferência do operador nos elementos construtivos deste sistema, que são bastante precisos.

- *Os lotes são pequenos ou médios ?*

Se o tamanho do lote é grande, ao invés de se optar por CNC, deve-se usar um sistema que foi construído para esta finalidade (máquina automática ou transfer).

- *Os lotes se repetem ? Há necessidades de mudanças freqüentes nas peças ?*

A facilidade de se preparar a máquina para usinagem de um lote que se repete com freqüência é muito maior quando se usa tecnologia a CNC, pois com os recursos da informática, todos os programas podem ser armazenados e utilizados quando convier.

- *O controle de qualidade é demorado e muito caro ?*

Como a intervenção do operador é pequena, seu tempo ocioso pode ser utilizado para efetuar o controle das medidas capitais, o que diminui o controle de qualidade. A repetibilidade do sistema também contribui bastante neste item.

Para cada questionamento relacionado, seria possível tecer uma série de considerações pertinentes justificando o porque fazer parte desta lista, porém de um modo geral, se a maioria das respostas forem afirmativas, a tendência será o uso do CNC, salvo resultado negativo de um estudo mais profundo.

Conforme comentado na página 25 deste capítulo, é apresentado na tabela II.1 as principais funções preparatórias (funções G) e funções miscelâneas (funções M).

Tabela II.1 – Funções de programação do comando Mach 9

Funções preparatórias - G	
G00	Interpolação linear com avanço rápido
G01	Interpolação linear com avanço programado
G02	Interpolação circular no sentido horário
G03	Interpolação circular no sentido anti-horário
G04	Tempo de permanência
G40	Cancela a compensação do raio da ferramenta
G41	Ativa compensação do raio da ferramenta à esquerda
G42	Ativa compensação do raio da ferramenta à direita
G70	Programação das dimensões em polegada
G71	Programação das dimensões em milímetro
G90	Programação em coordenadas absolutas
G91	Programação em coordenadas incrementais
Funções Miscelâneas - M	
M00	Parada do programa
M01	Parada opcional do programa
M03	Giro do eixo-árvore no sentido horário
M04	Giro do eixo-árvore no sentido anti- horário
M05	Parada do eixo-árvore
M06	Troca da ferramenta
M08	Liga o óleo refrigerante
M09	Desliga o óleo refrigerante
M30	Fim do programa com rebobinamento da memória

Fonte – Manual de programação e operação do comando Mach 9

CAPÍTULO III

TIPO DE PROFISSIONAL QUE ATUA EM EQUIPAMENTOS COM TECNOLOGIA A CNC

Entendendo que o bom funcionamento do CNC depende em grande parte dos profissionais envolvidos, é necessário avaliar o pessoal que estará ligado diretamente a esta nova filosofia de manufatura, criando ou adaptando novas funções e fazendo também uma análise criteriosa do perfil do programador e do operador para assim poder montar um programa de formação adequada antes da máquina chegar (treinamento personalizado). Esta avaliação torna-se importante, pois o profissional que anteriormente atuava em máquinas convencionais na indústria que sofreu a inovação em seu processo produtivo, precisa de adaptação nos equipamentos recém-adquiridos (programação e operação) bem como treinamento em diversas áreas afins, para uma melhor otimização do sistema implantado.

LUNDVALL (1988) em um de seus artigos (The Globalising Learning Economy: Implications for Small and Medium Sized Enterprises) mostra que *“a chave para o sucesso da inovação é ter uma base de conhecimento forte inclusive uma capacidade de P&D e uma força de trabalho bem treinada. Adaptação para mudar pode tomar muitas formas...”*. (LUNDVALL, 1988, p.3).

III.1 – Noção de Competência em CNC

Ao tratar o item formação profissional, mesmo sem um aprofundamento, torna-se necessário focalizar a função das competências mesmo considerando que *“na verdade, a infinidade de noções de diferentes ordens e vertentes, sejam elas provenientes de uma visão das organizações ou do setor educacional, provoca dúvidas e entraves na adoção de uma abordagem por competências”* (SILVA, M., 2004). LE BOTERF (2003) de certa forma corrobora com esta visão quando mostra que as competências requeridas em situação normal não são as mesmas exigidas em situação de perturbação.

PERRENOUD (1999) define competência com enfoque na educação e diz que: *“É uma capacidade de agir eficazmente em um determinado tipo de situação, apoiada em conhecimentos, mas sem limitar-se a eles”* (PERRENOUD, 1999, p.7).

Alguns conceitos apresentam pontos em comum como é o caso do documento Básico do ENEM, que define uma certa relação entre competências e habilidades.

“Competências são as modalidades estruturais da inteligência, ou melhor, ações e operações que utilizamos para estabelecer relações com e entre objetos, situações, fenômenos e pessoas que desejamos conhecer. As **habilidades** decorrem das competências adquiridas e referem-se ao plano imediato do ‘saber fazer’. Por meio das ações e operações, as habilidades aperfeiçoam-se se articulam, possibilitando nova reorganização das competências” (ENEM, 2000, p.7).

Cabe mencionar que a OIT (Organização Internacional do Trabalho) tem definido o conceito de Competência Profissional como a aptidão para realizar uma tarefa, ou exercer um posto de trabalho eficazmente, por possuir as qualificações requeridas para ele. Neste caso, os conceitos de competência e qualificação associam-se fortemente, dado que se considera a qualificação como a capacidade adquirida para realizar um trabalho, ou exercer um posto de trabalho (VALLE, 2003).

Mesmo sabendo das divergências de alguns estudiosos no que diz respeito aos conceitos utilizados dentro do tema competência, neste trabalho adotou-se a linha de raciocínio seguida por LE BOTERF (2003) em sua obra *Desenvolvendo a Competência dos Profissionais* vendo a competência com o olhar direcionado ao trabalhador e não ao posto de trabalho.

III.1.1 – O Saber e o Saber-fazer

A instrumentalização de recursos pessoais é constituída por saberes, saber-fazer, aptidões ou qualidades e por experiência acumulada (LE BOTERF, 2003). Já que as aptidões ou qualidades pessoais são recursos mais difíceis de se expressar, optou-se neste trabalho em não tratar o recurso saber ser (proveniente de uma situação dada, o indivíduo não “detem”) e sim os saberes e o saber-fazer no âmbito das competências para o operador e o programador de máquinas a CNC.

Segundo LE BOTERF (2003), os saberes estão divididos em saberes teóricos, saber do meio e saberes procedimentais.

Saberes teóricos - Estes servem para entender um fenômeno, um objeto, uma situação, uma organização ou um processo. O saber teórico é necessário para explicar as anomalias e orientar as decisões, as iniciativas a serem tomadas;

Saberes do meio – É o saber que trata dos dispositivos sociotécnicos nos quais o profissional age (referem-se ao contexto no qual o profissional intervém).

Saberes procedimentais – É o saber que permite dispor de regras para agir (como funciona). Ele propõe um guia de instruções para um sujeito individual ou coletivo.

O saber-fazer podem ser divididos em saber-fazer formalizados, saber-fazer empíricos, saber-fazer relacionais e saber-fazer cognitivos.

Saber-fazer formalizados – São constituídos por condutas, métodos ou instrumentos cuja aplicação prática o profissional domina. Não se trata de saber descrever o procedimento e sim dominar a sua aplicação. São exemplos de saber-fazer formalizados ligados às atividades dos profissionais que atuam em um sistema a CNC:

- Saber ler e entender o desenho da peça a ser usinada;
- Saber modificar os corretores da ferramenta usada no programa;
- Saber tornear as castanhas para fixar a peça.

Saber-fazer empíricos – É o saber oriundo da ação. Compreende as lições tiradas das experiências. Só pode ser produzido se houver uma ação.

Saber-fazer relacionais – Ocorre em relação a um conjunto de situações semelhantes ou próximas.

Saber-fazer cognitivos – Correspondem a operações intelectuais necessárias à formulação, à análise e a resolução de problemas, à concepção e à realização de projetos, à tomadas de decisão, à criação ou a inovação.

Ao destacar a importância que tem sido dedicada a este assunto RAMOS (2002) nos lembra também que com o advento de novas tecnologias e sistemas de organizações do trabalho,

a qualificação entrou numa fase em que, sob alguns aspectos, é tomada como pressuposto da eficiência produtiva; por outros, ela tende a ser abandonada como conceito organizador das relações de trabalho e de formação, dando lugar à noção de competência. Alguns aspectos passam a ser valorizados em nome da eficiência produtiva: os conteúdos reais do trabalho, principalmente aqueles que transcendem ao prescrito e às qualidades dos indivíduos, expressas pelo conjunto de saberes e de saber-fazer realmente colocado em prática, incluindo, para além das aquisições de formação, seu atributos pessoais, as potencialidades, os desejos, os valores (RAMOS, 2002, p.52)

LE BOTERF (2003) mostra dois modelos de competência que interferem atualmente nas práticas de gestão:

No *primeiro modelo*, herdado das concepções tayloristas e fordistas, o sujeito é considerado como um operador cuja competência se limita a saber executar operações de acordo com a prescrição. A competência se limita a um saber fazer descritível em termos de comportamento esperado e observável. Uma competência se descreve com uma malha estrita e coerente com o parcelamento do saber-fazer. Neste modelo, a competência é objeto de um gerenciamento pelo controle.

No *segundo modelo*, prefigurando, talvez, o que se instala com a escalada da economia de serviço, o sujeito é considerado mais como um ator do que como um operador. O profissional competente é aquele que sabe ir além do prescrito, que sabe agir e, portanto, tomar iniciativas. Diante das ações requeridas, considera-se que existem várias maneiras de ser competente e que diversas condutas podem ser pertinentes (LE BOTERF, 2003. p.90).

Na pesquisa de campo para composição deste trabalho, pôde-se observar que em algumas configurações encontradas no mercado que atuam os programadores e operadores, esses dois modelos se fundem.

BRAVERMAN (1974), apud VALLE (2003) critica o primeiro modelo dizendo que a competição intercapitalista, ao revolucionar permanentemente os meios técnicos de trabalho, havia transformado os operários em apêndices das máquinas. De certa forma, a automatização rompe com o modelo taylorista, no qual o operador era isolado com a função de executar uma série de operações predefinidas e neste modelo o profissional era visto como um indivíduo sem características próprias, mas como um conjunto de capacidades adequadas à ocupação de um posto específico. A comunicação era um fato com pouca relevância. A ruptura com o modelo antigo bota por terra este isolamento do homem em seu posto de trabalho e a partir daí “a comunicação em torno dos eventos e do serviço aproxima e leva a compartilhar (os saberes, as ações, as responsabilidades, as avaliações)” (ZARIFIAN, 2001, p.56).

Quando RAMOS (2002) trata deste assunto mostra que com a comunicação “ocorre à articulação entre competência individual e a competência coletiva, fator fundamental para o amadurecimento e desenvolvimento da própria competência individual (...)” (RAMOS, 2002, p.95).

Considerando a tecnologia a CNC como um sistema automatizado, o operador deve estar sempre alerta a qualquer tipo de falha ou em qualquer situação de emergência que requer uma intervenção, pois se o sistema é repetitivo, caso ocorra um erro, este se reflete em todo o lote de peça. ZARIFIAN (2001) consegue resumir tudo isto explicando o que significaria trabalhar: “Trabalhar é, fundamentalmente, estar em expectativa atenta com os eventos³, é pressenti-los e enfrentá-los, quando ocorrem. Enfrentá-los com sucesso, dominando o evento, permitindo que a produção seja retomada de acordo com os critérios previstos” (ZARIFIAN (2001, p.41).

SILVA, M., (2004), ao focar o item construção de uma competência, alerta que ela passa por um processo de acumulação e assimilação de conhecimentos. Toda e qualquer competência constrói-se a partir de situações práticas, ou seja, todo o conhecimento adquirido só faz sentido se puder ser mobilizado de forma pertinente e eficaz em uma situação real.

A situação complexa definida por LE BOTERF (2003) ao falar do conceito de profissional, mostra uma relação com resolução de problemas, sintonizada com os saber-fazer cognitivos visto que estes correspondem a operações intelectuais necessárias à formulação, à análise e à resolução de problemas e à tomada de decisões. Ainda dentro deste raciocínio fala de uma imagem para poder entender o seu significado: “As capacidades cognitivas constituem uma espécie de “caixa de ferramenta” a partir das quais várias combinações são possíveis para se adaptar permanentemente às características e à evolução das situações profissionais” (LE BOTERF, 2003, p.123). Nesta metáfora, ao se comparar dois profissionais que tiveram a oportunidade de participarem dos mesmos tipos de treinamentos, ou seja, possuem as mesmas “caixas de ferramentas”, pode-se observar que no momento que enfrentarem o mesmo tipo de problema provavelmente terão soluções diferentes. ROGÉRIO VALLE (2003)

³ Um evento é alguma coisa que sobrevém de maneira parcialmente imprevista, não programada, mas de importância para o sucesso da atividade produtiva (Zarifian, 2001, p.41)

ratifica esta idéia fazendo o mesmo comentário com outras palavras: *“indivíduos com a mesma titulação podem ter desempenhos bem diferentes num mesmo cargo”* (VALLE, 2003, p.172).

Segundo PERRENOUD (1999, p.27) o saber-fazer tem a ele associadas três conseqüências:

- Saber-fazer já existe independente de um conhecimento procedimental;
- Todo saber-fazer é uma competência, contudo, uma competência pode ser mais complexa, articulando-se com conhecimentos teóricos.
- Em casos onde que mobilizam competências e conhecimentos, o saber-fazer é mobilizável por uma ou mais competências de nível mais alto.

Em um ambiente CNC, durante a realização das tarefas diárias, um operador ou programador, por estar atuando em um sistema complexo, se depara com problemas simples (de resolução imediata) e problemas complexos (que exige um raciocínio bem maior). Contudo, a noção de competência esta presente nos dois casos (SILVA, M., 2004).

III.2 – Formação dos operadores

Algumas experiências desastrosas em indústrias que adquiriram a tecnologia do CNC, pode ter tido como causa inicial o pensamento equivocado de que o operador de um sistema a Comando Numérico deve apenas limitar-se somente a trocar peças ao final da usinagem. *“A competência profissional não pode mais enclausurada em definições prévias de tarefas a executar em um posto de trabalho”* (ZARFIAN, 2001, p.42).

RICARDO TAUILE (2005) em seu artigo: *A revolução tecnológica da microeletrônica: seus impactos sobre o trabalho e a produção*, relata uma experiência que ilustra um dos aspectos importantes da mudança de natureza das atividades profissionais:

“Uma aula de retreinamento de operadores de MFU (a que o autor assistiu), para torná-los capazes de operar MFCN, versava sobre números relativos. Quando perguntados por que ensinavam o tópico naquele curso, os instrutores explicaram que qualquer máquina tem uma folga, por menor que seja. Em um equipamento eletromecânico convencional, a folga é compensada sistematicamente no campo positivo com a ferramenta andando para frente a cada passo da usinagem. Já com as MFCN, como não existe intervenção direta do operador sobre a ferramenta (e desta sobre a peça), ele deve ter capacidade de abstração para imaginar o processo ocorrendo como um todo, de modo que, a priori, possa promover um sistema de compensações de folgas com a ferramenta atuando em várias e diversas direções. Ou seja, fundamental aqui é promover a capacidade de abstração do operador dos novos equipamentos, para que ele possa entender o funcionamento como um sistema de produção.

Qualificações técnicas já codificadas e normatizadas passam a ser substituídas por competências cognitivas, sendo algumas delas de caráter tácito” (TAUILE, 2005 - Site MULTIRIO).

Os documentos de origem usados para elaboração de parte do formulário único dedicado a obter informações sobre os profissionais que operam tornos a CNC e centros de usinagem a CNC, foram os conteúdos programáticos dos referidos cursos apresentados nos quadros a seguir (usados no CEFET/RJ) de acordo com as noções de competência mostrada no início deste capítulo.

Quadro III.1 – Conteúdo programático de operador de torno a CNC

Operador de torno a CNC	
<i>Conteúdo</i>	<i>Tipo de recurso incorporado ao profissional</i>
Evolução das Máquinas-ferramenta	Saber teórico
Meios de Entrada de Dados	Saber teórico
Sistemas de Coordenadas	Saber teórico
Fases da Programação	Saber procedimental
Funções de Programação da Unidade de Comando	Saber do meio
Procedimento para a Elaboração do Esquema de Ferramentas	Saber procedimental
Procedimentos operacionais : Zeramento da máquina, Zero-peça, zeramento das ferramentas e preenchimento de tabelas.	Saber-fazer formalizado, empírico e cognitivo
Torneamento de Castanhas	Saber-fazer formalizado
Modificação de Corretores	Saber-fazer formalizado
Procedimentos para execução de uma peça (teste de programa elaboração de gráficos);	Saber-fazer cognitivo
Execução de Tarefas Práticas (contendo faceamento, torneamento cilíndrico, etc.)	Saber-fazer cognitivo
Obs: Nos projetos das tarefas a serem executadas deverão conter todas as operações usadas no torno (faceamento, torneamento cilíndrico, etc.)	

Quadro III.2 – Conteúdo programático de operador de centro de usinagem a CNC

Operador de centro de usinagem a CNC	
<i>Conteúdo</i>	<i>Tipo de recurso incorporado ao profissional</i>
Evolução das Máquinas-ferramenta	Saber teórico
Meios de Entrada de Dados	Saber teórico
Sistemas de Coordenadas	Saber teórico
Fases da Programação	Saber procedimental
Funções de Programação da Unidade de Comando	Saber do meio
Procedimento para a Elaboração do Esquema de Ferramentas	Saber procedimental
Procedimentos operacionais : Zeramento da máquina, Zero-peça, zeramento das ferramentas e preenchimento de tabelas	Saber-fazer formalizado, empírico e cognitivo
Sistema de fixação de peças	Saber-fazer formalizado
Modificação de Corretores	Saber-fazer formalizado
Procedimentos para execução de uma peça (teste de programa elaboração de gráficos)	Saber-fazer cognitivo
Execução de Tarefas Práticas	Saber-fazer cognitivo
Uso de ciclos fixos	Saber teórico
Obs: Nos projetos das tarefas a serem executadas, deverão conter todas as operações usadas no centro de usinagem (furação simples, furação profunda, mandrilamento, uso do alargador, rosqueamento, fresagem de superfícies, execução de retículos,etc.)	

Esses conteúdos, possuem vários pontos em comum com disciplinas semelhantes ministradas por outras instituições que também introduziram em suas grades curriculares o segmento CNC (como por exemplo o programa de CNC da Universidade de Caxias do Sul - www.ucs.br/etfar e o conteúdo programático do SENAI/RJ), existindo entre eles pequenas variações. No CEFET/RJ estes conteúdos são ensinados nas seguintes disciplinas

- Automação em Usinagem 1 do curso técnico de mecânica;
- Automação em usinagem 2 do curso técnico de mecânica;
- Automação industrial I do curso de engenharia mecânica.

Competências necessárias ao operador de CNC

O conjunto de competências necessárias que um operador de máquinas a CNC deve possuir para execução de tarefas em seu posto de trabalho, poderia ser dividido em três categorias: Operador com perfil mínimo, desejado e competitivo.

Perfil mínimo

- Ter sido bom operador de máquinas convencionais, já que será confiada a ele a responsabilidade de trabalhar em um equipamento de um custo elevado;
- Saber usar instrumentos de medição convencionais;
- Saber atuar nas principais partes do painel de controle, que possibilitam à operação da máquina (potenciômetro para o avanço, potenciômetro para a rotação, botão de parada do programa, botão de partida do programa e botão de emergência);
- Saber ler e interpretar um desenho técnico de mecânica;

Perfil desejado

- Possuir todos os conhecimentos anteriores;
- Preparar a máquina para usinagem (zeramento das ferramentas e fazer zero-peça);
- Usinar a peça teste (peça para calibrar a máquina);
- Ter experiência na utilização de ferramentas de corte especialmente em metal duro, já que este tipo de equipamento trabalha com alta velocidade de corte, o que não seria possível com ferramentas de aço rápido (ferramentas convencionais – de baixa dureza);

- Dominar os instrumentos de precisão pertinentes à tarefa a ser executada, pois com o tempo ocioso (de uma peça para outra) o operador pode atuar no controle de qualidade. Para isso precisa dominar o uso do micrômetro, rugosímetro e instrumentos especiais;
- Dominar operações com números relativos, que é um procedimento operativo quase que constante durante a usinagem de um lote, devido ao desgaste natural que ocorre na ferramenta. Com este procedimento é possível alterar as medidas da peça seguinte sem alteração do programa original.
- Dominar todo o sistema operativo da máquina, pois desta característica depende a rapidez em executar um lote de peça;
- Possuir conhecimento sobre os principais parâmetros de corte e atuar modificando-os quando necessário. Isto permite explorar ao máximo o equipamento usado e evitar qualquer tipo de colisão;
- Ter noção de programação do equipamento que está operando;
- Conhecer as características técnicas do equipamento a ser operado;

Perfil competitivo

- Possuir todos os conhecimentos anteriores;
- Possuir sólidos conhecimentos em desenho técnico, inclusive erros de forma e posição, para possibilitar possíveis modificações quando necessárias;
- Ter noções de pneumática, hidráulica e noções de manutenção da máquina, pois um equipamento moderno, mesmo sendo usado pela mecânica possui componentes pneumáticos e hidráulicos. Possuindo estes conhecimentos, pode-se evitar que um equipamento de custo elevado fique ocioso por defeitos considerados insignificantes (por exemplo: regular a pressão de aperto da placa);
- Saber programar a unidade que opera;
- Ser um profissional motivado, criativo e de iniciativa;
- Ter conhecimento em informática;
- Conhecer programação assistida por computador.

III.3 - Formação dos programadores

Como não existe nenhuma função similar ao programador de máquina a CNC em uma empresa que usa equipamentos convencionais, esta será provavelmente a única função a ser criada na implantação desta nova tecnologia, sendo em grande parte dos casos escolhido dentro da própria empresa.

Em uma pesquisa em ambiente CNC, SIMON; MAESTRELLI e AGOSTINHO (2003), verificaram que ocorria uma perda de tempo significativa durante a execução de determinadas atividades relacionadas com a preparação da máquina. Detectou-se que as maiores parcelas dos tempos improdutivos estavam relacionadas com as atividades de elaboração do programa CNC, transferência do programa para a máquina e com a ajustagem das ferramentas de corte. Ou seja, com atividades específicas à operação de máquinas-ferramenta a CNC.

Durante algum tempo defendia-se a idéia de recorrer a serviços de terceiros na área de programação, porém normalmente isto gerava dificuldades, pois o Comando Numérico exige a presença do programador continuamente ao lado da máquina, fazendo as modificações buscando sempre à máxima otimização necessária para se obter uma peça com alta qualidade, confeccionada em um curto tempo e de maneira econômica.

De maneira similar, tal como foi mencionado na sessão sobre operadores, o mesmo documento registrou as informações sobre o profissional que atua dentro da empresa com programador de torno a CNC e centro de usinagem a CNC e teve como origem as mesmas disciplinas já listadas. A seguir, são apresentados os conteúdos programáticos dos cursos ministrados que foram articulados com as noções de competência, conforme demonstra nos quadros a seguir.

Quadro III.3 – Conteúdo programático de programador de torno a CNC

Programador de torno a CNC	
<i>Conteúdo</i>	<i>Tipo de recurso incorporado ao profissional</i>
Fases da programação	Saber teórico
Tipos de máquinas a CNC	Saber teórico
Sistemas de Coordenadas	Saber teórico
Parâmetros de corte para torneamento	Saber procedimental
Funções de Programação da Unidade de Comando	Saber do meio
Programas tarefa: Faceamento, torneamento cilíndrico, torneamento cônico, abertura de canais, abertura de rosca, interpolação circular, usinagem interna, uso do contraponta e programação com ciclos fixos.	Saber-fazer formalizado, empírico e cognitivo
Procedimento para a Elaboração do Esquema de Ferramentas para torno a CNC.	Saber procedimental
Procedimentos operacionais : Zeramento da máquina, Zero-peça, zeramento das ferramentas e preenchimento de tabelas	Saber-fazer formalizado, empírico e cognitivo
Modificação de Corretores	Saber-fazer formalizado
Procedimentos para execução de uma peça (teste de programa elaboração de gráficos)	Saber-fazer cognitivo
Execução de Tarefas Práticas	Saber-fazer cognitivo
Obs: Nos projetos das tarefas a serem executadas, deverão conter todas as operações usadas no centro de usinagem (faceamento, torneamento cilíndrico, etc.)	

Tabela III.4 – Conteúdo programático de programador de centro de usinagem a CNC

Programador de centro de usinagem a CNC	
<i>Conteúdo</i>	<i>Tipo de recurso incorporado ao profissional</i>
Fases da programação	Saber teórico
Tipos de máquinas a CNC	Saber teórico
Sistemas de Coordenadas	Saber teórico
Parâmetros de corte para fresamento	Saber procedimental
Funções de Programação da Unidade de Comando	Saber do meio
Programas- tarefa: Fresagem de superfície, Fresagem usando interpolação circular, Furação simples e com quebra cavaco, Mandrilamento, Abertura de rosca, Retículos lineares e circulares e Uso de sub-rotinas	Saber-fazer formalizado, empírico e cognitivo
Procedimento para a Elaboração do Esquema de Ferramentas para centro de usinagem a CNC.	Saber procedimental
Procedimentos operacionais : Zeramento da máquina, Zero-peça, zeramento das ferramentas e preenchimento de tabelas	Saber-fazer formalizado, empírico e cognitivo
Sistema de fixação	Saber-fazer formalizado
Modificação de Corretores	Saber-fazer formalizado
Procedimentos para execução de uma peça (teste de programa elaboração de gráficos)	Saber-fazer cognitivo
Execução de Tarefas Práticas	Saber-fazer cognitivo
Obs: Nos projetos das tarefas a serem executadas, deverão conter todas as operações usadas no centro de usinagem (furação simples, furação profunda, mandrilamento, uso do alargador, rosqueamento, fresagem de superfícies, execução de retículos, etc.)	

O conjunto de competências necessárias que um programador de máquinas a CNC deve possuir para preparar os programas, poderia também ser dividido em três categorias: Programador com perfil mínimo, desejado e competitivo.

Perfil mínimo

- Saber usar os instrumentos convencionais, já que em alguns casos o programa precisa ser feito a partir de um modelo;
- Saber ler e interpretar um desenho técnico de mecânica;
- Conhecer todas as funções de programação da unidade de comando;
- Ter concluído o ensino médio;
- Possuir conhecimento para cálculos usando geometria e trigonometria;
- Ter noções de operação (conhecer as rotinas usadas pelo operador);
- Possuir conhecimento de metal duro que permita escolher a ferramenta ideal.

Perfil desejado

- Possuir todos os conhecimentos anteriores;
- Ter sido bom operador de máquinas convencionais;
- Possuir conhecimentos de todos os produtos que serão manufaturados pelo novo sistema;
- Ter concluído o curso técnico de mecânica;
- Ter grande domínio na resolução de problemas usando geometria e trigonometria;
- Ter experiência na utilização de ferramentas de corte especialmente em metal duro;
- Possuir conhecimentos sobre os principais parâmetros de corte;
- Possuir sólidos conhecimentos de programação/operação da máquina;
- Conhecer sistemas de fixação de peças e dispositivos especiais.

Perfil competitivo

- Possuir todos os conhecimentos anteriores;
- Saber transmitir os conhecimentos adquiridos, pois provavelmente será um elemento considerado como um multiplicador para treinar outros profissionais deste segmento;
- Ter noções de pneumática e hidráulica (quando desempenha também o papel de operador);

- Saber escolher o tipo de metal duro em função do material, parâmetros de corte, geometria a ser usada;
- Ter conhecimentos em microinformática;
- Ser um profissional motivado, criativo e de iniciativa;
- Ter conhecimentos sobre programação automática, já que a pesquisa mostrou uma tendência das empresas que adquirirem máquinas a CNC implantarem sistema de programação assistida.

Concordando que uma máquina a CNC é considerada mais complexa que um sistema convencional, é de se esperar que a busca deve ser por profissionais que saibam administrar a complexidade. Nas entrevistas com responsáveis pelo setor de CNC, pôde se perceber a preocupação em treinamento de pessoal, se alinhando com o pensamento de LE BOTERF (2003) quando comenta a hipótese de que a empresa de sucesso será aquela que, na base de seu projeto específico, souber atrair e desenvolver os melhores profissionais.

TIGRE (2006) ao comentar sobre a natureza do conhecimento lembra que ele é usualmente dividido em codificada e tácita.

O conhecimento codificado é mais fácil de se transferir, mas sua rápida evolução limita seus benefícios para quem não adquire a capacitação necessária para aprender a decodificar o conhecimento. A decodificação cria a possibilidade de transformar informação em mercadorias, mas seu valor será muito limitado para aqueles que não tem a capacitação necessária para compreender e utilizar produtivamente o conhecimento (TIGRE, 2006, p.104).

O conhecimento codificado é apresentado sob forma de informações, por meio de manuais, livros, revistas técnicas, fórmulas matemáticas, documentos de patente, bancos de dados, etc.. A codificação permite que o conhecimento seja transmitido, manipulado, armazenado e produzido. Já o conhecimento tácito envolve habilidades e experiências pessoais ou de grupo, apresentando um caráter mais subjetivo. Tal conhecimento dificilmente é passível de transmissão objetiva e, portanto, não pode ser facilmente transformado em informação. O conhecimento tácito permite a diferenciação da capacitação entre diferentes empresas, pois constitui uma vantagem competitiva única.

CAPÍTULO IV

MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa persegue o objetivo de analisar as deficiências que surgiram entre o período das primeiras máquinas a CNC implantadas no Brasil e os equipamentos atuais com mais recursos advindo com a evolução da informática industrial conforme explicitado no item *Contribuição da Informática Industrial para as Unidades de Comando*. A pesquisa é participante, descritiva e utilizou técnica qualitativa com tratamento e análise de dados quantitativos.

Embora a pesquisa tenha sido elaborada para a área metal-mecânica, o que já direciona bastante o foco, mesmo assim, ao estudar a tecnologia a CNC estaríamos incluindo todos os equipamentos (tornos, centros de usinagem, fresadoras, prensas, retíficas, puncionadeiras, etc.). Por isso, dentro do segmento de CNC para usinagem, as funções pesquisadas foram: programadores e operadores para tornos e centros de usinagem a CNC.

A preocupação em relação ao nível de envolvimento do pesquisador e a qualidade da pesquisa, levou a refletir sobre o comentário de GIL (1999) que diz que quanto mais as observações se afastam da realidade física, maior as possibilidades de distorção. Ao pensar em se afastar do modelo clássico de pesquisa empírica (muito criticado por vários autores) e com a finalidade de poder possibilitar a obtenção de resultados mais relevantes, entre alguns modelos alternativos de pesquisa que vêm sendo propostos, optou-se em adotar por uma pesquisa participante. Neste tipo de pesquisa, leva-se em consideração as aspirações e potencialidades de conhecer e agir dos operários (MARCONI e LAKATOS, 1996).

Sabendo que cada pesquisa tem um objetivo específico, dentre os três níveis apresentados por SELLTIZ et al. (1967), apud GIL (1999): Descrição, classificação e exploração, verificou-se que a pesquisa descritiva seria a mais adequada ao objetivo proposto, pois é aquela que se preocupa com a atuação prática. Especificamente no caso do operador

de máquinas a CNC, quase todos os dados a serem explorados foram relacionados com a sua atuação prática em seu posto de trabalho.

As técnicas usadas para a coleta de dados da pesquisa foram: o formulário, a observação e a entrevista. Durante a fase de aplicação do formulário, em alguns momentos detectou-se uma certa insegurança na resposta que, através da observação pode-se comprovar ou não a veracidade das mesmas. Esta observação direta feita pelo entrevistador no posto de trabalho do entrevistado fez parte da terceira parte da visita efetuada em cada empresa.

IV.1 - Elaboração do Instrumento de coleta de dados da Pesquisa

Para a elaboração do formulário, foi usado como apoio, parte do texto de RAMOS (2002) intitulado: *A Pedagogia das Competências e a Psicologização das Questões Sociais*, onde ela comenta sobre a estrutura dinâmica das capacidades, que se baseia na idéia de saberes em uso, compreendida como a ação do pensamento sobre os saberes que orientam uma ação material ou simbólica, estruturante de novos saberes. O saber teórico (que, a partir da realidade, define o que é), investido na ação, se desdobra em saber técnico (define o que se deve fazer) e saber metodológico (como se deve fazer). O saber prático é o conhecimento gerado da ação, não formalizado, expresso mais em atos do que em palavras. Relaciona-se com os primeiros, mas não se reduz a eles, podendo ser de ordem tácita. (MALGLAIVE, 1995, apud RAMOS, 2003).

Durante a fase de reflexão sobre que tipo de instrumento a ser usado para coleta de dados, em um primeiro momento, foi analisado um questionário proposto e já aplicado por várias turmas de mestrado na UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro na disciplina *Gestão das Inovações Tecnológicas e Mudanças Organizacionais* (COP-763) ministrada pela Prof.a Anne Marie Maculan. O questionário é uma adaptação do documento usado em um estudo comparativo dos dados do CIS-2 (Community Innovation Survey) na inovação do setor de serviço.

Como este documento foi montado de maneira muito genérica, explorando apenas a inovação de processo e produto, a opção escolhida foi à utilização de um outro documento de coleta elaborado com as idéias do primeiro. O formulário único tanto para os operadores como para os programadores, foram aplicados em entrevistas individuais (modelo completo do formulário ao final do trabalho).

GIL (1999) apresenta algumas limitações no uso dos questionários auto-explicativos enviados aos respondentes:

- Deformações nos resultados gerados pela má interpretação das perguntas;
- Incerteza da devolução totalmente preenchido;
- Desconhecimento das circunstâncias em que foram respondidos;
- Não poder auxiliar ao informante.

Analisando essas limitações, a opção escolhida foi à utilização do questionário aplicado com entrevista ou formulário. Este instrumento de coleta foi elaborado e direcionado para a área de formação do profissional que trabalha com CNC, mais especificamente programadores e operadores de tornos e centros de usinagem, que é o foco central da pesquisa.

Em relação aos tipos de questões usadas no formulário, foram adotadas as questões fechada (conjunto de alternativas a serem escolhidas) e questões abertas (reserva-se o direito de resposta ao respondente sem qualquer restrição).

Como suporte para montagem do formulário foi usado ainda parte de uma apresentação da pesquisadora VALESKA GUIMARÃES (2001) que trata do tema: Novas Tecnologias de Produção - NTP (Currículo Lattes do pesquisador, CNPq, 2001).

Roteiro Básico da Entrevista:

1. Trabalho diário (tarefas, rotina); ambiente de trabalho; decisões que toma ou participa
2. Introdução dos CNC: motivos; processo decisório
3. Implantação dos CNC: grau de aceitação/rejeição da inovação
4. Formação e treinamento para as funções de operador CNC
5. Organização do trabalho antes e após a introdução das NTP-ME
6. Histórico da empresa: mudanças observadas

IV.2 - Escolha das Empresas

Ao decidir pesquisar uma amostra do universo de empresas da área metal-mecânica que usam tecnologia a CNC, neste universo estariam sendo incluídas todos os tipos de equipamento a CNC (tornos, centros de usinagem, fresadoras, prensas, retíficas, puncionadeiras, etc.). Com a finalidade de direcionar mais o foco de estudo, dentro do segmento de CNC optou-se pelas empresas que prestam serviços de usinagem e as funções pesquisadas foram: programadores e operadores para tornos e centros de usinagem a CNC.

Este primeiro critério de escolha das empresas está em sintonia com o relatório do BNDES que mostra que na América Latina, Brasil, México e Argentina representam os maiores utilizadores de CNC. As empresas que mais utilizam CNC encontram-se no setor metal-mecânico, destacando-se os subsetores automobilístico/autopeças, mecânica em geral, armamentos e aeronáutica (GUIMARÃES, 2001).

Dentro do universo de indústrias que trabalham com CNC no Rio de Janeiro e de acordo com a classificação do SEBRAE, optou-se por uma amostra de 12 empresas que migraram do sistema convencional de usinagem para o CNC. O porte escolhido das organizações pesquisadas para investigar o perfil do profissional que está atualmente sendo usado em máquinas com tecnologia a CNC foi o de pequenas e micro empresas, já que estas têm apresentado padrões semelhantes de comportamento ao optar pela inovação de processo.

Considerando, que no Rio de Janeiro, o universo de empresas que usam atualmente tecnologia a CNC em seu processo produtivo é muito vasto, optou-se por pesquisar aquelas denominadas como Micro e Pequenas Empresas num total de 12, classificadas de acordo com o número de empregados segundo a conceituação usada pelo SEBRAE, de acordo com o quadro IV.1 a seguir:

Quadro IV.1 – Classificação das empresas

		Número de Empregados
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	INDÚSTRIA
ME	Micro Empresa	Até 19
PE	Pequena empresa	De 20 até 99
MED	Média Empresa	De 100 até 499
GE	Grande Empresa	Acima de 499

Fonte - Construída de acordo com informações do Site do SEBRAE

IV.3 - Aplicação do Formulário

O referencial teórico usado para algumas das questões da entrevista (item 2.10 e 2.12 do anexo I), foi baseado no capítulo “O comportamento verbal na entrevista comportamental em seleção” de ROSANE MONTI (2005) do livro *Gestão de RH por Competências e a Empregabilidade*. Neste capítulo, a autora mostra que:

A entrevista comportamental, criada por Paul Green na década de 1970, foi definida como aquela estruturada para investigar o comportamento passado de um candidato ou indivíduo na organização, propondo, para isso, a apresentação de uma situação similar, que represente a competência a ser pesquisada. A premissa básica deste modelo de entrevista, apoiada na abordagem comportamental, é a de que comportamento passado prediz comportamento futuro (MONTI, 2005, p.114).

O instrumento foi aplicado pelo entrevistador em reuniões individuais em 12 empresas num total de 36 profissionais entrevistados: 12 responsáveis pelo setor de CNC, 12 operadores e 12 programadores de máquinas a CNC. A característica principal das empresas pesquisadas foi de que outrora operavam apenas com equipamentos convencionais e evoluíram para uma inovação de seu processo ocasionado com a aquisição de equipamentos a CNC. Em cada empresa pesquisada a sistemática de coleta de dados seguiu o mesmo padrão e foi dividida em três partes:

A **primeira parte** da entrevista foi realizada com o supervisor do setor onde estavam instalados os equipamentos a CNC, e tinha o objetivo de fornecer os seguintes dados:

- Identificação da empresa;
- Quantidade de equipamentos convencionais e a CNC;
- Tipos de produtos usinados;
- Classificação da qualidade da mão-de-obra;
- Breve relato da empresa;
- Tipo de deficiência percebida nos profissionais da área.

Para dar uma maior abrangência no horizonte pesquisado, embora todas as empresas visitadas fossem da área metal-mecânica, escolheu-se empresas que prestassem tipos de serviços de usinagem diferentes, por exemplo: ferramentaria para moldes, mecânica pesada, mecânica de precisão, material bélico, área de petróleo, entre outros.

A **segunda parte** era realizada após entrevista com o supervisor, que indicava um operador e um programador para participarem em reunião individual com o entrevistador com a finalidade de registrar de cada profissional os seguintes dados:

- Função dentro da empresa;
- Que tipo de máquina operava ou programava;
- Experiência fora e dentro da empresa;
- Grau de escolaridade;
- Treinamentos realizados além daquele específico na entrega do equipamento;
- Atividade que desenvolve sozinho;
- Grau de dificuldade em cada atividade executada;
- Opinião sobre Motivação, Iniciativa e Criatividade;
- Opinião sobre habilidades técnicas e pessoais ao ingressar no segmento a CNC;
- Resumo de seus procedimentos diários.

A **terceira parte** foi realizada com a finalidade de reduzir ao máximo as inconsistências das respostas, tanto na primeira parte e mais enfaticamente na segunda parte e teve como estratégia uma observação durante 30 minutos em cada posto de trabalho dos entrevistados.

Como mais uma possibilidade para reduzir esta dificuldade, algumas perguntas consideradas mais importantes para a pesquisa, foram confrontadas com outras. Por exemplo: Na primeira parte da entrevista com o responsável pela área de CNC, foi perguntado como ele classificaria a qualidade do profissional usado na área e poderia ter como respostas possíveis Regular, Bom e Excelente. Esta avaliação foi confrontada com a resposta à pergunta “*Qual a maior dificuldade percebida nos profissionais que atuam na área de CNC?*”. Se as respostas não apresentassem coerência, uma delas seria não verdadeira ou o responsável não conhecia a qualidade do pessoal envolvido.

Para permitir que a entrevista fosse adequadamente desenvolvida e também para que o entrevistador fosse bem recebido, elas foram marcadas com antecedência com o fornecimento de informações mínimas sobre o seu conteúdo. Para obter o máximo de fidelidade nas respostas dos profissionais em seus postos de trabalho, foi explicado em detalhes ao entrevistado o objetivo da entrevista, mostrando que quanto mais sincera fosse a resposta, melhor seria a qualidade do trabalho apresentado para a instituição e que a mesma não prejudicaria o entrevistado em nenhum aspecto, considerando que os dados não seriam divulgados (as informações fornecidas permanecerão no anonimato).

Para identificar o grau de dificuldade nas principais atividades executadas pelo operador e pelo programador, foram usados nas entrevistas os quadros a seguir com o enunciado:

“Quais as dificuldade encontradas durante a atividade de programação ou operação do equipamento a CNC ? Considere as opções indicadas a seguir ”:

Muita dificuldade – MD; Pouca dificuldade – PD; Sem dificuldade – SD”

Quadro IV.2 – Dificuldades do operador

Domínio do equipamento (uso de todas as telas da unidade de comando)	
Torneamento de castanhas e fixação da peça	
Montagem das ferramentas nos suportes	
Zeramento das ferramentas	
Zeramento da peça	
Fazer todos os tipos de testes antes de iniciar a usinagem	
Saber se os parâmetros de cortes que estão sendo usados são os ideais	
Acompanhar o percurso da ferramenta na usinagem da primeira peça (ciclo fixo)	
Após a usinagem da primeira peça teste, fazer os ajustes de acordo com o desenho	
Modificação dos corretores das ferramentas	
Dificuldade de tomar decisão em uma situação de emergência	
Reiniciar o programa após uma parada de emergência	
Outra dificuldade não listada:	

Quadro IV.3 – Dificuldades do programador

Falta de conhecimentos de informática (diretório, arquivar, visualizar, "deletar", etc.)	
Cálculo de pontos no desenho (domínio de geometria e trigonometria)	
Leitura e interpretação do desenho técnico (normas, erros de forma e posição)	
Domínio do uso de tabelas (rugosidade, potência, gama, prof. de corte, avanço)	
Escolha da ferramenta ideal a ser usada na usinagem	
Conhecimentos de usinagem	
Escolha dos parâmetros de corte a serem usados na usinagem	
Escolha do tipo de coordenada a ser usada na programação	
Características físicas da máquina a CNC	
Otimização do programa	
Entendimento de cada função de programação usada pelo comando	
Outra dificuldade não listada:	

CAPÍTULO V

RESULTADOS DA PESQUISA

Ao usar um instrumento de coleta de dados onde as respostas dependem da sinceridade do entrevistado, fica muito difícil, em uma leitura final dos formulários, afirmar a veracidade de cada item. Para tratar esta dificuldade, ao final do formulário, foi reservado um espaço com o título: “*Visão do pesquisador durante o período de observação junto ao posto de trabalho...*” com o propósito de com este recurso validar os depoimentos obtidos. Isto possibilitou verificar se algumas das habilidades que o profissional afirmava possuir durante a fase de entrevista, eram demonstradas durante a execução da tarefa e isto também propiciou uma maior facilidade na análise dos resultados.

V.1 – Grau de Escolaridade

No item *Grau de Escolaridade*, com base na amostra coletada, foi possível detectar na pesquisa uma pequena porcentagem de profissionais com baixo nível de escolaridade entre aqueles que operam equipamentos a CNC, já que foi identificado que em 25% (3 em 12) dos casos, os profissionais possuíam apenas o ensino fundamental para a função de operador. Uma situação ainda mais crítica foi àquela encontrada na função de programador, pois 42% (5 em 12) dos entrevistados concluíram apenas o ensino médio. Devido a grande necessidade no domínio de cálculos técnicos e conhecimentos sobre processos de fabricação, os programadores necessitariam pelo menos ter concluído um curso técnico de mecânica. Em alguns casos em que o programador acumulava também a função de chefe ou gerente do setor de CNC, este possuía curso superior.

As três categorias: Perfil mínimo, desejado e competitivo no conjunto de competências necessárias que um operador ou programador de máquinas a CNC deve possuir para execução de tarefas em seu posto de trabalho, se apresentaram, de acordo com a pesquisa, nas seguintes configurações:

Perfil mínimo para o operador

Sintonia com a pesquisa – Este tipo de perfil, foi encontrado durante a pesquisa de campo em empresas onde o profissional operava com pouca ou quase nenhuma autonomia.

Perfil desejado para o operador

Sintonia com a pesquisa – Este tipo de perfil, foi encontrado durante a pesquisa de campo em empresas onde o profissional além de operar, sabia também preparar a máquina. Era conferido a ele autonomia para fazer pequenas alterações no programa e nos parâmetros de corte.

Perfil competitivo para o operador

Sintonia com a pesquisa – Este tipo de perfil, foi encontrado durante a pesquisa de campo em empresas onde o profissional, por possuir uma maior gama de conhecimentos que os dois modelos anteriores, atuava também como programador e era conferido a ele total autonomia para fazer alterações no programa e nos parâmetros de corte.

Perfil mínimo para o programador

Sintonia com a pesquisa – Este tipo de perfil, foi encontrado durante a pesquisa de campo em empresas onde o profissional só programava e não tinha nenhuma atuação prática na máquina.

Perfil desejado para o programador

Sintonia com a pesquisa – Este tipo de perfil, foi encontrado durante a pesquisa de campo em empresas onde o profissional faz o programa, prepara a máquina, usina a primeira peça para efetuar os ajustes e entregá-la para o operador.

Perfil competitivo para o programador

Sintonia com a pesquisa – Este tipo de perfil, foi encontrado durante a pesquisa de campo em empresas onde o profissional faz o programa, prepara a máquina, usina a primeira peça para efetuar os ajustes e entregá-la para o operador. Na ausência de um operador ele ocupa um posto de trabalho, substituindo o profissional. De acordo com a pesquisa, pode-se perceber que a tendência futura é ter apenas um profissional exercendo as duas funções.

Durante a pesquisa de campo, embora tenha-se observado em alguns casos, pouca ou quase nenhuma autonomia para operadores, pôde-se perceber, em todas as entrevistas com os responsáveis do setor de CNC, que já existe uma consciência generalizada que o operador precisa, além de outros pré-requisitos, noção de programação. Por exemplo, não saber identificar a diferença entre uma interpolação circular horária e anti-horária (mesmo que não detenha o conhecimento de como programá-las), pode inutilizar a peça que está sendo usinada.

V.2 – Classificação do profissional que atua na área de CNC

No item *Classificação do profissional que atua na área de CNC*, com respostas fornecidas pelos responsáveis do setor envolvendo os operadores e programadores, foi encontrado o seguinte quadro: A qualidade de 50% dos profissionais foi considerada Boa, 33% Regular e 17% Excelente. Em 2 casos pesquisados onde o supervisor classificou o profissional como excelente, durante a entrevista com os profissionais e na fase de observação, contactou-se ser uma delas de qualidade regular.

V.3 – Experiência profissional

No item do formulário que teve como objetivo avaliar a experiência profissional do operador/programador com o seguinte questionamento “*Antes de PROGRAMAR e/ou OPERAR máquinas a CNC nesta empresa, que tipo de **atividade(s) desenvolvia** aqui ou na empresa de onde veio? – Informar tempo de permanência*”, detectou-se também deficiências em casos onde foi observado que a experiência profissional da mão-de-obra usada em CNC não foi oriunda de áreas afins. Pois, não se deve esquecer, que quando implantamos um sistema a CNC, os conhecimentos tecnológicos anteriores usados em equipamentos convencionais, são fundamentais e integralmente aproveitados nesta inovação do processo. Não vindo da área mecânica, dificilmente o profissional terá conhecimento sobre os parâmetros de corte que irão norteá-lo no momento da tomada de decisão para alterar qualquer um deles: avanço, profundidade de corte, área de corte, potência de corte, velocidade de corte entre outros, (SENAI/RJ, 1985). Normalmente, é de se esperar que programadores e operadores de tornos e centros de usinagem a CNC, tragam os conhecimentos adquiridos em tornos e

fresadoras convencionais (que seriam uma base lógica de evolução para o CNC), porém, admite-se que em outras afins (ajustagem, retífica, controle de qualidade, controle de processo, etc.) eles poderiam ter adquiridos os conhecimentos citados.

Vale também ressaltar que 42% (5 dos 12 casos) dos profissionais não foram oriundos da área mecânica, o que dificulta a adaptação na área de CNC, por falta dos requisitos mínimos para ingressar neste segmento. Em apenas um dos casos foi relatado que a experiência atrapalhou. Este fenômeno pode ter como causa as raízes em que o trabalhador cria ao longo da sua vida profissional. *“Quanto mais um operário “investe” tempo e esforço para adquirir uma qualificação, mais fica preso a ela e tem dificuldade em abandonar aquela referência que o valoriza profissionalmente”* (TAUILE, 2001).

Ainda dentro deste item referente à experiência profissional, observou-se que para a função de operador 58% (7 dos 12 casos) dos casos estudados os profissionais apresentavam no máximo 2 anos de tempo de serviço na empresa visitada e no caso dos programadores apresentavam mais de 3 anos. Este dado mostra uma menor rotatividade na função de programador do que o de operador, o que justifica colocar como pré-requisito da função (perfil competitivo do programador): *Saber transmitir os conhecimentos adquiridos.*

V.4 – Tipo de Treinamento Efetuado

Entendendo que além do treinamento em CNC que normalmente é oferecido pelo fornecedor do equipamento, é muito importante que o profissional que usa este tipo de tecnologia participe de outros aperfeiçoamentos em atividades afins com a finalidade de facilitar seu crescimento; o item 2.6 apresentou um elenco de cursos/eventos para que o entrevistado assinalasse aqueles em que já participou durante sua vida profissional (na empresa atual ou em empresa anterior) e o mapeamento dos dados apresentou os seguintes resultados:

- O curso de maior pontuação, 67% (8 em 12 casos) tanto para os operadores e programadores, foi o de *Leitura e Interpretação de Desenho Técnico de Mecânica – Erros de Forma e Posição*, salientando que dos 8 apenas 6 tiveram um treinamento formal por instituições que ministram este tipo de curso. Devido a grande importância deste

conhecimento, tanto para os programadores (para montagem do programa correto) como para os operadores (conferir se o programado foi o obtido), o ideal seria ter encontrado 100% do pessoal treinado neste módulo;

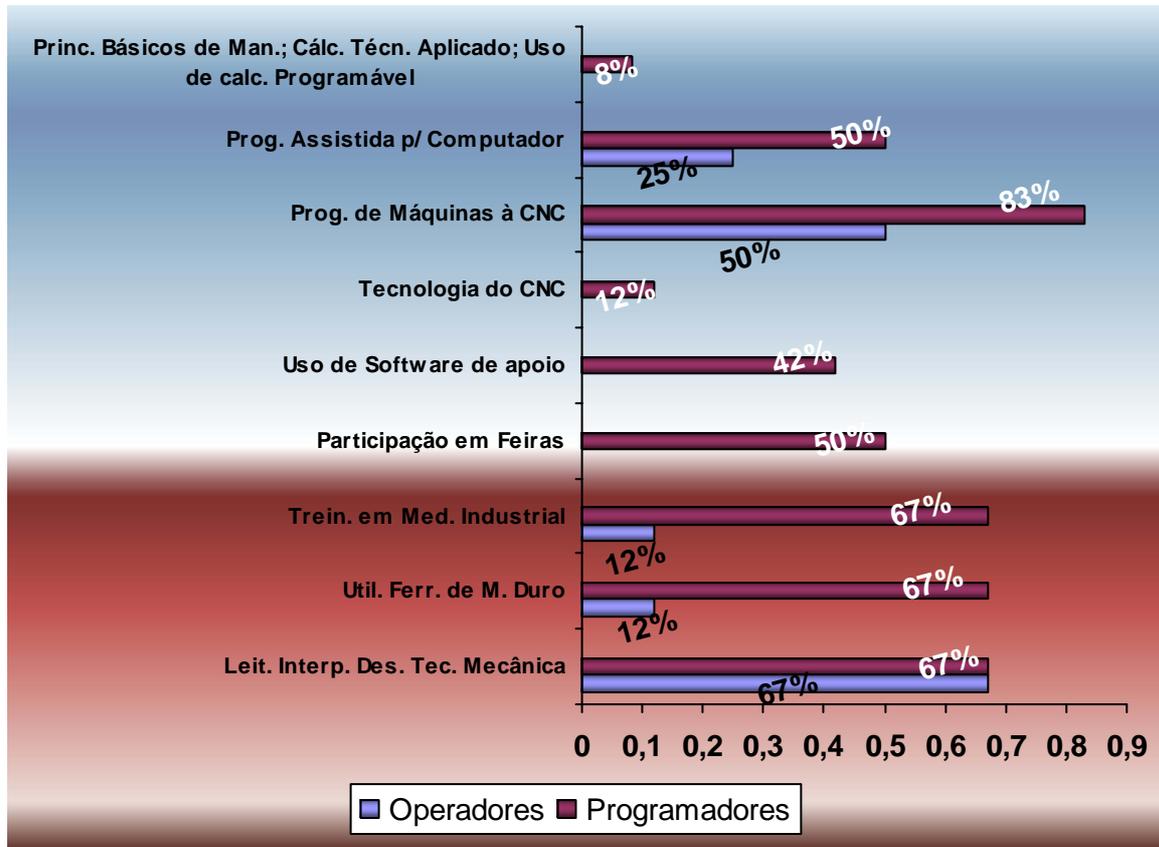
- No item *Utilização de Ferramentas de Metal Duro*, para a função de operador apenas 42% (5 em 12) dos profissionais fizeram este curso. Para os programadores tivemos 67% (8 em 12) dos casos pesquisados. A falta de conhecimento sobre este tipo de ferramenta de corte pode ocasionar um desgaste prematuro (desgaste frontal, craterização, lascamento, etc.), o que acarreta em um custo maior da obra devido ao tempo perdido na troca da ferramenta e ao alto valor de cada incerto. Ao considerar que em cada ferramenta substituída, na maioria dos casos, é necessário atuar no corretor de ferramenta (procedimento operacional), teremos novamente acréscimo de um tempo extra;
- No questionamento sobre o *Treinamento em medição industrial*, desejava-se saber quem apresentava conhecimentos sobre instrumentos especiais (rugosímetro, micrômetro para roscas, blocos-padrão, etc). Observou-se que todos os profissionais entrevistados apresentavam o domínio nos instrumentos básicos de medição (paquímetros, e micrômetros). No caso dos operadores, 42% (5 dos 12 casos) fizeram este tipo de treinamento em instituições ou na própria empresa. Já para os programadores 67% (8 dos 12) participaram deste treinamento. Em alguns casos onde os operadores necessitavam fazer um controle mais rigoroso e não tinham o domínio nestes instrumentos especiais, observou-se a existência de um profissional que exercia a função de inspetor.
- O item *Participação em Feiras* nas áreas das empresas pesquisadas foi pontuado apenas nos casos dos programadores (50% - 6 dos 12 casos). Essa participação aconteceu apenas nos casos em que os programadores ocupavam a função de chefe do setor de CNC;
- No tocante a *Uso de Software de Apoio*, 42% (5 dos 12) dos programadores entrevistados usavam o AutoCad como ferramenta para auxiliar na programação. Isto aconteceu em

casos onde era necessário calcular pontos faltantes no desenho (ponto de inflexão entre arcos e tangente de arcos com retas secantes);

- A participação em curso que dariam uma visão geral sobre de conhecimentos necessário para um melhor entendimento de CNC, como por exemplo, o curso de *Tecnologia do CNC*, aconteceu em apenas 12% (3 dos 24) dos entrevistados (operadores e programadores); somente na função de programador;
- No item que questionava sobre a participação do profissional em *Curso de programação de Máquinas a CNC*, a maior incidência foi para os programadores, 83% (10 em 12 casos). Destes 10 casos, 4 deles fizeram treinamento formal, 4 fizeram apenas o treinamento do fabricante e os 2 restantes aprenderam na própria empresa. Já para os operadores tivemos 50% (6 em 12 casos) sendo que dos 6 casos, 3 deles fizeram o treinamento formal, 2 fizeram o treinamento na própria empresa e apenas 1 participou em curso com o fabricante.
- No item sobre treinamento em *Programação Assistida por Computador*, 50% (6 dos 12 casos) dos programadores participaram do referido curso, no caso dos operadores apenas 25% (3 dos 12) participaram;
- Os itens referentes a *Princípios Básicos de Manutenção de Máquinas a CNC*, *Cálculo Técnico Aplicado para CNC*, *Uso de Calculadora Programável* e *Seminários sobre CNC* foram inexpressivos, pois apenas um dos cursos recebeu pontuação.

Mostrando estes resultados (item 2.6) em forma de gráfico, teremos:

Gráfico V.1 – Treinamentos efetuados pelos entrevistados



V.5 – Dificuldades apresentadas pelos entrevistados

Considerando que durante as atividades diárias, os profissionais da área de CNC (operadores e programadores) devem exercitar continuamente alguns conhecimentos inerentes ao ofício, no *item 2.8 do formulário*, foram pesquisadas quais são as dificuldades que os profissionais encontram durante a atividade de programação ou operação do equipamento a CNC. Estas dificuldades foram dispostas em 3 níveis: Muita dificuldade – **MD**; Pouca dificuldade – **PD**; Sem dificuldade – **SD**. O mapeamento deste item da pesquisa apresentou os seguintes resultados:

Dificuldades encontradas na função de programador

- No item que questiona ao programador as dificuldades encontradas com a falta de conhecimentos em informática, apenas 33% (4 dos 12 casos), afirmaram não apresentar

nenhuma dificuldade que atrapalhasse suas atividades. O restante dos programadores (67%) afirmaram ter dificuldades por causa da falta destes conhecimentos;

- No item que trata de dificuldade para efetuar cálculo de pontos no desenho (conhecimentos de geometria e trigonometria), 67% dos programadores não apresentaram nenhuma dificuldade na aplicação destes conhecimentos. O restante (33%) apresentaram dificuldades e dentre eles, apenas um apresentou muita dificuldade;
- Para a dificuldade em *Leitura e Interpretação de Desenho Técnico*, 67% demonstraram domínio nos conhecimentos sobre normas e tolerância de forma e posição;
- No item, *Domínio no Uso de Tabelas*, 75% dos programadores apresentaram dificuldades para estabelecer os parâmetros: rugosidade, gama de velocidade, profundidade de corte e avanço. A deficiência nestes conhecimentos prejudica na otimização do programa;
- Para a dificuldade na *Escolha do Ferramental Ideal*, e *Escolha dos Parâmetros de Corte*, 50% dos entrevistados apresentaram dificuldades na indicação da melhor ferramenta para a usinagem dos lotes. Estes itens estão em sintonia com a falta de treinamento em utilização de ferramentas de metal duro, já abordado anteriormente;
- *Conhecimentos em Usinagem* foi um item em que 58% dos profissionais afirmaram ter algum tipo de dificuldade. Dentre eles estão incluídos aqueles profissionais que embora ocupem a função de programador não são oriundos da área de mecânica;
- Apenas um entrevistado apresentou dificuldade na *Escolha do tipo de Coordenada a ser usada na programação* (coordenada absoluta e Incremental). Por ser um conhecimento bastante simples e dominado pela maioria, talvez pudesse ser omitido no elenco de questionamentos;
- No item *Características Físicas da Máquina*, 25% apresentaram não ter domínio no dados do equipamento que são necessários para a programação (capacidade, correspondência entre rpm e gama de velocidade);

- No item, *Otimização do Programa*, apenas 33% concordaram em não ter dificuldade para otimizar o programa feito. LEIMGRUBER (2006) em seu artigo “*O cavaco como fator de rendimento*” apresentado no 6^o Seminário sobre Usinagem na Suíça em jan/2005 faz um balanço dos custos envolvido na usinagem e mostra que:

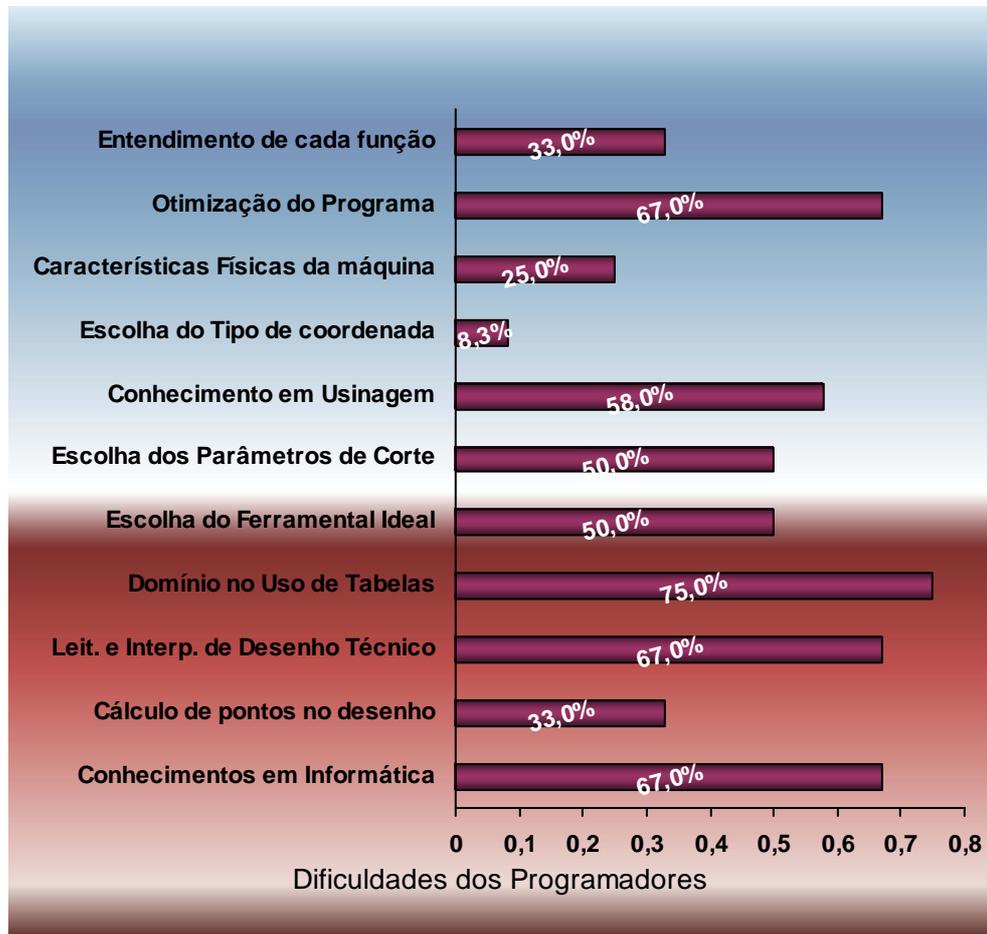
Uma economia de 20% dos custos com ferramenta resulta na redução do valor total em apenas 1 a 2%, enquanto uma redução dos custos da máquina em 20% resultaria numa economia acima de 10%, o que já se pode representar montantes consideráveis. O que realmente alavanca os custos são as despesas relacionadas com a máquina. Portanto, o mais adequado é otimizar primeiro os custos da máquina para depois pensar nas funções restantes (Revista Máquinas e Metais, agosto/2006, p.52).

Este Item é de fundamental importância pois, por melhor que seja um programa feito, ele sempre deve ser ajustado durante a usinagem da peça teste. A falta de otimização pode ocorrer quando o programador não possui domínio sobre a operação do equipamento e toma como ideais os dados fornecidos pelos fabricantes de ferramentas (MESQUITA, et al., 2002). A falta de otimização gera desperdício (desgaste prematuro) e o não aproveitamento de todo o potencial do equipamento;

- Para o item *Entendimento de cada função de programação*, 67% dos programadores afirmaram ter domínio das funções de programação do comando usado. O fato de que 33% não apresentaram domínio neste item pode gerar o seguinte questionamento: Como programar sem ter conhecimento das funções? A resposta poderia estar no fato de que uma grande parte das empresas visitadas possuem software de programação assistida por computador, o que com o tempo faz com que o programador não use mais as funções do comando, já que a tradução do programa elaborado no computador é feita por um pós-processador que o transforma em códigos ISO (linguagem de uma unidade de comando).

Mostrando estes resultados (item 2.8) em forma de gráfico, teremos:

Gráfico V.2 – Dificuldades encontradas nos programadores



Dificuldades encontradas na função de Operador

- No item *Domínio do Equipamento*, 58% dos informantes afirmaram não apresentarem dificuldades quanto ao uso do equipamento. Os 42% restantes, embora operassem o equipamento, apresentaram dúvidas em relação ao manuseio de algumas das telas disponíveis da unidade de comando. Dos 5 casos que apresentaram esta deficiência, 3 deles não foram oriundos da área mecânica;
- No item dificuldade no *Torneamento de castanhas ou Fixação da peça*, 50% dos entrevistados afirmaram apresentarem dificuldades neste procedimento operacional. Dos 6 casos em que os operadores que apresentavam esta deficiência, 3 deles conheciam apenas os procedimentos básicos para operarem o equipamento ou seja, o programador

executava todos os procedimentos operacionais para a usinagem da primeira peça, preparando a máquina para entregá-la ao operador (operador com pouca autonomia);

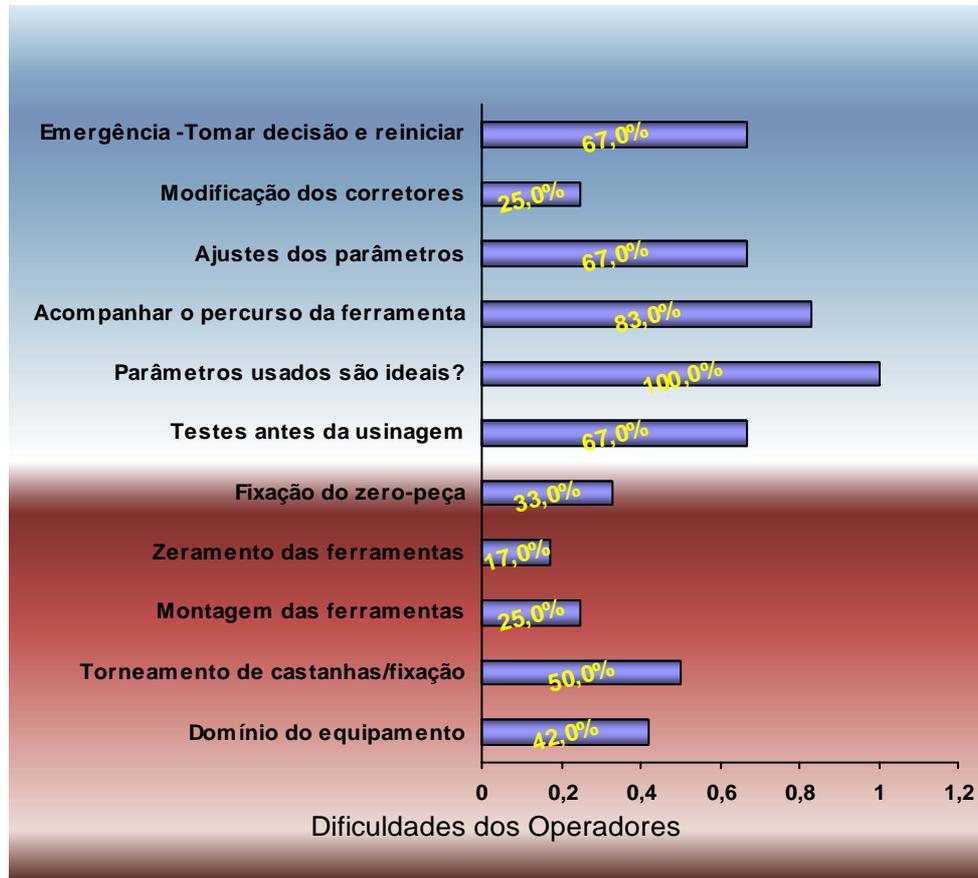
- Para a dificuldade no procedimento operacional *Montagem das ferramentas no suporte*, foram encontrados apenas 25% (3 dos 12 casos) com esta deficiência. No cruzamento dos formulários, estes 3 casos referem-se aos mesmos profissionais do item anterior;
- No item *Zeramento das ferramentas*, apenas 17% (2 dos 12 casos) apresentaram esta deficiência;
- No item dificuldade na *Fixação do zero-peça*, 33% dos entrevistados apresentou esta deficiência. Por ser um procedimento operacional muito similar ao *Zeramento das ferramentas*, seria normal encontrar o mesmo número de operadores com esta deficiência. Este acréscimo deve-se ao fato de que a rotina para fixação do zero-peça para um centro de usinagem é mais difícil do que para um torno a CNC e a pesquisa trata dos dois casos;
- No item dificuldade em *Fazer todos os tipos de testes antes de iniciar a usinagem*, 67% apresentaram pelo menos algum tipo de dificuldade nos seguintes procedimentos: verificar erros de programação, elaboração da simulação dos movimentos, testar o programa “em vazio”, testar o programa no modo bloco a bloco. A elaboração de todos estes procedimentos assegura que não haverá nenhuma colisão durante a usinagem do lote de peças e permite o ajuste dos parâmetros de corte;
- No item dificuldade em *Saber se os parâmetros de corte que estão sendo usados são os ideais*, todos os entrevistados apresentaram um pouco de dificuldade.
- No item dificuldade em *Acompanhar o percurso da ferramenta na usinagem da primeira peça*, 83% dos operadores apresentaram esta deficiência. Este percentual tão alto pode ter duas origens.
 1. Algumas empresas usam programação assistida por computador e neste caso o percurso da ferramenta é estabelecido pelo pós-processadores sem nenhuma interferência por parte do programador;

2. O pouco conhecimento sobre os deslocamentos efetuados na prática ao fazer uso de um ciclo fixo. Ao optar em fazer uso de um ciclo especial, basta programar uma única linha, preenchendo todas as variáveis solicitada pelo ciclo, que a unidade de comando cria uma rotina própria, às vezes desconhecida por quem programa. Quando o profissional tem experiência nos processos convencionais de usinagem, esta dificuldade é amenizada, pois quando um projetista cria um ciclo no software do CNC que irá gerar uma sub-rotina, ele considera toda experiência já acumulada em processos convencionais;
- No item dificuldade nos *Ajustes dos parâmetros* após usinagem da primeira peça, 67% apresentaram esta dificuldade. Este inconveniente tem sintonia com o item *Saber se os parâmetros de corte que estão sendo usados são os ideais*, pois para mudar é necessário saber o que mudar (MESQUITA, et al., 2002).
 - No item dificuldade em efetuar *Modificação dos corretores da ferramenta*, apenas 25% apresentou esta dificuldade;
 - Nos itens *Tomar decisão em uma situação de emergência* e *Reiniciar o programa após emergência*, os percentuais de dificuldade foram de 67% para ambos os casos. Isto significa que os operadores são apenas treinados para situações normais sem imprevistos (NERI, 2005).

Como as aptidões ou qualidades pessoais estão cada vez mais procuradas pelo mercado de trabalho (BOTERF, 2003), como forma de interesse pessoal do pesquisador, foi elaborado também um item no formulário que tinha o objetivo de saber com que intensidade a Motivação, a Iniciativa e a Criatividade podiam contribuir para melhor desempenho das tarefas executadas pelos programadores e operadores (VALLE, 2003). Entre todos os operadores e programadores entrevistados, 75% responderam que estas características contribuem para melhor desempenho.

Mostrando estes resultados (item 2.8) em forma de gráfico, teremos:

Gráfico V.3 - Dificuldades encontradas nos operadores



CONCLUSÃO E TENDÊNCIAS FUTURAS

Em um momento onde a velocidade de atendimento é a uma das características mais cobiçadas por qualquer empresário que deseja se perpetuar neste mercado tão competitivo, a tecnologia do Comando Numérico vem ocupar um espaço inquestionável no processo produtivo relacionado com a usinagem. O CNC é considerado “*o mais dinâmico processo de fabricação, constituindo um dos maiores desenvolvimentos para a automatização de máquinas operatrizes de usinagem*” (LEATHAM-JONES, 1986, apud COSTA e ZEILMANN, 2004). Neste tipo de sistema, sendo a intervenção humana reduzida ao máximo, as possibilidades de erros diminuem significativamente.

Nos últimos anos, o segmento de máquinas-ferramenta a CNC foi o setor da Manufatura Integrada por Computador- CIM que recebeu a maior concentração de esforços e os maiores investimentos por parte das empresas nos países desenvolvidos e nos em desenvolvimento (SIMON; MAESTRELLI e AGOSTINHO, 2003).

Como um primeiro trabalho de expectativa do setor de CNC, podemos citar uma pesquisa organizada pela revista MAQUINAS e METAIS (publicação de grande expressão no segmento metal-mecânico) publicada no número 346 de novembro de 1994. Participaram da pesquisa entidades de classe/órgãos como Fiesp, CNI, Sindipeças, Ministério do Trabalho e SEBRAE. Esta pesquisa foi importante para estimar o parque de máquinas-ferramenta como um todo, convencionais e com CNC, com ênfase também na idade média desse parque e sua distribuição regional e setorial por tipo de máquina (GONÇALVES, J., 1994).

Para melhor evidenciar a certeza de que existe um grande crescimento neste setor, temos a mesma pesquisa feita em 2002 que mostra que desde o primeiro trabalho, o número de empresas sobre as quais é feita a projeção dos dados, cresceu mais de quatro vezes: passou de 1.728 para 7.807 o número de máquinas CNC encontradas.

Em 2003, no número 448, o mesmo periódico mostra o resultado de uma outra pesquisa mais direcionada, para atualizar o perfil das ferramentarias brasileiras. Nela foram encontradas 4.214 máquinas usadas nas ferramentarias pesquisadas sendo que 3.200 eram máquinas convencionais e 984 a CNC. Das 279 ferramentarias que justificaram devidamente as suas

motivações para investir em novas máquinas, 142 delas estão mais preocupadas em melhorar a qualidade dos seus produtos do que simplesmente desfrutar da economia embutida nas novas tecnologias (PONCE, 2003).

Atualizando e reforçando a estimativa destas pesquisas, verificamos que nas empresas visitadas para compor este trabalho, que após retorno do primeiro investimento feito em aquisição de equipamentos a CNC, quase todas as empresas duplicaram o número deste tipo de máquina dentro da fábrica, o que torna evidente que em um mercado competitivo e mais exigente, não existe alternativa senão a introdução de máquinas automatizadas com a filosofia do CNC.

Na obra de ROGÉRIO VALLE (2003) *O Conhecimento em ação*, encontra-se o relato de um trabalho realizado por uma equipe de pesquisadores com o apoio do FINEP, que mesmo não se preocupando com a situação particular de cada empresa, mostra o anseio por novas tecnologias:

“Ficou patente o empenho das empresas do setor em se modernizarem tecnologicamente, para responder, em primeiro lugar, às atuais mudanças nos mercados, mas também, secundariamente, aos novos padrões ambientais, ergonômicos e trabalhistas. Ante nosso pedido para que avaliasse as novas tecnologias, os entrevistados exaltaram, com tanta convicção, a facilitação do trabalho pela informatização e pela automação, que sequer mencionaram temores de desemprego, pela substituição do homem pela máquina. Pelo menos aqui, o “fantasma do desemprego”, na concepção dos trabalhadores, está muito mais presente nas qualificações agora exigidas, do que na possível superioridade da máquina (VALLE, 2005, p.64)”

Se tivéssemos que apontar as desvantagens após implantação do CNC nas empresas pesquisadas, certamente iríamos listar os mesmos erros cometidos por aqueles que começam a conviver com uma nova tecnologia e esquecem alguns detalhes básicos, porém fundamentais. Entendendo que a tecnologia do CNC pode ser considerada como um tipo de inovação de processo, seria indispensável fazer uma analogia com o modelo básico de LUNDVALL (1988) (*The Globalising Learning Economy: Implications for Small and Medium Sized Enterprises*) onde ele mostra que a pressão que uma empresa recebe no sentido da transformação tem uma estrita relação com a mudança organizacional e com os custos e benefícios para a mudança. Em resumo o modelo de LUNDVALL (1988) nos mostra que para

obter o sucesso ao mudar deveríamos antes de decidir, responder aos seguintes questionamentos:

- Qual o motivo que me leva a mudar?
- O que necessito para fazer as mudanças ?
- O que ganho com as mudanças?

É muito comum em alguns empresários que optam por inovação esquecerem a peça fundamental de qualquer sistema: o ser humano. Quando isto acontece é quase impossível obter todas as vantagens para qual o sistema foi concebido. TEREZA CARDOSO (2001) em sua abordagem sobre *Sociedade e Desenvolvimento Tecnológico* dá o peso devido ao profissional quando diz que “... o enfoque da educação tecnológica tem que contemplar a capacitação tecnológica e a valorização do ser humano no processo, mais do que o enfoque na tecnologia de ponta” (CARDOSO, 2001, p.221).

Os programadores e operadores estão distribuídos nas diversas empresas compondo vários modelos. Nas empresas pesquisadas, foram encontradas as seguintes configurações:

a) Configuração em empresas com apenas uma máquina a CNC.

Neste modelo temos apenas a presença de um único profissional que exerce a função de programador e operador (LYNCH, 2005). Esta configuração tem uma certa dependência com a escolaridade e experiência do profissional e apresenta o inconveniente de não ter um outro profissional para dividir as dificuldades, pois só ele detém os conhecimentos adquiridos. Nos casos em que o programador escolhido já exerce dentro da empresa uma outra função, como por exemplo, uma supervisão ou uma chefia, a configuração muda. Um outro profissional para desempenhar a função de operador é admitido ou recrutado dentro da própria empresa. Com raríssimas exceções o operador admitido tem pouca escolaridade e limitada autonomia criando assim uma grande dependência com o programador, gerando tempos ociosos de espera, prejudicando a continuidade do processo.

a) Configuração em empresas com várias máquinas, com um operador para cada máquina e um programador para todas as máquinas a CNC.

Neste modelo, o programador executa todos os procedimentos operacionais para usinagem da primeira peça, faz a calibragem da máquina para entregá-la o operador. Como o tempo de programação é muito curto, seu tempo ocioso é usado para outras tarefas. Como o operador também tem pouca autonomia, ao surgir um problema durante a usinagem, o auxílio do programador às vezes demora o que dificulta o processo. Quando número de equipamentos começa a aumentar, geralmente a tarefa de programação é dividida com um outro profissional. Um faz programa para os tornos e o outro para os centros de usinagem a CNC.

c) Configuração com um programador/operador para cada máquina independente do número.

Das doze empresas visitadas, em três delas consideradas como empresas de precisão, observou-se que existe um profissional para cada máquina e este desempenha a função de programador e operador, ou seja, acompanha todo o processo desde o momento em que recebe o desenho até usinagem total do lote. Ao pesquisar a opinião em outras empresas visitadas, observou-se uma boa aceitação desta configuração. Esta deve ser a tendência a ser adotada em futuras implantações de CNC, pois este modelo, embora um pouco mais caro é mais ágil. Percebeu-se em empresas que adotaram este modelo, que o entendimento correto sobre a utilização de equipamentos a CNC para pequenos lotes é claramente entendido.

Considerando que os equipamentos a CNC possuem como grande vantagem em relação aos convencionais trabalharem em altas velocidades de corte, todas as ferramentas utilizadas devem ser de metal duro (carboneto de tungstênio com cobertura) e por isso seria de se esperar que todos os entrevistados tivessem pelo menos freqüentado um curso de *Utilização de Ferramentas de Metal Duro*, mesmo que estes não apresentassem grandes habilidades em seu manuseio. Com a correta escolha das ferramentas, é possível conseguir uma ótima economia e com isso ter condições de se posicionar melhor diante dos concorrentes (PFISTER, 2006). Observou-se que o quadro apresentado diverge daquele esperado.

Fazendo o cruzamento de todos os itens, que de alguma forma pesquisam o conhecimento dos profissionais sobre ferramentas de corte: *Utilização de Ferramentas de Metal Duro*, *Escolha do Ferramental Ideal*, e *Escolha dos Parâmetros de Corte*, *Saber se os parâmetros de corte que estão sendo usados são os ideais*, *Ajustes dos parâmetros*, observou-

se de uma maneira geral, de acordo com os percentuais apresentados, pouco conhecimento por parte dos programadores e operadores nesta área.

Ao buscar uma justificativa para o percentual tão alto de dificuldade no item *Saber se os parâmetros de corte que estão sendo usados são os ideais*, foi efetuado o cruzamento dos dados deste item com aquele que trata do treinamento em *Utilização de ferramentas de metal duro* e verificou-se que estes conhecimentos foram transmitidos por fabricantes de metal duro que, na maioria dos casos, procuram mostrar o potencial do produto, sem se preocupar com um aprofundamento dos parâmetros de corte relacionados com a usinagem o que não acontece em um curso formal, ministrado por exemplo pelo SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Em um treinamento não promocional, pode-se eliminar a deficiência demonstrada pela maioria dos entrevistados, pois nele ter-se-á a oportunidade de se comprovar na prática os conhecimentos adquiridos.

Os conhecimentos sobre a utilização de metal duro precisam ir além da busca na redução de custos com ferramenta, pois é necessária uma combinação de algumas variáveis. Na busca constante de melhoria não podemos nos prender apenas à otimização técnica ou mecânica, pois em cada processo existe um ideal considerado econômico. *Com o aumento do volume de cavaco/tempo, nem sempre é possível continuar com a redução dos custos totais. Para esta otimização econômica, é decisiva a relação dos custos/máquina e dos custos/ferramenta, conforme mostra a figura a seguir (LEIMGRUBER, 2006).*

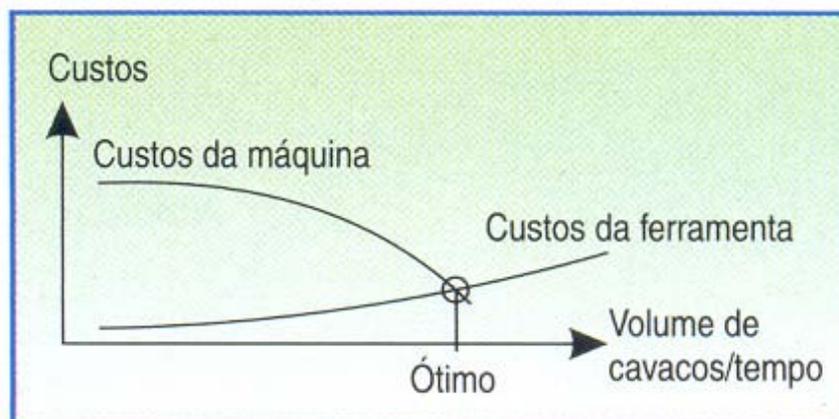


Figura – Ideal econômico do volume de cavacos/tempo
Fonte – Maquinas e Metais n487 p.64

Ao analisar o item *Classificação da qualidade do profissional que atua em CNC*, pode-se constatar que em todos os casos onde o supervisor qualificou os profissionais como *Bom* ou *Excelente*, o grau de escolaridade era técnico de mecânica de nível médio.

As maiores deficiências dos profissionais da área de CNC, na visão do supervisor foram: Baixa escolaridade, Falta de atenção, Pouco conhecimento sobre parâmetros de corte, Pouco domínio do equipamento, Profissionais sem polivalência (operadores só operam).

O baixo grau de escolaridade ou dificuldade em colocar em prática os conhecimentos adquiridos, ocorreu nos casos em que os profissionais tinham concluído o ensino médio há muito tempo atrás. Nos casos onde o binômio experiência x escolaridade foram balanceados, encontramos uma melhor qualidade do produto. Ao se “apostar” em um operador com um alto grau de escolaridade e sem experiência profissional em usinagem, observa-se que os parâmetros de cortes são sempre retirados de catálogos, sem nenhuma certeza de um bom resultado. Isto pode gerar, em alguns casos, até acidentes, quando os dados escolhidos estão acima da capacidade do equipamento.

Especificamente no caso dos operadores, a utilização de profissionais com *baixo nível de escolaridade* pode ser oriunda do pensamento equivocado de alguns empresários: “*adquirindo um equipamento de alta tecnologia, a qualidade da mão-de-obra usada na operação não tem grande importância no processo, limitando-se apenas a troca de peça durante a usinagem do lote*”. Nos postos de trabalho onde isto ocorreu, foi verificou-se uma autonomia muito restrita do operador, com uma dependência do programador ao ocorrer um imprevisto, prejudicando assim uma ação continuada do processo produtivo (paradas demoradas). A baixa escolaridade aliada à falta de autonomia pode ocasionar dificuldades durante o processo produtivo. Vamos analisar uma situação bastante rotineira que acontece durante a operação:

Durante a usinagem de um lote de peças acontecem desgaste na ferramenta inerente ao processo de fabricação. Para compensar este desgaste, o operador necessita atuar na unidade de comando para corrigi-lo usando para isso o corretor de ferramenta. Para poder fazer esta modificação é necessário que o operador domine a operação com números relativos. Com os conhecimentos adquiridos com o ensino médio será possível, além de operação com

números relativos, um domínio em geometria e trigonometria indispensáveis para conferir cálculos do programa, como por exemplo, a inclinação de um cone ou o cálculo da profundidade do filete de uma rosca para um ajuste perfeito na porca.

A concordância de quase todos os entrevistados sobre a contribuição da *Motivação*, *Iniciativa* e *Criatividade* para melhor desempenho das tarefas, não significou dizer que eles possuíam estas características pessoais. Ao utilizar a seção do formulário que trata da *Visão do pesquisador* durante período de observação junto ao posto de trabalho, foi possível estimar a existência das características motivação nos 75% dos casos. Devido à dificuldade, em um curto período de observação, de se detectar a Iniciativa e Criatividade, foi solicitado que o entrevistado, descrevesse com exemplo, uma situação ou o contexto em que ocorreu o comportamento que comprovasse a afirmação (MONTI, 2005). Apenas 5 entrevistados conseguiram dar exemplos que comprovassem que eles possuíam tais características. A falta de iniciativa, pode também contribuir com a deficiência encontrada no item *Tomar decisão em uma situação de emergência*.

A grande deficiência encontrada no item *Otimização do Programa* (67%) prejudica a fator competitividade, pois ele é de fundamental importância já que, por melhor que seja um programa feito, ele sempre deve ser ajustado durante a usinagem da peça teste. Isto pode acontecer quando o programador não possui domínio sobre a operação do equipamento e toma como ideais os dados fornecidos pelos fabricantes de ferramentas. A falta de otimização gera desperdício (desgaste prematuro) e o não aproveitamento de todo o potencial do equipamento.

A pesquisa mostrou uma alta porcentagem no treinamento em programação manual (esta modalidade requer que o programador calcule e registre todos os movimentos a serem efetuados). Como existe uma segunda maneira de se elaborar um programa para máquinas a CNC além da programação manual, que é a programação automática (com uso de software especializado), no instrumento também foi solicitado aos programadores e operadores responder se eles já haviam participado de curso de programação assistida por computador e entre programadores e operadores tivemos 8 dos 12 casos. Este interesse neste tipo de curso

deve provavelmente ser em função de que grande parte das empresas está substituindo a programação manual pela programação assistida, por ser mais rápida e mais confiável. Nas 12 empresas visitadas, 8 delas já haviam implantado este tipo de software para programação de CNC. Podemos arriscar em dizer que esta substituição é uma tendência futura por vários motivos:

- Existe a concordância por parte dos responsáveis pelo setor de CNC em migrar para a configuração do modelo de um único profissional para programação e operação. Neste modelo seria desejável diminuir o tempo de programação, o que acontece na programação automática;
- Já existem empresas no Brasil (temos 2 casos), que fornecem a unidade de comando do sistema CNC em ambiente Windows, que permite o uso de programação assistida durante a usinagem da peça, eliminando assim o tempo de transmissão do programa;
- Caso exista rotatividade de mão-de-obra, o tempo de preparação de outro profissional para manusear um software de programação assistida é bem menor quando comparado com a programação manual.

A certeza de que, se os treinamentos: Tecnologia do CNC, Tecnologia do Metal Duro, Programador e Operador de Torno a CNC, Programador e Operador de centro de usinagem a CNC, listados neste trabalho forem ministrados para profissionais oriundos da área mecânica, é quase uma garantia de sucesso. Isso pode ser comprovado através de uma experiência inovadora feita pelo SENAI (Centro de Tecnologia Euvaldo Lodi - RJ) em conjunto com uma empresa do segmento aeronáutico. Após recrutamento feito pelo SENAI de Petrópolis de ex-alunos dos cursos de torneiro mecânico e fresador mecânico (estando há 1 ano apenas no mercado), eles participaram de todos os treinamentos citados. Ao término deste aperfeiçoamento, todos eles (após avaliação final), foram aproveitados e contratados pela empresa. O sucesso desta experiência pôde ser comprovado uma segunda vez, quando aconteceu uma grande crise (11 de setembro – destruição das torres gêmeas) e a empresa desativou todo o setor de CNC. Estes profissionais foram todos absorvidos por uma das empresas que faz parte do elenco desta pesquisa. Pelo depoimento colhido do chefe do setor e

do próprio dono da empresa, eles consideram os profissionais desta experiência excelentes. Como esta empresa trabalha com usinagem de precisão, o critério de entrada é muito rigoroso, o que também ratifica a avaliação dos gestores e o sucesso da experiência.

Algumas das características pessoas incluídas em uma pesquisa em empresas dinamarquesas elaborada por LUNDVALL (1988) também foram encontrados nestes profissionais: importância da delegação de responsabilidades (aumento da iniciativa – são responsáveis durante todo o processo), integração de funções (um passo para polivalência – Programam e operam) e a rotação de tarefas (visão geral do produto).

Em resumo: O quadro geral encontrado na pesquisa diverge um pouco dos anseios do pesquisador, já que se esperava um domínio maior daqueles profissionais que operam com este tipo de tecnologia, considerando um grande intervalo de tempo após a implantação no Brasil das primeiras máquinas a CNC. Porém algumas iniciativas podem contribuir com um processo de mudança:

- Com o conhecimento das dificuldades apontadas pelo mercado e com base no restante do mapeamento da pesquisa, seria possível apoiar as instituições que ministram cursos para profissionais da área de CNC dando assessoria para reavaliação e reestruturação de seus conteúdos programáticos.

- No caso do CEFET/RJ, verificou-se na pesquisa, que alguns alunos formados no curso técnico de mecânica de nível médio foram inseridos neste segmento de mercado na área de programação de máquinas a CNC. Por isso, seria muito importante que as dificuldades encontradas na pesquisa, fossem trabalhadas durante todo o curso nas diversas disciplinas e não apenas em *Automação em Usinagem I e II* como é feito hoje. Tanto a avaliação desta pesquisa, como o trabalho de ROGÉRIO VALLE (2003), indicam claramente a necessidade de trabalhar em cada aluno do CEFET o item “*tomada de microdecisões*” para adaptar melhor o perfil para um mercado mais exigentes em qualidades pessoais.

- A continuidade deste trabalho no sentido de transformá-lo em um livro (após as devidas adaptações para uma obra literária) a ser usado nas instituições que de alguma forma se

preocupam com este segmento, poderá ajudar bastante considerando a pobreza literária estruturada e didática neste assunto.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A conclusão deste trabalho leva a algumas reflexões:

- Pelos resultados da pesquisa feita no seguimento de CNC dentro da área de metal-mecânica, percebe-se que este tipo de tecnologia tem apresentado um crescimento continuado, com parte do parque de máquinas convencionais sendo substituídas por equipamentos a CNC;
- Embora a tecnologia a CNC seja uma forma de inovação no processo produtivo bastante importante para permitir a competição no mercado nacional e mundial, a procura para estudo deste tema apresenta um grau de intensidade incompatível com a sua importância para melhoria dos processos;
- Apesar do longo intervalo de tempo existente entre os primeiros estudos de CNC até o presente momento, o setor apresenta muitas dificuldades no tocante a implantação e à formação profissional.

Baseado nestes fatos, apresenta-se algumas sugestões para trabalhos futuros a serem desenvolvidos por estudiosos sobre os seguintes temas:

1 - Comparação e pontuação das dificuldades encontradas pelos programadores e operadores de equipamentos a CNC.

2 – Importância do Treinamento como estratégia competitiva.

3 - Método de migração de sistema produtivo convencional para tecnologia a CNC.

Recomenda-se a realização de análise detalhada de cada dificuldade encontrada pelos entrevistados em suas tarefas diárias ao trabalhar com tecnologia a CNC e estabelecer o grau de dependência entre elas bem como sua importância no processo produtivo.

Sugere-se analisar, dentre os treinamentos efetuados e aqueles que deixaram de ser ministrados, os que são de extrema importância para a competitividade. Estes treinamentos devem apresentar uma conexão com os tipos de peças usinadas (complexidade de cada geometria).

Pode-se verificar as modificações a serem efetuadas nas empresas que se propõe a trabalhar com esta tecnologia e sugerir um modelo de migração do sistema convencional para CNC no setor metal-mecânica para usinagem de peças.

Por fim, ainda cabe lembrar a importância para a Educação Profissional da realização de estudos que discutem os modelos de formação tratados neste trabalho de forma superficial por não constituir-se em seu objeto de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, J. A.; *Revolução Industrial e Capitalismo*. São Paulo, Brasiliense, 1984.
- BARBIERI, J. C. “A contribuição da área produtiva no processo de inovações tecnológicas”. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v.37, n.1, p.66-67, jan./mar. 1997.
- BESSANT, J. ; PAVITT K. ; TIDD J. ; “*Managing Innovation – Integrating Technological, Market and Organizational Change*”, Amazon, Second Edition, UK, 2001.
- BIBLIA SAGRADA A. T. ; Eclesiástico. 127 ed., São Paulo, Editora Ave-Maria, 1999, cap.6, versículos 18-22, p.870.
- CARDOSO, T. F. L. ; “Sociedade e Desenvolvimento Tecnológico: Uma abordagem Histórica”. In: GRINSPUN, M. P. S. Z. (Org.); *Educação Tecnológica Desafios e Perspectivas*, 2. ed., Capítulo 4, São Paulo, Cortez, 2001, p.221.
- COSTA, C. A.; ZEILMANN, R. P.; SCHIO, S. M.; “Análise de Tempos de Preparação em Máquinas CNC”, *O Mundo da Usinagem*, v1, pp. 20-25, Abr. 2004.
- COSTA, D. D. da; GLEBER, P. A. ;*Desenvolvimento e avaliação de uma tecnologia de baixo custo para programação CNC em pequenas empresas* . Disponível em <[www.Scielo Brasil.com.br](http://www.ScieloBrasil.com.br)>. Acesso em 28 de junho de 2006.
- COSTA, L. S. S. ; CAULIRAUX, H. M. (Org.). *Manufatura Integrada por Computador: Sistemas Integrados de Produção: Estratégia, Organização Tecnologia e Recursos Humanos*, Editora Campus, Rio de Janeiro, 1995.
- COSTA, M. A. F. da; COSTA, M. F. B. da; *Metodologia da Pesquisa: Conceitos e Técnicas*, Interciência, Rio de Janeiro, 2001.
- DEGARMO, E. P.; Black J. T.; Kohser, R. A.; *Materials and Processes in Manufacturing*. Prentice Hall, 8 ed., New York,1997.
- DINIZ, A. Z.; “Máquinas CNC, Aspectos Construtivos, Operação e Aplicação”. *Boletim SOBRACON* (Sociedade Brasileira de Controle Numérico), nº 48, São Paulo, 1990.

FILHO, J. M. C.; TEIXEIRA, C. R.; “Simulação da Capabilidade do Processo de Usinagem”, *Máquinas e Metais*, n.451, pp. 106-123, ago. 2003.

FILHO, M. G.; FERNANDES, F. C. F. “Proposta de um novo conceito em Gestão da Produção: Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura”. In: *Anais XI SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção*, São Paulo, Novembro 2004.

GONCALVES, E. L. Z.; “Histórico do Comando Numérico”. In: *Seminário sobre Comando Numérico na Manufatura*, pp.1-15, Petrópolis, Agosto, 1991.

GONÇALVES, J. R.; “Inventário sobre as Máquinas-Ferramentas que estão em Operação no País”. *Máquinas e Metais*, n.346, pp. 122-131, Nov. 1994.

GIL, A. C. ; *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. 3.ed., São Paulo, Atlas, 1999.

GUIMARÃES, V. N.; *Pesquisa sobre Novas Tecnologias de Produção de Base Microeletrônica e Democracia Industrial*. Disponível em <<http://www.eps.ufsc/teses/valeska/anexo/anexo1.htm>>. Acesso no dia 01/06/2001.

HELLENO, L. A.; SHUTZER, K.; “Programação e Transmissão de Dados na Tecnologia HSC”, In: SANTOS, V. A. dos; et al.; *Usinagem em Altíssimas Velocidades*. São Paulo, Érica, 2003.

JANSEN, J. J. ; FERREIRA, Á. C.; AHRENS, C.; *Curso Programação de Maquinas CN Assistida por Computador*. São Paulo, SOBRACON, 1998.

LE BOTERF, G.; *Desenvolvendo a Competência dos Profissionais*. Artmed, Porto Alegre, 2003.

LEIMGRUBER, C.; “O Cavaco como Fator de Rendimento”, *Máquinas e Metais*, n.487, pp. 52-67, ago. 2006.

LUNDVALL, B. A.; *The Globalising Learning Economy: Implications for Small and Medium Sized Enterprises*. England, Aalborg University, 1988.

LYNCH, M. ; “CNC Tech Talk”. Disponível em <www.mms online> . Acesso em 21 de set. 2005.

MARCONI, M.A. e LAKATOS, E.M. ;*Técnicas de Pesquisa*, Editora, São Paulo, Atlas, 1996.

MESQUITA, et al.; “Banco de Dados de Ferramentas de Corte para um Sistema CAD/CAPP/CAM”, *Máquinas e Metais*, n.453, pp. 128-139, nov. 2002.

Ministério da Educação – Coordenação Geral do Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM. *Exame nacional do ensino médio: Documento Básico*. Brasília, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais, 1999.

MONTI, R. S. G. ; “O Comportamento Verbal na Entrevista Comportamental em Seleção”. In: NERI, A. (Org.); *Gestão de RH por Competências e a Empregabilidade*, 2 ed., Capítulo 10, São Paulo, Papirus, 2005.

NERI, A. (Org.); *Gestão de RH por Competências e a Empregabilidade*, 2 ed., São Paulo, Papirus, 2005.

NEVES, A. M. C. das; “Ética, Tecnologia e Sociedade”. In: GRINSPUN, M. P. S. Z. (Org.); *Educação Tecnológica Desafios e Perspectivas*, 2. ed., Capítulo 4, São Paulo, Cortez, 2001, pp.131-182.

OHYA, T.; “Máquinas-ferramenta Livres de Falhas”, *Máquinas e Metais*, n.404, pp. 50-66, Set. 1999.

PERRENOUD, P.; *Construir as Competências desde a Escola*. Porto Alegre, Ates Medicas sul, 1999.

PFISTER, S.; “Usinagem econômica do alumínio”. *Máquinas e Metais*, n.480, pp. 110-120, Jan. 2006.

PONCE, A.; “Como as Ferramentarias estão estruturadas para atender pedidos de mercado”. *Máquinas e Metais*, n.346, pp. 52-56, Mai. 2003.

RAMOS, M.N.; *A Pedagogia das Competências: Autonomia ou Adaptação*. São Paulo, Cortez, 2002.

RELVAS, C.; *Controle Numérico Computadorizado: Conceitos Fundamentais*, Publindústria, Portugal, 2002.

ROHDE, L.R.; BORENSTEIN, D. ; “Representação em espaço de estados para a flexibilidade de roteamento” *Gestão e Produção*. São Carlos, v.11, n.2, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php>>.

ROMI; *Manual de Programação e Operação CNC MACH9-MP*. Indústrias ROMI,185 p., São Paulo,1997.

SANTOS, V. A. dos; et al.; “*Usinagem em Altíssimas Velocidades*”. São Paulo, Érica, 2003.

SENAI/RJ; “ *Parâmetros de Corte para Torneamento*”. In: Tecnologia do Metal Duro, p.13, Rio de Janeiro, SENAI - Departamento Nacional, 1985.

SENAI/SP; *Telecurso 2000 Profissionalizante: Automação – Vol. 2*, São Paulo, Fundação Roberto Marinho, 2001.

SHIN, Y.; “Máquinas CNC inteligentes poderão fazer retificação e desbaste sozinhas” . Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br>>. Acessado em 14/05/2004.

SILVA, S. D. da; *CNC Programação de Comandos Numéricos Computadorizados:Torneamento* . 2 ed. , São Paulo, Editora Érica, 2002.

SILVA, M. P. da; *As competências Propostas pelas Novas Diretrizes e as IES: O caso do CEFET/RJ*, Dissertação de M.T., PPTEC/CEFET/RJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.

SIMA, A. F.; “Máquinas de Controle Numérico”. In: CUNHA, L. S. S. ; CAULIRAUX, H. M. (org.) *Manufatura Integrada por Computador: Sistemas Integrados de Produção: Estratégia, Organização Tecnologia e Recursos Humanos*, pp. 137-155, Campus, Rio de Janeiro, 1995.

SIMON, A. T.; MAESTRELLI, N. C. “Programação CNC Utilizada no Parque Industrial Brasileiro”, *Máquinas e Metais*, n.461, pp. 162-173, Jun. 2004.

SIMON, A. T.; MAESTRELLI, N. C.; AGOSTINHO, O. L., 2003 ; “Onde estão, quantas são e como trabalham as máquinas CNC no ramo automobilístico”, *Máquinas e Metais*, n.453, pp. 74-83, out. 2003.

TAUILE, J. R. ; *Para (re)Construir o Brasil Contemporâneo: Trabalho, Tecnologia e Acumulação*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2001.

TAUILE, J. R. ; *A revolução tecnológica da microeletrônica: seus impactos sobre o trabalho e a produção*. Disponível em <www.multirio.rj.gov.br> . Acesso em 28 de outubro de 2005.

TIGRE, P. B.; *Gestão da Inovação: A Economia da Tecnologia do Brasil*. Rio de Janeiro, Campus, 2006.

Universidade de Caxias do Sul - Programa de curso. *CNC - Comando Numérico Computadorizado Avançado*. Disponível <www.ucs.br/etfar> . Acesso em 19 de setembro de 2006.

VALLE, R. (Org.); *O Conhecimento em Ação: Novas Competências para o Trabalho no Contexto da Reestruturação Produtiva*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2003.

ZARIFIAN, P. ; *Objetivo Competência: Por Uma Nova Lógica*. São Paulo, Atlas, 2001.

ZERBONE, E.; "Preparação da Empresa para Implantar CNC". In: *Seminário sobre Comando Numérico na Manufatura*, pp.96.99, Petrópolis, Agosto 1991.

ZERBONE, E.; "Projeto Auxiliado por Computador - CAD". In: CUNHA, L. S. S. ; CAULIRAUX, H. M. (org.) *Manufatura Integrada por Computador: Sistemas Integrados de Produção: Estratégia, Organização Tecnologia e Recursos Humanos*, pp. 112-122, Campus, Rio de Janeiro, 1995.

ANEXO I

Formulário utilizado na pesquisa

1. Identificação da empresa

- Razão social _____
- Endereço _____
- Ramo de atividade _____
- Data de criação _____
- Telefone e E-mail _____
- Núm. de empregados _____

▪ Equipamentos

Convencionais	Idade média	Nacionalidade	Comando numérico	Idade média	Nacionalidade

▪ A empresa possui um produto próprio?

<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 10px;">SIM</div> Tipo de produto _____ _____	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 10px;">NÃO</div> Tipos de serviços prestados _____ _____
---	---

▪ Classificação do trabalhador que atua na área de CNC

Regular	Boa	Excelente

▪ Breve descrição da história da empresa

• Maior deficiência percebida nos profissionais que atuam na área de CNC?

2 – Diagnóstico sobre o trabalhador que atua nos equipamentos a CNC.

Nome do entrevistado:

2.1 – Função dentro da empresa

Programador de CNC

Operador de CNC

2.2 – Que tipos de máquinas programa e/ou opera ?

Torno a CNC

Especificar:

C. de Usinagem a CNC

Especificar:

2.3 – Grau de escolaridade

Segundo grau;

Curso Técnico

Especificar:

Curso superior

Especificar:

Outro

Especificar:

2.4 – Antes de PROGRAMAR e/ou OPERAR máquinas a CNC nesta empresa, que tipo de atividade(s) desenvolvia aqui ou em empresa de onde veio? – Informar tempo de permanência.

Nesta empresa	Atividade desenvolvida	Empresa anterior
	Operador de máquinas convencionais	
	Operador de máquinas automáticas	
	Programador de máquinas a CNC	
	Operador de máquinas a CNC	
	Área de Planejamento / Projetos	
	Controle da Produção	
	Controle de qualidade	
	Outra área:	

2.5 – Qual sua experiência acumulada ao longo de sua vida profissional (empresa de onde veio + nesta empresa), trabalhando com máquinas a CNC?

Até 1 ano

De 1 a 3 anos

Mais de 3 anos

2.6 – Além do treinamento em CNC que normalmente é oferecido pelo fornecedor do equipamento, sabe-se que possibilita crescimento do profissional que usa este tipo de tecnologia, participar de outros tipos de aperfeiçoamento em atividade afins. Considere estes aspectos para responder, conforme quadro abaixo a seguinte pergunta:

No elenco de treinamentos apresentados abaixo em quais você participou durante sua caminhada (nesta ou em empresa anterior)?

TIPO DE TREINAMENTO	Sim	ONDE
Programação de Torno a CNC		
Programação de Centro de Usinagem a CNC		
Princípios básicos de manutenção de máquinas a CNC		
Utilização de ferramentas de Metal Duro em fabricantes ou entidades		
Progr. Assistida por computador (programação automática – uso de software)		
Tecnologia do CNC (visão geral do CNC: histórico, tipos, funcionamento, etc.)		
Cálculo técnico aplicado ao CNC – Matemática para CNC		
Seminários sobre CNC pela SOBRACON ou outra entidade		
Uso de software de apoio à programação de CNC		
Uso de calculadora programável (prof. de rosca, cálc. de pontos, etc.)		
Leitura e Interpretação de Des. Técnico para CNC – Erros de Forma e Posição		
Medição Industrial (Micrômetros p/ Roscas, Rugosímetro, Blocos-Padrão, etc.)		
Participação em feiras CNC (FEIMAFE, Feira de Mecânica, Plástico, etc)		
Outros (especificar):		

2.7 – Ao iniciar um novo lote de peças, quais os procedimentos operacionais listados você desenvolve sozinho dentro da empresa? Assinale com um X todos os desenvolvidos por você.

Apenas opero a máquina já preparada por outro profissional	
Faço o zeramento da máquina	
Introduzo o programa	
Verifico erro de programação	
Faço as correções , caso necessário.	
Solicito que seja feita as correções pelo programador	
Verifico o percurso da ferramenta usando o recurso gráfico da unidade	
Faço o torneamento de castanha ou fixação da peça	
Executo o zeramento de todas as ferramentas	
Executo o zeramento da peça	
Usino a peça teste na condição operacional bloco a bloco	
Faço alterações dos corretores de ferramenta caso seja necessário	
Altero os parâmetros de corte após usinagem da peça teste	
Analiso o desgaste da ferramenta durante usinagem do lote e faço a substituição	

2.8 – Quais as dificuldades encontradas durante a atividade de programação ou operação do equipamento a CNC ? Considere as opções a seguir.

Muita dificuldade – **MD**; Pouca dificuldade – **PD**; Sem dificuldade – **SD**

- Dificuldades do PROGRAMADOR -	
Falta de conhecimentos de informática (diretório, arquivar, visualizar, "deletar", etc.)	
Cálculo de pontos no desenho para a programação (conhecimentos de geometria e trigonometria)	
Leitura e interpretação do desenho técnico (normas, erros de forma e posição)	
Domínio do uso de tabelas (rugosidade, potência, gama, prof. De corte, avanço)	
Escolha da ferramenta ideal a ser usada na usinagem	
Conhecimentos de usinagem	
Escolha dos parâmetros de corte a serem usados na usinagem	
Escolha do tipo de coordenada a ser usada na programação	
Características físicas da máquina a CNC	
Otimização do programa	
Entendimento de cada função de programação usada pelo comando	
Outra dificuldade não listada:	
- Dificuldades do OPERADOR -	
Domínio do equipamento (uso de todas as telas do comando)	
Torneamento de castanhas e fixação da peça	
Montagem das ferramentas nos suportes	
Zeramento das ferramentas	
Zeramento da peça	
Fazer todos os tipos de testes antes de iniciar a usinagem	
Saber se os parâmetros de cortes que estão sendo usados são os ideais	
Acompanhar o percurso da ferramenta na usinagem da primeira peça (ciclo fixo)	
Após a usinagem da primeira peça teste, fazer os ajustes de acordo com o desenho	
Modificação dos corretores das ferramentas	
Dificuldade de tomar decisão em uma situação de emergência	
Reiniciar o programa após uma parada de emergência	
Outra dificuldade não listada:	

2.9 – Com que intensidade a MOTIVAÇÃO (satisfação ao executar sua tarefa), INICIATIVA (fazer algo sem ser mandado) e CRIATIVIDADE (melhorar algo para produzir melhor) podem contribuir para melhor no desempenho das tarefas executadas por você dentro da área de CNC. Marque com um X a possibilidade que entende como adequada

Contribui muito (CM); Contribui pouco (CP); Não contribui (NC).

	CM	CP	NC
MOTIVAÇÃO			
INICIATIVA			
CRIATIVIDADE			

2.10 – De acordo com sua visão, no momento do recrutamento, quais as habilidades (Pessoal e Técnica) que deveriam ser consideradas indispensáveis para o profissional envolvido com CNC?

Resp.:

2.11 – Das operações abaixo, qual a freqüência de repetição dentro da empresa?

Considere as seguintes opções:

Repete com muita freqüência (**3**); Repete com pouca freqüência (**2**); Não se repete (**1**).

Tarefas em torno a CNC	Freq	Tarefas em Centro de Usin. A CNC	Freq
Faceamento no torno		Faceamento com fresa	
Torneamento cilíndrico		Desbaste com fresa de topo	
Torneamento cônico		Fresamento de perfil aberto	
Interpolação circular		Fresamento de perfil fechado	
Abertura de canais		Fresamento de canais	
Abertura de roscas de uma entrada		Furação normal (b. de centro e helicoidal)	
Abertura de rosca múltipla		Fresamento no espaço (em 3 dimensões)	
Usinagem interna		Furação profunda (brocas finas)	
Uso da contraponta		Abertura de rosca com macho	
Uso de sub-rotinas (para rosca, desbaste, faceamento, etc)		Mandrilamento ("bailarina" ou com cabeça micrométrica)	
		Uso de sub-rotinas (retículos, cavas, perfis catalogados, etc.)	

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)