



RESPIFE
*Reengenharia de Sistema Produtivo Integrado
para Fins Educacionais*
Conceitos Gerais de CAD/CAM/CAE/CIM

Alunos:	Filipe Barbosa de Sá Pinto, n.º 0005030955 Rui Alexandre da Costa Ribeiro, n.º 000503073	Data: 29/06/2005
Docente:	Armando Sousa	

Índice

Índice	2
1. Introdução	3
2. CAD (Computer Aided Design)	4
2.1. Introdução	4
2.2. Sistemas de Projecto	5
2.2.1. Sistemas 2D	5
2.2.2. Sistemas 3D	5
2.3. Vantagens	6
2.4. Desvantagens	7
2.5. Análise dos principais Programas CAD	8
2.5.1. AutoCad & Mechanical Desktop	9
2.5.2. SolidWorks	10
2.6. Conclusão	10
3. CAM (Computer Aided Manufacturing)	11
3.1. Introdução	11
3.2. Funções de Programação do CNC	11
3.3. Métodos de Programação do CNC	12
3.3.1. Vantagens dos Métodos	13
3.3.2. Desvantagens dos Métodos	13
3.4. Requisitos de um sistema CNC	13
3.5. Controladores CNC Fanuc	14
3.6. Envio de Programas de Maquinagem para os controladores	14
3.7. Geração de Programas de Maquinagem a partir de desenhos 3D	15
3.7.1. Geração Automática de Programas CNC	15
3.8. Software CAM	17
3.8.1. MasterCam	17
3.9. Troca de dados CAD/CAM	17
3.9.1. Introdução	17
3.9.2. Troca de dados	17
3.9.3. Soluções para troca de dados CAD/CAM	18
3.10. Conclusão	19
4. CIM (Computer Integrated Manufacturing)	20
4.1. Introdução	20
4.2. Filosofia	20
4.2.1. Estrutura	21
4.2.2. Estrutura Hierárquica	21
4.3. Vantagens do CIM	23
4.4. Desvantagens do CIM	23
5. A Reter	24
6. Bibliografia	25

1. Introdução

Este documento tem como objectivo servir como base de informação e conhecimento a possíveis desenvolvimentos e investigações efectuadas no LabITec. O presente aborda metodologias de produção avançadas existentes no mercado, como o CAD, o CAE, o CAM e o CIM.

A primeira parte do documento foca-se nas ferramentas CAD. Extremamente importantes visto estarem dentro do âmbito de futuras investigações no laboratório.

Os softwares CAM, que permitem a partir de um desenho gerar uma linguagem que as máquinas compreendam para executar as peças permitem-nos apresentar as máquinas de comando numérico – CNC, que permitem fabricar peças em quantidades incríveis e com precisões admiráveis. Essas máquinas definidas estão representadas nos LabITec por um máquina de torneamento e outra de fresagem.

Finalmente será abordado o conceito e a estrutura de CIM, onde o laboratório LabITec serve como exemplo de aplicação.

2. CAD (Computer Aided Design)

2.1. Introdução

O desenho técnico tem sido parte integrante da indústria desde a sua concepção como organização produtiva, pois o desenho técnico é o elo de ligação entre o departamento de projectos e a produção.

O desenho preparado com padrões predeterminados faz com que a informação seja rapidamente comunicada para o resto da fábrica, proporcionando a confecção do produto idealizado, com maior rapidez. Por esse motivo, aliado a grande evolução do poder de processamento e a queda dos preços dos computadores, a cada dia aumenta o número de profissionais que utilizam o CAD como ferramenta de trabalho. Porém nota-se que a maioria dessas pessoas utilizam o CAD apenas para elaboração de desenho, sendo que a potência dos sistemas CAD, permite além de manipulação e integração de informações, conceber projectos através da representação em três dimensões, possibilitando diferentes formas de visão e concepção de projectos e diminuindo a possibilidade de erros por incoerências.

Neste capítulo, serão abordados os sistemas de projecto existentes, as vantagens e desvantagens da utilização do CAD, algumas áreas de aplicação e exemplos. Também serão analisados alguns dos principais programas de CAD, como o AutoCAD & Mechanical Desktop e o SolidWorks.

2.2. Sistemas de Projecto

Actualmente existe uma variedade de opções que devem ser consideradas ao analisar os sistemas CAD, de entre elas algumas caracterizam a funcionalidade do sistema, ou mesmo sua aplicabilidade integrada com outros. Considerando o tratamento dos dados existem hoje no mercado algumas variações, segue-se uma descrição sobre os sistemas 2D e sobre os 3D.

2.2.1. Sistemas 2D

Uma das vantagens de se usar CAD 2D é a rápida formação de utilizadores, geralmente habituados ao uso dos estiradores comuns. Mas o seu uso é limitado, correndo o risco de transformar o sistema num simples estirador electrónico, pouco mais produtivo que os estiradores comuns.

Para algumas aplicações a representação 2D é suficiente, como por exemplo em projectos de esquemas eléctricos, hidráulicos, circuitos e placas electrónicas, onde não há necessidade de informações volumétricas. Também na criação de vários tipos de croquis, para suportar a produção por exemplo, o CAD 2D é mais apropriado. Neste caso ele deve trabalhar em conjunto com um sistema CAPP, que seria responsável pela geração dos dados representados no croqui (como lista de ferramentas, instruções de montagem e/ou inspecção, etc.)

No projecto mecânico tem-se utilizado a representação 2D para o desenvolvimento de desenhos de conjunto, pois são mais facilmente alterados. Nessa fase emprega-se grande número de peças normalizadas, que são incluídas no desenho de forma interactiva, o que confere uma grande produtividade a esta actividade. Empresas do sector mecânico de pequeno e médio porte preferem utilizar sistemas 2D, pois além do menor custo de aquisição e formação de seus funcionários, esses sistemas exigem máquinas menos poderosas.

Entretanto, existe hoje no mercado uma série de sistemas 3D que se propõem a preencher essa lacuna.

O grande retorno da utilização de CAD 2D está na reutilização das informações, uma vez que é bem mais fácil recuperar e modificar um desenho electrónico, do que um desenho realizado de forma convencional.

2.2.2. Sistemas 3D

A modelação 3D apresenta as dificuldades que são próprias do processo de desenho, pois o projectista é obrigado a considerar as três dimensões simultaneamente. Em alguns casos, a utilização do modelo 3D é imprescindível, como, por exemplo, na aplicação de análises por elementos finitos para verificação de tensões, escoamento, temperatura, etc. e ainda quando há a necessidade de se calcular o volume, propriedades de massa o eixo de inércia e verificação de interferências.

2.3. Vantagens

Existem muitas razões para se instalar um sistema computacional para auxílio de projecto:

- Para aumentar a capacidade do projectista/engenheiro: conseguido pela ajuda ao projectista a visualizar o produto e seus subsistemas e peças; pela redução do tempo necessário em sintetizar, analisar e documentar o projecto. O aumento de produtividade traduz-se não somente em custos mais baixos de projecto, mas também em prazos menores para sua conclusão;
- Para melhorar a qualidade do projecto: Um sistema CAD permite análises de engenharia mais completas (da concepção ao dimensionamento final do produto) e propicia um número maior de alternativas para serem investigadas, em pouco tempo. Erros dimensionais de projecto são reduzidos. Esses factores combinados levam a um projecto melhor;
- Para melhorar a qualidade de comunicação: O uso de sistema CAD fornece melhores desenhos de engenharia, maior padronização nos detalhes, melhor documentação do projecto, menos erros dimensionais e maior clareza de detalhes, portanto legibilidade. Sem dúvida esses factores contribuem para uma melhor comunicação entre os utilizadores dos serviços da engenharia de produto;
- Para criar banco de dados para Manufatura: No processo de criação de um produto em CAD, automaticamente é gerado um banco de dados com informações geométricas que alimentam um futuro programador C.N. Também na geração de documentação do projecto do produto (especificação de materiais, lista de componentes, dimensões do produto, notas de desenho, número da peças, etc.) também fornecem um banco de dados para actividades de suporte em produção tais como: CAP (Computer Aided Planning), MRP (Material Requesting Planning) etc.

O sistema CAD, bem implantado, pode aumentar significativamente a produtividade do departamento de projectos, através da implantação de vários tipos de técnicas complementares:

- Personalização do CAD, transformando rotinas do dia a dia de trabalho, em formas práticas de utilização;
- CAE, simulações e cálculos feitos a partir do desenho de uma peça;
- CAM, integração computador com a máquina de comando numérico.

2.4. Desvantagens

As desvantagens são poucas, embora consideráveis:

- Custo associado á aquisição do Software:
 - Existem no mercado diversas soluções, umas económicas, outras nem por isso. O seu custo vai depender das necessidades específicas de cada Empresa.

- Custo associado á aquisição do Hardware específico que estas aplicações requerem:
 - Normalmente estão associados a estas aplicações máquinas com características especiais, como por exemplo:
 - Grande velocidade de processamento;
 - Placas gráficas com bastante memória e velocidade de processamento elevada;
 - Monitor mínimo recomendado de 17”.

- Custo associado à formação de utilizadores:
 - Apesar de já existirem bastantes centros de formação, os preços relativos á formação necessária ainda não são propriamente económicos. A quantidade/qualidade dos cursos necessários, depende, obviamente, das necessidades específicas do departamento de Projecto de cada Empresa.

2.5. Análise dos principais Programas CAD

Conhecer pelo menos os nomes dos principais produtos de CAD torna-se importante para quem é responsável pela implementação de um sistema de CAD na sua empresa.

A escolha do produto correcto depende de diversos factores, como por exemplo:

- Preço do produto face à concorrência: quanto custa cada posto de trabalho?
- Curva de aprendizagem: quanto tempo demora até um operador saber trabalhar plenamente?
- Rentabilidade: quanto tempo demora modelar determinada geometria?
- Custo dos contratos de manutenção: qual o preço por ano e quantas actualizações serão distribuídas?
- Custo dos diversos módulos: quais os módulos necessários, para além do programa principal, para satisfazer as necessidades?
- Interfaces incluídas: quais as interfaces para outros programas CAD, que estão incluídas no preço de venda?
- Interfaces disponíveis: quais as interfaces extra que se podem adquirir?

Deve-se por isso saber, em primeiro lugar, que tipo de solução se pretende: CAD 2D, CAD 3D por superfícies ou CAD 3D por sólidos.

No caso do CAD 2D, as aplicações limitam-se normalmente no desenho técnico e projecto de moldes, não fazendo sentido querer aproveitar as funções 3D destes pacotes, já que os programas não são vocacionados para tal.

O CAD 3D por superfícies tem a sua vocação na modelação de peças com superfícies designadas por “*free form*” – formas livres, que podem ter virtualmente qualquer forma.

Este tipo de liberdade não se obtém com recurso aos modeladores 3D por sólidos, muito mais limitados na complexidade das superfícies que podem ser geradas.

Contudo, este tipo de software tem o seu lugar no desenvolvimento de produto e projecto, especialmente considerando as ferramentas de montagem, que permitem unir diversas peças para se obter conjuntos, como por exemplo no caso de um motor, ou mesmo de um carro.

O responsável pela aquisição do software CAD deve ter, portanto, em mente, qual a aplicação para o sistema de CAD e quais as suas necessidades. É importante conhecer quais os programas CAD utilizados pelos clientes e fornecedores, para garantir compatibilidade de ficheiros, quais as interfaces para programas CAM, CAE ou máquinas de prototipagem rápida, etc.

Conhecer quais os programas CAD que existem no mercado, ajuda a definir as próprias necessidades e serve como ponto de partida para a implementação com sucesso do CAD na empresa.

Finalmente, é de notar que é prática corrente vender programas CAD mediante uma demonstração standard, que consiste em mostrar a modelação de uma peça de demonstração. Durante a modelação são utilizadas as potencialidades do programa CAD em causa. Quem assistir a uma demonstração destas, deve saber que tal apresentação foi estudada, aperfeiçoada e temporizada, para que o programa CAD seja brilhante na modelação de referida peça de demonstração.

O potencial cliente deve questionar a geometria da peça de demonstração, uma vez que esta pode ter sido adaptada de modo a colmatar deficiências do programa CAD e deve ter presente, que muitas operações poderão parecer fáceis, rápidas ou inteligentes, quando não o são: o programa de CAD pode estar a correr macros, configurações especiais, tolerâncias elevadas, etc.

2.5.1. AutoCad & Mechanical Desktop

O *AutoCAD* é o software de CAD mais vendido no mundo. Foi um dos primeiros produtos CAD a ser comercializado a larga escala e praticamente existe desde o primeiro computador tipo PC.

A sua versatilidade permite que seja utilizado por engenheiros mecânicos para o desenvolvimento de produtos e moldes, assim como por arquitectos e engenheiros civis para o planeamento de infra-estruturas, casas, etc. Em relação à qualidade do produto em si, as opiniões divergem.

A realidade do *AutoCAD* resume-se numa interface com o utilizador antiquada confrontando os novos utilizadores com inúmeros botões e comandos teclados, tornando a aprendizagem menos fácil do que seria possível.

O enorme sucesso do AutoCAD deve-se as seguintes razões
:

- foi o primeiro software CAD a estar disponível;
- é o software CAD mais pirateado do mercado;
- é o software CAD para o qual existem mais cursos de formação;
- é o software CAD para o qual existe o maior número de livros;
- é o software CAD para o qual existe o maior número de pessoas já formadas;
- é o software CAD para o qual existe o maior número de bibliotecas e “Add-On’s”.

Resumindo, pode-se dizer que o AutoCAD é a melhor escolha para um CAD 2D, já que suporta todas as entidades principais, todas as operações possíveis sobre essas entidades, para além de dispor inúmeras bibliotecas e “Add-On’s” (aplicações que correm dentro do AutoCAD, aumentando a sua funcionalidade) de empresas terceiras.

2.5.2. SolidWorks

Depois do *ProEngineer* o *Solidworks* criou uma nova revolução no mundo CAD 3D, embora por duas razões diferentes:

- O *Solidworks* tem uma funcionalidade equiparada com o *ProEngineer* mas o seu preço é apenas uma fracção, chegando a ser quatro a cinco vezes mais barato;
- O *Solidworks* apresenta uma interface com o utilizador moderna e inteligente, permitindo uma aprendizagem do software de uma forma autónoma em poucas horas.

Uma curiosidade deste software é que o núcleo matemático do Solidworks é licenciado por outra empresa. Assim, inicialmente, o Solidworks utilizava o núcleo matemático da ACIS. Passado algum tempo, o núcleo matemático foi substituído pelo PARASOLID da Unigraphics.

Passou, portanto, a haver mais do que um software a utilizar o mesmo núcleo matemático e o mesmo software pode substituir um núcleo matemático por outro. Estes conceitos são bastante inovadores e permitem criar programas CAD específicos com menos desenvolvimento do que anteriormente, reflectindo igualmente a dinâmica que existe neste mercado.

O sucesso do *Solidworks* foi de tal ordem, que obrigou a PTC a repensar o preço do ProEngineer e inclusivamente levou a PTC a dedicar-se a outras áreas de negócios, nomeadamente a gestão de informação.

2.6. Conclusão

Hoje em dia, os softwares CAD, estão a tornar-se poderosas ferramentas de trabalho para as empresas que buscam uma maior produtividade e uma maior competitividade num mercado cada vez mais concorrido.

Os Softwares de CAD permitem desenvolver aplicações próprias, de forma a acelerar e a automatizar os seus processos de trabalho em várias linguagens de programação.

Sendo assim, podemos concluir que o CAD melhora o desempenho dos projectistas e aumenta a produtividade, além de possibilitar a tomada de outras decisões importantes durante o desenvolvimento do projecto.

3. CAM (Computer Aided Manufacturing)

3.1. Introdução

Podemos definir CAM como auxílio via computador da preparação da manufactura, representando as tecnologias usadas na produção, dizendo não só a respeito da automação da manufactura, como: CNC (Comando Numérico Computorizado), CLP (Controle Lógico Programável), colectores de dados (DNC), como também a tomada de decisão, plano operacional, etc.



Apesar de toda esta abrangência, o termo CAM, as vezes, ainda é sinónimo da programação CNC, conceito que ficou muito difundido com a sigla CAD/CAM, que representa módulos de programação CNC em sistemas CAM.

Serão dados a conhecer alguns tipos de máquinas e comandos CNC, assim como, alguns dos seus fabricantes. Será analisada a programação e a troca de dados em CAD/CAM.

3.2. Funções de Programação do CNC

Os sistemas CNC normalmente são utilizados para o cálculo do caminho da ferramenta, a partir da representação geométrica da peça disponível na forma computacional. Outra opção é a simulação final do programa, onde pode-se visualizar a maquinação. Com essas duas funções citadas é possível obter com boa precisão do tempo principal da operação, pois o seu cálculo é determinístico, dependendo dos movimentos da máquina.

Os comandos de um programa CNC são os responsáveis pelo accionamento de uma máquina CNC, informando todas as etapas de fabricação de uma determinada operação de uma peça. Uma linha de comando de um programa CNC pode conter informações sobre o movimento da ferramenta (movimento rápido, interpolação, etc.), informações tecnológicas (velocidade, avanço, etc.), ou informações que accionam funções auxiliares (ligar refrigerante, eixo da árvore, etc.). A obtenção dessas informações depende sobre tudo dos dados da peça a ser maquinada, considerando-se as limitações da máquina, as características do CNC e da ferramenta.

	<u>Projecto Final de Curso</u> 2004/2005	Ref: CGER_v1 Data: 29/06/2005	
---	---	----------------------------------	---

3.3. Métodos de Programação do CNC

Existem três métodos distintos para programar as máquinas CNC:

- Programação directa na máquina – MID (Material Data Input)

Neste método, o programador, com a geometria à disposição, define o percurso da ferramenta e transforma-o em linguagem da máquina. É utilizado em eventuais modificações, para optimização de programas na máquina, e na programação de peças relativamente simples em oficinas de fabricação.

- Programação Manual

Neste caso, o programador interpreta o desenho da peça, calcula os pontos da trajectória da ferramenta, preenchendo um formulário que poderá ser digitado na máquina, ou enviado directamente para o operador da máquina, que também o digitará directamente na máquina. Esse tipo de programação tem sido facilitada pela utilização de ciclos automático, sendo de fácil execução para geometrias não muito complexas.

- Programação auxiliada por computador

O mais tradicional método de programação auxiliada por computador é o que utiliza a linguagem APT (Automatically Programmed Tool). A função do programador, utilizando esse método, é escrever o programa fonte, onde define a geometria da peça e/ou o percurso da ferramenta, via definição de forma padronizada pela linguagem de entes geométricos e funções auxiliares. Esse programa fonte é trabalhado por um processador, que realiza os cálculos geométricos, determina o contorno da ferramenta e gera um arquivo neutro (CLDATA ou CLFILE) independente da máquina.

Posteriormente esse arquivo é pós-processado, gerando um arquivo específico para o comando da máquina.

Um segundo método é aquele executado pelos modernos sistemas CAD/CAM, onde a entrada é o desenho da peça ou o percurso da ferramenta. Interactivamente, no módulo CAM do sistema, inicia-se a programação CNC que gerará um arquivo neutro.

Num terceiro novo conceito de programação CNC, conhecido na Alemanha como WOP (Werttatsorientierte Programmierung), o utilizador inicia a programação a partir de um sistema CAD e trabalha interactivamente, definindo os parâmetros geométricos, de ferramentas e tecnológicos, através de ícones gráficos. Gera-se também um arquivo neutro, que posteriormente será pós-processado.

3.3.1. Vantagens dos Métodos

A vantagem dos programas auxiliados por computador está no facto de não haver necessidade de realizar dos cálculos da trajetória, transferindo esse trabalho para os recursos computacionais.

A principal vantagem dos sistemas CAD/CAM está na facilidade da construção geométrica e na visualização do processo.

3.3.2. Desvantagens dos Métodos

A programação directa na máquina e a programação manual, apresentam o inconveniente de não serem produtivas, pois gasta-se muito tempo no cálculo da trajetória da ferramenta.

Como agravante à programação directa na máquina, tem-se o facto da máquina permanecer parada durante a programação.

A grande desvantagem das programações auxiliadas por computador, apesar da geração do arquivo neutro (CLDATA), é a necessidade de um pós-processador para cada tipo de CNC (códigos específicos para cada marca e modelo). No caso da utilização da linguagem APT, tem-se também a necessidade de se otimizar o programa, o que muitas vezes é feito directamente pelo operador da máquina, tornando o programa neutro incompatível com o programa fonte.

Os sistemas CAD/CAM, apresentam também o inconveniente de serem fechados, não permitindo a integração com outros módulos CAD/CAM, não atendendo às necessidades de um ambiente CIM.

3.4. Requisitos de um sistema CNC

Existem vários requisitos que são necessários a um Sistema de comando numérico:

- Possibilitar a integração com sistemas CAD, para diminuir esforços de digitação de dados geométricos;
- Trabalhar integrado com sistemas com sistemas CAPP, para possibilitar uma integração dentro de um ambiente CIM;
- Possuir estrutura modular, para garantir a sua implantação gradual e possibilitar expansões;
- Oferecer uma interface comum de programação, para facilitar a comunicação dos utilizadores, tanto a nível de escritório quanto no futuro, na programação na máquina CNC;
- Executar cálculo automático das coordenadas da ferramenta, baseado na geometria da peça, verificação e testes, libertando o utilizador para a realização de tarefas voltada á planificação dos processos, eliminando tarefas mecânicas e repetitivas;
- Simular os programas gerados;

- Possuir uma base de dados para efectuar um cadastro das diversas máquinas CNC, para ser possível a geração dos programas para as diferentes máquinas de comando numérico;
- Possuir interface amigável formada por ícones, facilitando a formação a utilizadores menos experientes;
- Possuir uma tabela de mapeamento do local de armazenamento do programa CNC, com sua respectiva identificação, para possibilitar a transmissão DNC.

3.5. Controladores CNC Fanuc

O controlador Fanuc é reconhecido pelo seu elevado grau de fiabilidade.

A última geração de controladores GE FANUC utiliza a tecnologia de fibra óptica permitindo velocidades de processamento de dados superiores, bem como a facilidade de expansão e suporte de futuras actualizações.

Incluindo de série a programação conversacional "SuperCapi" ecrã polícromático de alta resolução de 10,4", interface para placa de memória PCMCIA, ciclos fixos de maquinação pré programados, roscagem rígida, programação de paramétricas e sistema de diagnósticos interactivo, este é um dos mais rápidos e melhores sistemas de controlo numérico



3.6. Envio de Programas de Maquinagem para os controladores

Todos os programas de maquinação criados quer manualmente num editor de texto, quer automaticamente a partir de um programa CAM, têm de alguma forma passar o programa para o controlador da máquina CNC.

Para isso, os controladores dispõem de um ou mais dispositivos de entrada, nomeadamente:

- Porta série (RS-232);
- Placa de rede (com entrada BNC ou RJ-45);
- Drive de disquetes.

A porta série é até à data o dispositivo mais comum nas máquinas CNC e o envio de programas de maquinação faz-se através desta segundo o protocolo DNC (Direct Numeric Control).

O protocolo DNC consiste basicamente no envio do programa de maquinação, bloco por bloco, em modo texto. O computador que envia o programa apenas aguarda os

sinais “X-ON” e “X-OFF”: quando o controlador envia o sinal “X-ON”, o PC envia blocos, até que o controlador o mande aguardar através do sinal “X-OFF”. Sempre que o Buffer fica “cheio”, a memória armazena os blocos em fila para serem executados. Para a comunicação via porta série em modo DNC, não basta, normalmente, a ligação DATA-In e DATA-Out cruzada com GROUND ligado a GROUND, já que os sinais X-ON e X-OFF são comunicados por condutores próprios. Além disso, os chamados “Shunts” ligam pinos da mesma porta, de forma que o controlador possa verificar a presença ou ausência do cabo.

Desde algum tempo, os controladores passaram a ser construídos baseados em PC's completos a correrem sistemas operativos como o Windows NT, embora com configurações especiais.

Esses controladores dispõem de discos duros e podem receber, tal como um qualquer PC, placas de rede, tornando o envio de programas de maquinagem muito mais fácil, robusto e prático. Contudo, este tipo de controladores não vem equipado de origem com a dita placa de rede e se não for incluída na compra inicial da máquina CNC, a posterior instalação pode custar centenas de vezes mais do que o preço de uma simples placa de rede para um PC.

Para pequenos programas, o drive de disquetes é bastante simples e directo de utilizar, quando o formato utilizado é comum com os PC's. Contudo, a limitação de espaço de uma disquete impede a transmissão de programas de maquinagem grandes, que são normalmente gerados pelos programas CAM.

3.7. Geração de Programas de Maquinagem a partir de desenhos 3D

3.7.1. Geração Automática de Programas CNC

Este método é hoje vulgarmente conhecido por sistema de programação CAM.

O programa CAM vai ler superfícies CAD, ou, alternativamente, triangulações, que representam a geometria tridimensional que se pretende maquinar no bloco (de aço ou outro qualquer material próprio à maquinagem).

O manuseamento do programa CAM resume-se nas seguintes operações:

- Leitura da geometria CAD
- Definição da geometria e dimensões do bloco a maquinar
- Definição das velocidades de avanço e rotação
- Escolha das ferramentas e estratégias de maquinagem (desbaste, semi-acabamento, acabamento e redução de raios)
- Simulação dos programas gerados (opcional)
- Pós-processamento dos programas gerados para as linguagens dos diversos controladores existentes (por exemplo: Fanuc)

Existem diversos programas de CAM no mercado, alguns trabalham integrados em pacotes CAD/CAM, outros são programas independentes que trabalham em conjunto com qualquer aplicação CAM, ou seja, dispõem de tradutores de ficheiros CAD, permitindo assim a leitura de diversos formatos (por exemplo: IGES, VDA-FS, STL, etc.).

Os programas CAM independentes, ou Stand Alone, têm a vantagem de poderem ser colocados junto das máquinas CNC. É de facto uma revolução na organização das empresas metalomecânicas o novo conceito de colocar o operador da máquina CNC a gerar automaticamente os programas. Esta tarefa era tradicionalmente executada pelo operador CAD, que após modelação das geometrias, corria o módulo CAM para geração dos programas de maquinação. Esses eram então entregues ao operador da máquina CNC, que os executava.

Vários problemas surgem deste modo de trabalho:

- Normalmente o operador da máquina CNC dispõe de mais experiência no que diz respeito à maquinação;
- O operador da máquina CNC não tem controlo sobre os programas executados na sua máquina;
- Devido a falta ou erros de comunicação podem surgir erros;
- O operador CAD é sempre o responsável pelas “facadas” no molde, já que dificilmente se pode averiguar se o operador da máquina se enganou ou não;
- Normalmente, o operador da máquina dispõe bastante tempo livre, já que a sua presença obrigatória junto da máquina só é necessária para preparar a máquina ou para a parar quando algo de errado acontece;
- O operador CAD tem que executar a duas tarefas: modelação e maquinação

Passou-se então a colocar o programa CAM junto do operador da máquina. Este, supostamente, vai produzir programas CNC mais otimizados, liberta o operador de CAD de parte do seu trabalho e passou a ser responsável por todos os erros de maquinação.

Isto traduz-se num enorme aumento de produtividade, embora o preço a pagar sejam algumas dificuldades interpessoais, já que é necessário motivar o operador da máquina CAM para o envolvimento em novas tecnologias e para o seu aumento de trabalho. Em simultâneo, o operador CAD deixou de ter ao seu cargo uma tarefa pouco trabalhosa, tendo agora que modelar permanentemente.

A passagem do posto CAM para as oficinas foi possível graças ao facto de praticamente todos as aplicações CAM terem migrado do tradicional sistema operativo UNIX para o familiar Windows NT, permitindo em alguns casos o uso da língua Portuguesa, quer no sistema operativo, quer na própria aplicação CAM, facilitando bastante a aprendizagem por parte do operador da máquina CNC.

3.8. Software CAM

3.8.1. MasterCam

A *Mastercam* tem diversos softwares específicos de CAM, i.e. vocacionados para um determinado tipo de máquina de comando numérico ou para uma determinada área da indústria.

Com bastantes mais opções que outros programas mais generalistas, a *Mastercam* disponibiliza para trabalhar com tornos CNC o *Mastercam Lathe* e para os centros de maquinagem o *Mastercam Mill*. Um bom exemplo de um software desenhado especialmente para a indústria dos moldes automóveis é o *Automold*, um software que sugere as dimensões da estrutura e dos acessórios do molde a partir das dimensões da peça a moldar e das especificações do cliente. Além do molde em 3D sólido, o produto também consegue gerar automaticamente o desenho do molde em 2D segundo as normas dos moldes, automatizar a maquinação das estruturas e exportar os dados para a gestão de produção.

3.9. Troca de dados CAD/CAM

3.9.1. Introdução

As bases de dados tendem a substituir as folhas de projecto em todas as fases do design e fabrico de um objecto.

Torna-se cada vez mais importante encontrar processos de troca de dados entre essas bases de dados:

- Incompatibilidades entre representações de entidades geométricas;
- Insuficiência de representações de entidades.

Também são factores a ter em conta:

- A complexidade crescente dos sistemas de CAD/CAM;
- Os usos diversificados desses sistemas;
- As restrições de acesso a informação proprietária.

3.9.2. Troca de dados

A troca de dados entre sistemas heterogéneos deve incluir toda a informação existente na base de dados sobre o produto.

Há 4 tipos de informação de modelação:

- **Forma** – Informação topológica e geométrica e características de forma
- **Auxiliar** – Informação gráfica (imagens coloridas), informação de parâmetros da base de dados, etc.

- **Design** – Informação gerada para fins de análise (massa, elementos finitos, etc.)
- **Fabrico** – Informação sobre ferramentas, maquinação, tolerâncias, planeamento, custos, etc.

Todos estes tipos deverão idealmente ser tomados em conta. A necessidade da troca de dados advém da necessidade de integrar e automatizar os processos de fabrico, de forma a maximizar os benefícios dos sistemas de CAD/CAM.

A variedade de sistemas heterogéneos existentes com abordagens proprietárias da representação de informação é a causa do problema, que pode ser resolvido por:

- Solução directa: tradução dos dados de modelação de um sistema directamente para outro sistema (num ou mais passos);
- Solução indirecta: criação de uma representação intermédia e neutra (independente de qualquer sistema existente), que funcione como denominador comum entre as representações proprietárias.

3.9.3. Soluções para troca de dados CAD/CAM

As aplicações chamam-se “tradutores” directos ou indirectos (aqueles que suportam formatos neutros)

Os tradutores indirectos podem ser:

- Pré-processadores - traduzem para um formato neutro;
- Pós-processadores - traduzem para um formato proprietário;

Tradutores

Supondo que existem n sistemas de CAD/CAM, o número de tradutores entre todos esses sistemas (N) é:

- $N = n * (n - 1)$ – para tradutores directos
- $N = 2 * n$ – para tradutores com apenas um formato neutro

O uso de tradutores baseados em formatos neutros é vantajoso:

- Não é necessário escrever muitos tradutores de formatos nativos;
- Quando surge um novo sistema basta apenas escrever dois tradutores (formato proprietário *versus* formato neutro);
- É uma forma estável de comunicação entre sistemas;
- Protege contra a obsolescência das aplicações;
- Reduz a dependência dos fabricantes de sistemas;
- É uma forma aberta e transparente de armazenamento da informação.

3.10. Conclusão

O aparecimento das máquinas CNC adveio de muitos factores, desde a criação de produtos de geometria complexa e alta precisão, a reduzir tempos de produção.

O CAM vem ajudar muito na redução desse tempo, uma vez que, consegue a partir de um desenho escolher a melhor forma de otimizar o programa.

As principais desvantagens que existem nestes sistemas é o elevado custo com o equipamento (uma máquina CNC tem um custo de aquisição muito elevado e a formação necessária para poder trabalhar com estes equipamentos muitas vezes têm de vir técnicos estrangeiros para resolver determinados problemas).

4. CIM (Computer Integrated Manufacturing)

4.1. Introdução

Desde os tempos mais remotos que o homem, através da automatização, tem vindo a desenvolver estratégias e mecanismos que lhe permitam libertar-se do trabalho de origem muscular e animal e das tarefas pesadas, rotineiras, perigosas e pouco precisas. Tem conseguido, em simultâneo com esta libertação, maiores velocidades na execução das tarefas, menores tempos de paragem, menor número de acidentes e a obtenção de produtos com cada vez maior e mais uniforme qualidade.

O objectivo foi desde sempre e em qualquer processo produtivo, efectuar a "mistura" das quantidades óptimas dos 3 factores fundamentais sempre envolvidos, que são: a **Matéria**, a **Informação** e a **Energia**.

4.2. Filosofia

O CIM é um conceito que combina várias tecnologias para definir uma fábrica ou organização completamente integrada. Entre estas estão o CAD/CAM, a Robótica, sistemas automáticos de identificação e de manipulação de materiais (AGV's e outros), a Visão Computacional e as Redes de Comunicação que interligam todos os elementos constituintes do sistema.

Também as áreas satélite como o Marketing, o Planeamento e Gestão Administrativa (a gestão da produção, as compras, as vendas e a contabilidade geral) são componentes integrantes do sistema.

Mas, apesar de teoricamente a inserção da filosofia CIM apresentar grandes benefícios para as empresas, o facto é que muitas falham na sua implementação. Porquê?

Porque a integração e a automatização fabril, mesmo à parte dos problemas de natureza técnica, são um processo complexo, contínuo e bastante demorado. Este requer um suporte capaz em todas as áreas nele envolvidas. Os objectivos específicos de médio e longo prazo necessitam de ser claros, estarem devidamente fundamentados e serem conhecidos por todos os elementos intervenientes. Só desse modo pode haver sintonia e uma activa participação e motivação e, conseqüentemente uma implementação correcta e atempada.

Um primeiro aspecto a estudar, é o de averiguar o que o CIM trará para a empresa em termos de vantagens e competitividade sustentada face às empresas da concorrência. Este é um problema de Planeamento Estratégico que deve ser fundamentado com uma rigorosa análise de custos/benefícios.

Como o CIM representa inovação a todos os níveis, os critérios de análise "clássicos" não são por vezes os mais apropriados para a condução deste estudo, devido a não contemplarem de uma forma correcta todos os factores envolvidos.

4.2.1. Estrutura

As arquitecturas de sistemas de controlo modernos são baseadas no conceito de Sistema de Controlo Hierárquico Distribuído. Nestas, as acções de controlo são efectuadas pela junção de máquinas com poder de decisão, geograficamente distribuídas, perfeitamente autónomas e auto contidas, que, pela junção de esforços, trabalham para a implementação da tarefa de controlo global.

4.2.2. Estrutura Hierárquica

O conjunto total das funções a serem implementadas por um sistema de controlo distribuído tem diferentes exigências ao nível da rapidez de actuação e da importância estratégica dessa mesma actuação. Assim, as acções a implementar surgem agrupadas em vários níveis hierárquicos, havendo características funcionais e temporais bem específicas a cada nível.



0 - Ao nível mais baixo da hierarquia, também designado por Nível de Instrumentação, são efectuadas as operações elementares de reacções aos estímulos do processo, também designadas por acções de controlo em tempo real. Neste nível o funcionamento é periódico, com constantes de tempo fixas e da ordem dos 0.1 ms a 20 ms. As mensagens são curtas (geralmente 1 bit) e em número muito elevado. Para efectuar a comunicação entre os vários componentes, utilizam-se neste nível as redes determinísticas designadas por "fieldbuses" tais como o FIP, Profibus, Bitbus, etc...

1 - O nível imediatamente superior, nível da Célula, é constituído por um conjunto de máquinas destinadas a efectuarem o sincronismo entre as operações elementares do nível inferior. Estas efectuam ainda a sua supervisão, no respeitante à detecção de anomalias e à sua recuperação, enviando mensagens sobre o estado do funcionamento ao nível imediatamente superior.

As funções de controlo a implementar, a este nível, são designadas por funções de tempo crítico, envolvendo constantes de tempo da ordem de 20 ms a 100 ms. São não periódicas e os dados que fluem de e para este nível são constituídos por mensagens com tamanho típico de alguns bytes.

A comunicação entre máquinas deste nível é efectuada utilizando redes não determinísticas como o Mini-MAP, Ethernet e outras.

2 - Ao Nível do Sector, também designado por Nível de Supervisão, são efectuadas as operações de condução e controlo do processo por sectores, sincronização e escalonamento de operações e flexibilização da produção em face das ordens vindas do nível superior e de restrições e informação vindas do nível inferior.

As funções de controlo a implementar, a este nível, são designadas por funções de tempo limitado, envolvendo constantes de tempo da ordem de 100 ms a alguns segundos. São não periódicas e os dados que fluem de e para este nível são constituídos por mensagens com alguns Kbytes (carregamento de programas de produção nas máquinas do nível inferior) e mensagens curtas com valores de variáveis críticas. As redes de comunicação utilizadas a este nível são o MAP, TOP, Ethernet e outras.

É também função deste nível supervisionar continuamente os índices de qualidade da produção, efectuar análises de tendências na variação de todos os parâmetros críticos e enviar ordens de correcção ao nível inferior, no sentido da condução do processo com o menor desvio possível dos parâmetros ideais.

3 - No topo da hierarquia, também designado por Nível Fábrica, encontra-se o Supervisor global que interacciona com os operadores humanos, com o exterior e com o nível imediatamente inferior. Aqui estão integradas e são tomadas todas as acções de controlo estratégico e é efectuada a supervisão global do sistema.

As acções de controlo a este nível são designadas por não críticas ou independentes do tempo envolvendo constantes de tempo desde segundos até alguns minutos, como sejam por exemplo informar o operador de determinado tipo de ocorrência, ou a geração de relatórios de produção. As mensagens que fluem para este nível são extensas (da ordem dos Mbytes) e possuem toda a informação do que se passa ao nível do processo de uma forma sucinta.

As redes de comunicação utilizadas a este nível são não determinísticas tais como : redes MAP, TOP e Ethernet.

É ainda neste nível que coexistem todas as funções de Planeamento e Gestão da Produção.

É também a partir deste nível que é efectuada a comunicação bi-direccional com o exterior, utilizando as Redes Públicas de transmissão de dados (tipo Telepac), com protocolos como o X.25 ou mais recentemente com a Internet.

4.3. Vantagens do CIM

Algumas das vantagens da utilização do CIM são:

- Traduz-se no melhor uso possível da tecnologia de informação no interior dos sistemas produtivos. Sejam intensas ou não em capital fixo, as soluções do tipo CIM podem traduzir-se em ganhos fundamentais na eficiência estratégica;
- O seu processo de implantação, desde que gerido para consolidação do aprendizado decorrente, pode potencializar o desenvolvimento de importantes competências, apontando para a consolidação de novas capacitações do sistema produtivo, assegurando razoável flexibilidade estratégica à empresa;
- Os modelos do CIM são extremamente úteis, pois orientam técnicos e gerentes nos seus trabalhos, contribuindo para decisões mais conscientes, dentro das limitações humanas;
- Os modelos CIM ajudam a organizar conhecimentos e processar informações, a entender melhor os processos interactivos em curso e a estimar comportamentos futuros;
- Aumenta o nível de integração de todas as funções do sistema de manufactura, aumentando a eficácia da empresa e obtendo melhorias nos resultados dos negócios.

4.4. Desvantagens do CIM

Algumas das desvantagens da utilização do CIM são:

- Risco de elevado comprometimento – um grande investimento em hardware e software em instalações fabris, por exemplo, pode fazer com as vendas tenham que aumentar muito para ter um retorno financeiro (ponto de equilíbrio). Tal investimento pode ser protegido pela capacidade do sistema de fabricar uma ampla gama de produtos a baixo custo. Mesmo assim, ele pode revelar uma alternativa arriscada: uma queda na procura por período relativamente longo pode quebrar financeiramente a operação;
- A maioria dos fabricantes de equipamentos para automação não conseguem reduzir os custos o suficiente para permitir preços mais acessíveis;
- É necessário um longo trabalho de formação e consciencialização que ainda não foram aplicados principalmente devido à necessidade de conhecimento sofisticado e formadores especializados.

5. A Reter

6. Bibliografia

- [1] Peggie W. Black, "CIM Capitalizes on distributed Controls", Intech, February (1992), 17-19.
- [2] Robert C. Waterbury, "Whithbread Brews CIM Solution", Intech, January (1992), 31-32.
- [3] Charles A. Snyder and James F. Cox, "Developing Computer Integrated Manufacturing: Major issues and problem areas", Engineering Costs and Production Economics, 17 (1992), 197-204.
- [4] Hegland, D.E. , "CIM - The foundation of factory automation", Prod. Eng., 32(5), (1985), 36-42.
- [5] Dicasali, R., "CIM implementation - a top level priority", Computerworld Focus, 19(24A), (1985), 12-17.
- [6] Alan J. Laduzinsky, "Integration Focus : Cell Control", Control Engineering, January 1990.
- [7] Geoff Buxey, "Computer Assisted Design/Computer Aided Manufacturing and the competitive edge", Scholl of Management, Deakin University, Victoria, Australia (1990).
- [8] Jonh Rupp, "Bitbus : A good choice for the factory floor", I&CS, June, 1991.
- [9] Harry Furness, "Plugging into SP50's Field bus", Control Engineering, Mid-March 1992.
- [10] Tony Bowker, "SP50 field bus standard: Patience will pay off", I&CS, March 1991.
- [11] JD Radford & DB Richardson, "The management of manufacturing systems", M, 1983, 87-100.
- [12] J. Daniel Couger, "Motivating IS Personel", Datamation, September 15, 1988, 59-64.
- [13] Timo Saarien; "System development methodology and project success", North-Holland Information & Management 18 (1990), 41-46.
- [14] JOAQUIM DUARTE BARROCA DELGADO; "Automatização Industrial", documento web <http://www.ipv.pt/millennium/>