

INTEGRAÇÃO DO CIM (COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING) AO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Antonio Gonçalves de Mello Jr.¹, Helio Pekelman², Marco Antonio Assis de Melo³

Universidade Presbiteriana Mackenzie, Escola de Engenharia, Depto Eng. Mecânica
Rua da Consolação 896, prédio 6
01302-907 São Paulo - SP

¹mellojr@mackenzie.com.br, ²hel1217@mackenzie.com.br, ³marco.melo@poli.usp.br

***Resumo:** Este trabalho apresenta os conceitos básicos envolvidos em um sistema CIM, levando à determinação das características de operação, descreve o sistema CIM existente na instituição, elenca disciplinas com conhecimentos envolvidos no projeto de produtos voltados a este tipo de sistema, discute o ambiente que envolve o uso do CIM e finalmente sugere uma disciplina do curso para uso do sistema.*

***Palavras-chave:** CIM, Manufatura integrada por computadores, interdisciplinaridade*

1. INTRODUÇÃO

Os computadores têm um grande impacto nos modernos sistemas de produção. O termo *computer integrated manufacturing* (CIM) segundo Groove (1987) foi cunhado para significar predominantemente o uso de computadores no projeto de produtos, planejamento de produção, controle de operações e realizar várias funções do negócio relacionado com a manufatura. Kalpakjian, Schmid (2001) apresentam o CIM dividido nos seguintes subsistemas:

- Suporte ao planejamento do negócio;
- Projeto do produto;
- Planejamento da manufatura;
- Controle do processo;
- Monitoramento do chão de fábrica,
- Automação do processo.

Assim é interessante identificar os tipos de processos produtivos e suas características a fim de posicionar o processo produtivo em estudo.

1.1. Classificação dos processos produtivos

Neste estudo, interessa-se pelas empresas que produzem bens, estas, em uma primeira classificação, podem ser divididas em indústrias de manufatura que tem uma produção discreta como carros, máquinas, ferramentas, etc. e indústrias de processo, representada pelos produtos químicos, alimentícios, aço, etc. Este artigo irá focar-se na manufatura.

As indústrias de manufatura podem ser classificadas novamente em produção do tipo *job shop*, produção em lotes e produção em massa cujas características estão representadas na

ilustração 1, onde as setas indicam o crescimento da necessidade de cada característica analisada.

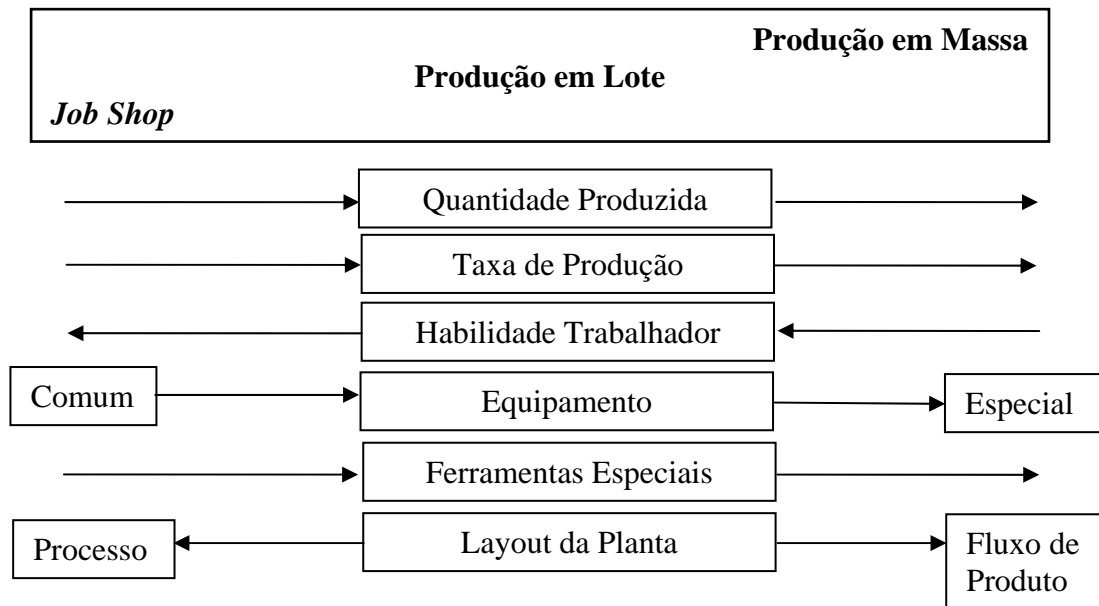


Ilustração 1 Adaptado de Groover 1987

A empresa pode ser analisada pela forma como arranja seus equipamentos na área disponível (*layout*), Groover (1987) identifica três principais *layout* associados a produções tradicionais:

- De posição fixa, onde o produto devido ao seu tamanho e peso permanece fixo em uma posição enquanto os equipamentos são trazidos junto a ele. Como exemplo tem-se montagem de aviões e navios;
- *Layout* por processo, onde as máquinas são arranjadas em grupos conforme o processo de manufatura (departamento de tornos, injetoras, etc.);
- *Layout* por fluxo de produto, onde as máquinas são arranjadas na seqüência de produção a fim de se obter a maior eficiência possível.

RITZMAN, KRAJEWSKI (2004) colocam que se pode valer dos benefícios do *layout* por produto – fluxo em linha, manuseio de materiais simplificado, poucas preparações de máquinas e custo de mão de obra reduzido – utilizando-se a tecnologia em grupo, ou seja, agrupar peças ou produtos com características similares em famílias e processá-las em um grupo de máquinas.

Utilizando-se as classificações apresentadas e a ilustração 2, identifica-se o processo produtivo utilizado no estudo, qual seja, *layout* por produto, agrupamento de peças similares (família) e posicionamento das máquinas em um formato de célula que pode receber a denominação célula flexível de manufatura FMC (flexible manufacturing cell).

Uma célula flexível de manufatura pode ser definida como um grupo de recursos de processamento (PLC, máquinas CNC), interconectados por meio de uma unidade de manipulação e transporte de materiais (AGV, robôs) e de um sistema de armazenamento, sendo controlada por um sistema de controle Quintas *et at* apud Teixeira 2006.

Uma célula flexível é composta basicamente por máquinas controladas por comando numérico computadorizado, robôs de manipulação e transporte e um sistema de controle. Teixeira (2006) afirma que as células flexíveis de manufatura tem vantagens econômicas pois apresentam alta produtividade associada a baixo volume de produção, ou seja, o uso de família de peças ou

coleção de peças que são similares por causa das formas geométricas ou por que requerem os mesmos passos para serem fabricadas, podem ser produzidas a partir de um mesmo grupo de recursos, isto permite que pequenos lotes de fabricação adquiram as mesmas vantagens econômicas obtidas com a produção em massa, mantendo a flexibilidade adquirida com a aplicação do método de produção *job shop*.

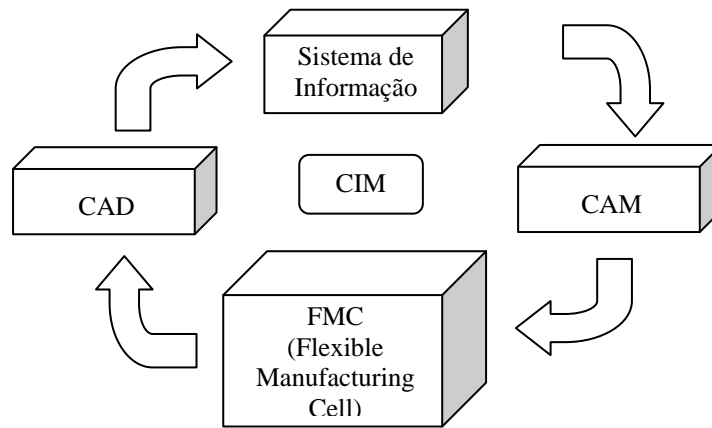


Ilustração 2 Esquema CIM

2. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA ESTUDADO

O sistema CIM estudado (fotografia 1, 2 e 3) foi instalado em 1995 em uma área de 78,8 m² e esta passando por uma manutenção e atualizações. É composto pelos seguintes equipamentos:

- Software gerenciador da célula OpenCIM
- Centro de usinagem CNC Denford modelo Triac Fanuc ATC
- Centro de torneamento CNC Denford modelo Mirac PC
- Robô cartesiano Eshed Robotec modelo ASRS
- Esteira Transportadora Eshed Robotec
- Robô Eshed Robotec modelo Scorbot ER VII e Scorbot ER V plus
- Máquina de medir tridimensional DEA modelo Swift



Fotografia 1, 2 e 3 - Equipamento CIM
Fonte: Acervo próprio

A seqüência de trabalho após configuração do sistema e programação das máquinas e robôs é basicamente a seguinte: Enviar pedido do produto para o sistema, via MRP (*material requirement planning*) verificar estoque e listar as peças que devem ser fabricadas, retirar peça do estoque de material bruto e colocar na esteira transportadora, mover a peça até estação de usinagem, retirar peça da esteira e colocar na máquina de usinagem, usinar peça, voltar com peça para a esteira, transportar até estoque, colocar a peça no estoque de peças acabadas.

A célula de manufatura do sistema CIM é operada através de 7 estações, 6 responsáveis pela programação dos equipamentos e uma responsável pela integração do sistema desta forma pode-se distribuir os alunos nas estações da maneira mais conveniente dependendo da quantidade e do projeto a ser desenvolvido.

3. INTEGRAÇÃO DA GRADE AO CIM

O curso de engenharia mecânica do estudo tem como objetivo formar um profissional com habilidades para atuar na concepção de novos produtos mecânicos, na automação de sistemas, no desenvolvimento de linhas de produção e montagens industriais, bem como no planejamento, controle e programação da produção de máquinas, equipamentos e veículos, no projeto e dimensionamento de máquinas e dispositivos mecânicos, no projeto de sistemas de obtenção de energia através de máquinas térmicas e hidráulicas. Está ainda habilitado para a gestão tanto em áreas técnicas, quanto em áreas industriais e de negócios. O curso possui 92 disciplinas distribuídas em 10 semestres totalizando 4370 horas.

A seguir estão relacionadas as disciplinas que tem relação direta e indireta com o funcionamento do CIM. Entenda como relação direta, quando, sem este conhecimento, não é possível fazer com que o equipamento opere, exemplo: disciplina robótica, responsável por ensinar a programação dos robôs. Entenda como relação indireta, quando, o conhecimento do aluno serve como base para o desenvolvimento de conceitos que auxiliam na otimização das escolhas entre as diversas situações do processo, exemplo: disciplina desenho de elementos de máquinas I, responsável pela forma da peça a ser utilizada.

Disciplina	Etapa	Relação	Direta/Indireta
Proc Bas Eng Mec I	1	Processos de fabricação básicos em máquinas não automáticas	I
Proc Bas Eng Mec II	2	Processos de fabricação básicos em máquinas não automáticas e seqüência de operações	I
Expressão Gráfica	2	Desenho técnico	I
Desenho Elem. Máquinas I	3	Desenho técnico e elementos mecânicos	I
Desenho Elem. Máquinas II	4	Desenho técnico e elementos mecânicos	I
Materiais de construção mecânica não metálicos	4	Seleção de materiais	I
Construção de máquinas I	5	Dimensionamento do produto	I
Medidas das grandezas mecânicas	5	Tolerância	I
Construção de máquinas II	6	Dimensionamento do produto	I
Mecatrônica	6	Interface homem máquina introdução ao CLP	I
Fundamentos de Usinagem	6	Escolha das ferramentas de corte	D
Teoria das estruturas mecânicas II	6	Simulação numérica por elementos finitos	I
Construção de máquinas III	7	Transmissão movimento	I
Máquinas ferramentas I	7	Programação CNC	D
Robótica	7	Programação robôs	D
Construção de máquinas IV	8	Estudo dos movimentos	I
Máquinas ferramentas II	8	Processos de fabricação	I
Planejamento industrial e métodos	8	Planejamento de produção	I
Comandos e controles lógicos	9	Programação CLP, interface CIM	I
Controle de produção e processos industriais	9	MRP, ERP	I
Automação da fabricação	10	Conceitos de CIM	I
Gestão da qualidade total na produção	10	Conceitos de qualidade	I

Quadro 1 - Disciplinas envolvidas no CIM
Fonte: própria

O quadro 1 lista 22 disciplinas no curso de engenharia mecânica que tem em seu conteúdo programático itens relacionados ao planejamento e operação do equipamento CIM. Destas, 3 tem relação direta com a operação dos equipamentos envolvidos e se concentram na sexta e sétima etapas do curso. Nota-se também que todos os semestres do tem uma ou mais disciplinas relacionadas ao sistema CIM com uma concentração maior nas etapas do meio para o fim do curso.

4. DISCUSSÕES

A inclusão do sistema CIM no curso de engenharia mecânica deve levar em conta os seguintes aspectos: Grade curricular, pré-requisitos, quantidade alunos x tempo.

Com relação a grade curricular, a mesma está em uso e não pode ser alterada, ou seja acrescentar uma nova disciplina, e também não é possível modificar-se cargas horárias. De posse destas restrições, deve-se eleger uma disciplina em etapas posteriores a 6 e 7, pois é neste período que o aluno adquire os conhecimentos básicos de operação dos equipamentos. Mesmo aplicando os conhecimentos de operação nos equipamentos do sistema CIM, a programação completa do equipamento exigiria um tempo que as disciplinas da 6 e 7 etapas não dispõe, neste caso, existem duas possibilidades, uma com a disciplina controle de produção e processos industriais na 9 etapa, que dispõe de duas aulas práticas e automação da fabricação na 10 etapa que também possui duas aulas práticas, cabe ressaltar que ambas ocorrem no período noturno e nas etapas finais do curso quando os alunos estão estagiando e se dedicando à possibilidade de seu primeiro emprego. Outro ponto a ser ressaltado é a distância entre 6 e 9 etapas (1 ano), durante este período o aluno não mantém contato com os equipamentos tornando difícil a retomada.

Olhando os pré-requisitos, tem-se primeiro a questão do tipo de peça, quantidades e a flexibilidade do sistema, conforme abordado no item 1.1 a FMC do sistema CIM utiliza um *layout* celular por produto restringindo a flexibilidade a peças com formas similares. A quantidade de produtos está relacionada a quantidade de porta peças disponíveis. Apesar das limitações o sistema se apresenta como uma solução satisfatória para o aprendizado da tecnologia. Uma segunda questão está relacionada ao material utilizado nas peças que deve ser mole devido à potência de corte das máquinas empregadas, sugere-se o uso de materiais poliméricos como acrílico, PVC, teflon, etc.. Apesar de se afastar de peças reais, ainda temos um sistema satisfatório em termos de aprendizagem e por consequência teremos uma economia de ferramental pois o desgaste é reduzido devido a consistência do material utilizado. Uma terceira e última questão é a relação com outras disciplinas principalmente, das etapas iniciais. É comum notar-se a estanqueidade entre as disciplinas não forçando o aluno a estabelecer conexões de interdisciplinaridade, este é um caso particularmente interessante pois sem os conhecimentos anteriores, não é possível a execução do projeto. Torna-se também um ótimo argumento para aproximar os professores, permitir a troca de informações e o ajuste natural do curso.

O último ponto a ser observado está relacionado ao espaço físico a ser ocupado e a complexidade do produto a ser desenvolvido. Com relação ao espaço físico, como já mencionado, a célula de manufatura possui 7 estações de programação que podem ser ocupadas individualmente ou em grupos. Os grupos podem se revezar nas estações programando as atividades pertinentes. Os módulos práticos em oficina estão limitados a 25 alunos assim, em uma situação limite ter-se-a grupos de 3 a 4 alunos trabalhando nas estações uma situação não favorável ao aprendizado. Uma solução para o problema é programar em computadores fora da célula e utilizá-la apenas para a simulação dos movimentos dos robôs e máquinas otimizando-se assim o espaço. A questão tempo é importante pois os trabalhos serão em sua maioria desenvolvidos em sala de aula devido a limitação de software, assim

sendo deve-se considerar ao programar um curso, o tempo de desenvolvimento do produto, geração de desenhos tridimensionais de conjunto e detalhes, tempo para avaliação e correção destes desenhos, tempo de programação e simulações dos equipamentos individuais e simulação da célula completa. O último item deve ter uma atenção especial pois, necessita de tempo para ajustes e não permite trabalho paralelo de outro grupo.

5. CONCLUSÃO

Como conclusão está se sugerindo a disciplina automação da manufatura da 10 etapa como usuária do sistema CIM, apesar do aspecto negativo de ser a última etapa do curso e os alunos neste momento não apresentarem um comprometimento total, espera-se que a possibilidade de efetuar uma tarefa com alto grau de tecnologia e a aplicação de vários conceitos aprendidos ao longo do curso façam este um momento de integração e interdisciplinaridade mostrando a qualidade do curso em termos de conhecimento e a vanguarda em termos de tecnologia. Os itens citados no capítulo anterior foram pesados e debatidos, e com exceção do fator negativo exposto no início do parágrafo, os outros foram minimizados ou eliminados com a entrada em operação de uma nova estrutura de laboratório dedicada em parte ao sistema CIM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

TEIXEIRA, E. L. S. **Desenvolvimento da unidade de gerenciamento de uma célula flexível de manufatura integrada a um sistema CAD/CAPP/CAM.** 2006 Dissertação (Mestrado em Sistemas Mecatrônicos) Departamento de Engenharia mecânica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília.

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

KALPAKJIAN, S; SCHMID, S.R. **Manufacturing engineering and technology.** USA. Prentice Hall Inc., 2001

RITZMAN, L. P., KRAJEWSKI, L. J. **Administração da produção e operações.** São Paulo. Prentice Hall, 2004

INTEGRATING CIM (COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING) INTO MECHANICAL ENGINEER COURSE

Abstract: *This paper presents the basic concepts involved in a CIM system, leading to the determination of the characteristics of operation, describes the existing CIM system in the institution, lists disciplines with expertise involved in the design of products geared to this type of system, discusses the environment that involves the use of CIM and finally suggests a course discipline to use the system.*

Keywords: *CIM, computer integrated manufacturing, interdisciplinary*