

SISTEMAS INTEGRADOS DE MANUFATURA

(TRABALHO CONVIDADADO)

Paulo E. Miyagi

Marcos R.P. Barretto

Escola Politécnica da USP
PMC-Mecatrônica, C.P.8174
05508 São Paulo-SP-Brazil

Serviço de Bibliotecas
Biblioteca de Engenharia, Minas e Oceanica

RESUMO

Este trabalho procura apresentar, de forma sistemática, as diferentes interpretações para o conceito de Sistemas Integrados de Manufatura (SIM) (também conhecido como sistemas CIM = "Computer Integrated Manufacturing") que tem sido freqüentemente encontradas na literatura e mesmo na condução de trabalhos de implementação. O artigo não tem a pretensão de enunciar um novo conceito; ao contrário, pretende-se que seja subsídio para discussões sobre o tema e que levem a um melhor entendimento do que se pretende abranger sob esta sigla.

INTEGRATED MANUFACTURING SYSTEMS

ABSTRACT

This work presents, in sistematic form, different interpretations for the concept of Integrated Manufacturing Systems (also known as CIM = Computer Integrated Manufacturing) that has been frequently mentioned in the literature and also for conducting implementation works. The text do not intend to define a new concept; on the other hand, the aim is a contribution to improve the understanding about the real meaning of the subject.

Keywords: integrated manufacturing systems, computer integrated manufacturing, product realization, product modelling.

1. INTRODUÇÃO

O conceito de Sistemas Integrados de Manufatura SIM ou sistemas CIM ("Computer Integrated Manufacturing") tem, nos últimos anos, reunido sob si uma aura quase mágica, símbolo da modernidade, flexibilidade e produtividade na produção. O termo, introduzido em 1973 por Joseph Harrington Jr. em seu livro "Computer Integrated Manufacturing" (Martin, 1988), representa de fato um alvo em constante movimento, desde a sua apresentação por Harrington e a equipe reunida para o projeto ICAM da Força Aérea Americana.

Este trabalho procura, inicialmente, refletir as diferentes visões do conceito, através de diversas opiniões sobre o assunto enunciadas por pesquisadores e profissionais da indústria. A seguir, procura-se caracterizar e sistematizar este conjunto de opiniões, a partir dos modelos de Kaplinski (Kaplinski, 1984) e de Kirkwood (Kirkwood, 1989). Finalmente, faz-se uma breve discussão à respeito do conjunto de questões que surgem quando tais visões são aplicadas como base para uma metodologia de implementação.

2. VISÕES DE UM MESMO CONCEITO

Apresenta-se, a seguir, uma pequena coletânea de definições do conceito CIM encontradas na literatura recente, ao lado de alguns comentários que julgou-se interessante reproduzir para a (tentativa de) sistematização que será proposta. As citações foram mantidas no original em inglês, a fim de evitar as versões que, inevitavelmente, alteram ou subtraem parte do conteúdo.

Dan Shunk, diretor do centro de pesquisas em CIM da Arizona State University: "From 1980-1984 ... CIM seemed to center around the robotics and automation world, the 'glamorous' side of CIM" (Martin, 1988).

Eric Teicholz e Joel Orr: "CIM is the term used to describe the complete automation of the factory, with all processes functioning under computer control and only digital information tying them together" (Teicholz, 1987).

Charles Edquist e Staffan Jacobsson: "CIM means the integration of the whole process from the receipt of orders through design, business planning, purchasing (of components and raw materials), machining, inventory control (of parts, materials and finished products), automated warehouses, automatic vehicles, assembly, packing and marketing... CIM is still mainly theory and conjecture, a vision of the future" (Edquist, 1988).

Gyu Chan Kim e Sang Lee: "The CIM system is intended to coordinate the various elements of a manufacturing process by using a centralised computer to control a series of integrated devices, including sensors, controls, equipment and other computers" (Kim, 1989).

G. Lang-Lendorff e J. Unterburg: "CIM normally covers not only CAD (modelling, drafting, calculation, ...), CAM (work-planning, NC, CNC, DNC, ...) but also PPS (Production Planning Systems)" (Lang-Lendorff, 1989).

Dennis Swyt, gerente de CIM da Pratt & Whitney: "You can tell someone's profession by how he or she defines CIM" (Martin, 1988).

3. MODELO DE FORÇAS NA CONCEPÇÃO DO CONCEITO CIM

O conjunto de conceitos expostos acima permite vislumbrar que, de acordo com a formação de cada um, o termo apresenta diferentes polarizações. Tratando-se de um conceito não formalizado, abre-se assim espaço para que se projetem as esperanças e experiências de cada pesquisador ou profissional. Desta forma, as implementações que podem surgir acabam por refletir este fato.

O modelo apresentado a seguir procura representar as inter-relações de forças que existem na conceitualização de CIM. Deve-se notar que se trata de uma estereotipação de comportamentos no sentido de que há sempre uma preocupação dominante quando se enuncia o conceito, sem entretanto deixar de mencionar outros aspectos - considerados secundários.

O modelo de forças está representado na Fig.3.1 e sua base está no modelo de Kaplinski para uma empresa (Kaplinski, 1984). Neste, há a divisão da empresa em três esferas: Administração, Projeto e Produção. Cada uma das esferas apresenta problemas particulares para sua automação e integração. Este modelo representa de uma forma geral e apropriada o estágio inicial das empresas: onde cada uma das áreas atua de forma relativamente independente, procurando enfocar o problema de automação sem a preocupação de (uma futura) integração. O ideal da integração seria então, inicialmente, a quebra das barreiras internas da empresa que limitam a interação entre as três esferas. No passo seguinte, ter-se-ia a derrubada (ainda que parcial) das barreiras externas, aproximando-se sensivelmente a empresa de seus clientes e fornecedores.

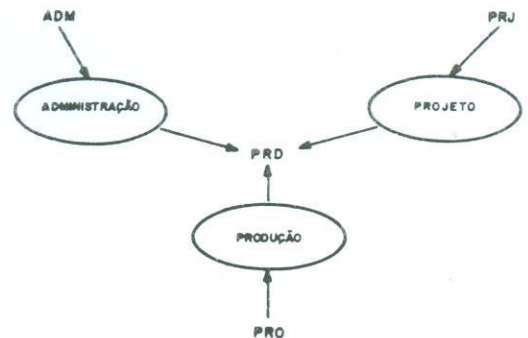


Fig.3.1 - Modelo de forças de integração

A quebra das barreiras internas, visando a integração, tem sido conduzida de forma polarizada, como permite observar a coletânea de conceitos acima apresentada. Pode-se distinguir basicamente quatro forças que agem, procurando aproximar as esferas:

- oriundas das áreas de administração (ADM), procurando enfatizar principalmente os aspectos de planejamento da produção, controle de estoques, gestão financeira, etc.;
- oriundas das áreas de projeto (PRJ), procurando realçar os sistemas CAD/CAM/CAPP, metodologia de projeto ("design for assembly", engenharia simultânea, entre outras técnicas), etc.;
- oriundas das áreas de produção (PRO), ressaltando os aspectos de introdução de máquinas e equipamentos de manufatura avançados, como robôs, AGVs, DNCs, etc.;
- oriundas das áreas ligadas a processamento de dados (PRD), que observam a empresa sob o ponto de vista de fluxo de informações.

Há claros marcos da sobreposição de uma destas forças sobre as demais, como por exemplo:

- o aparecimento das "ilhas de automação" foi um resultado claro da supremacia das forças PRO sobre as demais, levando à instalação de grande quantidade de máquinas CN, robôs e outros equipamentos, sem que houvesse uma estratégia a nível global da empresa. A grande preocupação com as redes de chão de fábrica também demonstra a supremacia destas forças;
- o sucesso dos sistemas MRP II ("Manufacturing Resources Planning") e das técnicas JIT ("Just-in-Time") e Kanban representam uma clara supremacia das forças ADM, ainda que momentânea na vida de uma empresa;
- a introdução acelerada dos sistemas CAD (ainda que somente em substituição das pranchetas de desenho) representa a supremacia da força PRJ;
- a força PRD, mais modernamente, tem procurado sobrepor-se, a partir da tentativa de fornecer sistemas de apoio aos usuários. Sua influência na esfera de Administração é grande; nas demais, ou se tem reduzido (pela migração dos aplicativos CAD de mainframes para workstations), ou é quase nula (como no chão de fábrica).

Deve-se notar que, ao serem exercidas por seres humanos, nem sempre tais forças atuam no sentido de aproximar as esferas, como indicado na Fig.3.1. Reagem também, por vezes, no sentido contrário, inclusive em contraposição às demais. Embora indesejável, a reação é uma atitude natural em virtude ao grande volume de recursos e esforços canalizados para uma determinada força em um instante de tempo, a fim de realizar os investimentos necessários em equipamentos e treinamento. A própria atitude dos funcionários ligados a uma determinada área também é, por diversas vezes, no sentido contrário ao da força que pretendem os responsáveis pela área.

Há a necessidade de qualificar-se cada uma destas forças. O modelo do cubo de Kirkwood (Kirkwood, 1989) é particularmente adequado para tal, permitindo que as forças sejam projetadas em um sistema de coordenadas. O mesmo modelo pode ser utilizado para qualificar os fatores críticos, relativos a uma possível metodologia de implementação de sistemas CIM. O cubo de Kirkwood está representado na Fig.3.2, onde se observam as três dimensões do espaço de coordenadas:

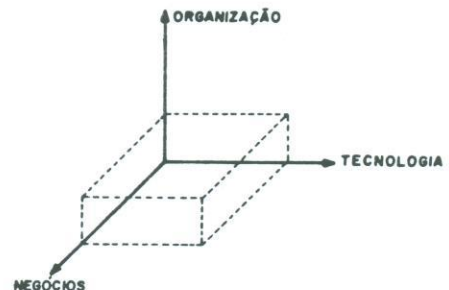


Fig.3.2 - Modelo do cubo de integração

- dimensão relativa à estratégia de negócios da empresa: refere-se à preocupação em relação à direção estratégica e à posição competitiva da empresa. Envolve a análise do ambiente da empresa, em particular relativa à expectativa de clientes, mercados potencial e futuros e a atividade da concorrência;
- dimensão relativa à tecnologia: refere-se à preocupação com o desenvolvimento de uma estratégia para investimentos. Embora por vezes encarado como o principal problema, provavelmente este

aspecto é o mais bem servido em termos de recursos (equipamentos, máquinas e principalmente, recursos humanos) e o mais fácil de reconhecer;

- dimensão relativa à organização: refere-se à preocupação em obter-se uma alteração nas estruturas da empresa, em relação às rotinas de trabalho e à gestão. Das três dimensões, esta é certamente a menos discutida e conhecida. É certo, entretanto, que a simples "mecanização" de rotinas de trabalho, através de programas de computador, ou a rígida hierarquia de comando em uma empresa são fatores que atuam no sentido contrário dos objetivos da integração.

Ao projetar-se cada uma das quatro forças neste sistema de coordenadas, é possível perceber-se que as projeções relativas às dimensões de negócios e (principalmente) de tecnologia tem recebido grande destaque, deixando-se em plano secundário (quando não esquecida) a dimensão relativa à organização. Outro aspecto importante é notar-se que os conceitos somente adquirem um sentido quando inseridos em uma empresa; sua análise sem este pano de fundo vai levar (e tem levado) à exacerbação dos aspectos tecnológicos, agravando ainda mais o problema, ao invés de contribuir para solucioná-lo.

4. A RESULTANTE DAS FORÇAS DE INTEGRAÇÃO

A ação das forças acima apresentadas tem levado à concepção de ferramentas que, ainda imperfeitas, representam um primeiro passo na concepção de sistemas integrados. A Fig.4.1, novamente retornando ao modelo de Kaplinski, mostra que a resultante das forças de integração tem sido no sentido de aproximação das esferas de Administração e Projeto da esfera de Produção. Esta afirmação pode ser verificada na figura em questão, a partir da indicação dos sistemas já existentes que correspondem à ponte entre estas esferas. Os sistemas MRP II, por exemplo, representam um ação concreta no sentido da aproximação Administração-Produção, enquanto os sistemas CAM/CAPP são exemplo desta mesma ação em relação às esferas Projeto-Produção (embora unidirecional). Em que pese a dimensão relativa à organização ter sido

praticamente ignorada na instalação e utilização de tais ferramentas, não se pode negar que seu uso representa a construção de uma ponte entre as esferas citadas. Entretanto, trata-se de uma ponte baseada no fluxo de informações, sem que as barreiras tenham sido efetivamente derrubadas para a integração.



Fig.4.1 - Resultante das forças de integração

A Fig.4.1 também é particularmente feliz para destacar-se outro aspecto: há integração Administração-Projeto? A utilização de sistemas CAD para o "design" inicial de produtos certamente é uma ação neste sentido, embora bastante fraca quando comparada com aquelas citadas acima.

Duas linhas de atuação, que recentemente tem ganho maior importância e procuram solucionar alguns destes aspectos, podem ser destacadas:

- a de realização do produto, oriunda das áreas ligadas ao projeto e que procura realizar uma verdadeira integração entre produção e projeto;
- a de modelagem do produto, resultado da ação combinada entre as forças de integração oriundas das áreas ligadas à administração (em particular, marketing) e as de projeto.

Procura-se a seguir caracterizar melhor cada uma destas linhas de atuação, com base em (Kimura, 1989).

4.1. Realização do Produto

Colocar um produto no mercado abrange um conjunto de etapas que envolve desde a concepção do produto (planejamento, necessidades, etc.) até sua entrega ao mercado. O enfoque da realização do produto (RP) está baseado na possibilidade da avaliação e integração de todas estas etapas, visando o objetivo maior que é a fabricação do produto final. Por avaliação entende-se a análise de sua necessidade, a busca

da melhor forma de realizá-lo, a tentativa de realizar simulações e análises de viabilidade nas etapas iniciais do ciclo do projeto, entre outros aspectos.

Para atender às necessidades que surgem para a implementação deste conceito, faz-se necessário um grande domínio da tecnologia de desenvolvimento e da fabricação de produtos. Sua aplicação efetiva, entretanto, demanda o apoio computacional de uma nova classe de ferramentas, que se poderia reunir sob a sigla CAPR ("Computer Aided Product Realization"), além de uma diferente postura dos responsáveis pelas áreas de Produção e Projeto, no sentido de trabalharem efetivamente juntos.

O CAPR ainda não é um termo popular, mas está relacionado com a aplicação de técnicas como :

- Engenharia Simultânea (Engenharia Concorrente)
- Prototipagem rápida
- Avaliação da Fabricabilidade, etc.

Nas atividades de projeto do produto procura-se tradicionalmente considerar todos os aspectos de sua fabricação, enquanto a linha de produção esforça-se para atender e compreender ao máximo as considerações dos projetistas. Os problemas, entretanto, sempre surgem - e por vezes são motivos de grande separação entre as áreas. Pode-se abordar esta questão, procurando-se:

- a) em relação ao projeto do produto, visando sua realização, deve-se prever com a maior precisão possível as condições restritivas adicionais que devem ser realimentadas ao projetista. Como exemplos destas condições restritivas, têm-se o ambiente de utilização do produto, características físicas do processo produtivo, aspectos econômicos e de recursos humanos. Tem-se então a extensão do conceito de "projeto visando a fabricação e montagem" ("design for produceability", "design for assembly").
- b) em relação ao projeto do processo de fabricação, considera-se os documentos de projeto como condições restritivas, mas os responsáveis pelas tarefas de fabricação devem ter uma certa liberdade para a tomada de decisões. As informações que chegam do projeto não são necessariamente condições absolutas e, segundo certos graus de restrição, os responsáveis pela

fabricação podem realizar uma avaliação e adotar outras soluções.

A realização de a) e b) acima não é necessariamente seqüencial; a essência da Engenharia Simultânea consiste em realizá-los de forma paralela. A realização de a) deve surgir a partir da evolução dos sistemas CAD; pode-se perceber que estes sistemas tem recebido novos módulos, ligados ao gerenciamento de produtos ("product management systems", PMS). Já a realização de b) vai exigir um grande avanço não só dos sistemas CAD/CAM/CAPP, mas principalmente de uma alteração da cultura das empresas. Percebe-se a necessidade de se aumentar significativamente a contribuição das componentes relativas à organização e negócios, até para uma melhor definição dos aspectos tecnológicos relacionados.

4.2. Modelagem do Produto

As informações necessárias para o projeto do produto (aqui entendido de forma mais abrangente que o seu planejamento) possuem natureza extremamente diversificada. Desta forma, a abordagem de modelagem do produto (MP), como mostra a Fig.4.2, procura a uma integração resultante da troca de informações entre as áreas de Administração (marketing e novos produtos, em particular), Projeto e Produção. Pode-se qualificar como grupos de informações para a realização desta abordagem:

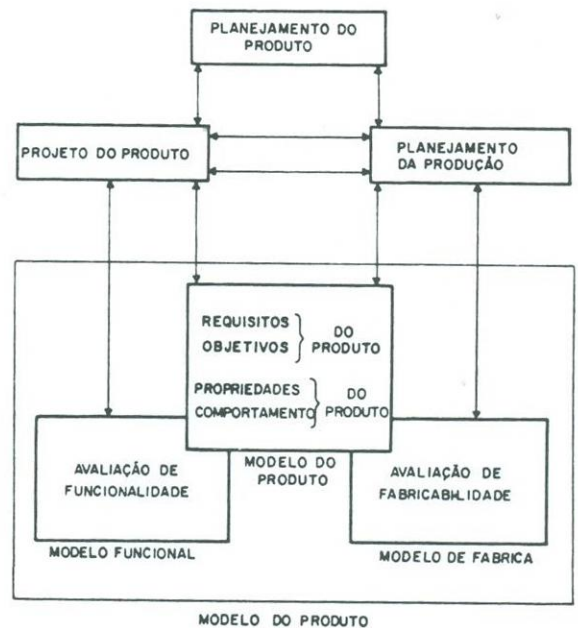


Fig.4.2 - Modelo do produto

- dados do produto, englobando por exemplo dados de projetos anteriores, dados das especificações técnicas, dados dos dispositivos, ferramentas e máquinas para a fabricação, para o controle de qualidade, do know-how, etc.;
- modelo do produto, onde se representa a definição do produto (incluindo definições relacionadas ao design, funções e projeto), informações para a fabricação (dados sobre o processo, tarefas e de supervisão), etc.

Pode-se encontrar sistemas específicos em diversas empresas, que aplicam o conceito MP. Tais sistemas, desenvolvidos internamente à empresa, tem sido utilizados em indústrias automobilísticas, aeronáuticas, metalúrgicas especializadas, eletro-domésticos de alta tecnologia - principalmente no Japão. Nestes casos, as informações do produto são geradas através de intensa interação entre projetistas, que precede exaustivas simulações das funções do produto e o processo produtivo. A generalização a partir destas experiências não é óbvia; entretanto, criam um ambiente propício para o desenvolvimento de metodologias genéricas.

Entre as linhas de pesquisa relacionadas à modelagem do produto, pode-se destacar:

- modelagem geométrica para a modelagem de produtos;
- modelos orientados a aplicações;
- bancos de dados de Engenharia;
- aplicações de lógica;
- modelagem de características;
- modelagem de conhecimento em Engenharia (cinemática, dinâmica, tolerâncias, seleção de materiais, etc.);
- teoria de projeto e outras.

Pode-se perceber que o enfoque MP procura abstrair cada vez mais os conceitos a fim de obter as teorias fundamentais, permitindo uma atuação mais científica em relação ao problema. Em contraposição, o enfoque RP pode até ser considerado como obstáculo, na medida que enfatiza a necessidade de retornar-se à essência do problema, ou seja, a fabricação do produto. Este aparente conflito, entretanto, deve ser creditado à deficiente formação de recursos humanos na área, uma vez que podem até ser implantados de forma a se complementarem.

A Fig.4.3 permite apreciar a integração que se poderia realizar a partir da aplicação do conceito MP; percebe-se claramente um equilíbrio, em relação à situação da Fig.4.1: a tendência da integração entre as três áreas.



Fig.4.3 - Integração desejada

5. OBSERVAÇÕES FINAIS

Procurou-se identificar de que forma tem sido realizadas as ações de integração, visando a concepção de Sistemas Integrados de Manufatura (CIM). Para tal, procurou-se apresentar tais ações segundo um modelo de forças de integração. Objetivou-se contribuir desta forma para o debate em relação ao que devem ser tais sistemas, na busca de uma metodologia de implementação que permita sua realização. Procurou-se também apresentar duas linhas de atuação que, mais modernamente, tem sido seguidas na busca de uma maior experiência a fim de melhor conceituar CIM: os enfoques de "realização do produto" e de "modelagem do produto".

A discussão permite apontar como fatores-chave a busca de uma melhor conceituação dos aspectos organizacionais e funcionais envolvidos - se possível, até a sua formalização. A necessidade da introdução de conhecimento ("knowledge based systems") também parece impor-se. Mas, acima destes fatores, as alterações culturais aparecem ainda como os maiores obstáculos.

Para a realização deste trabalho, foi de extrema importância a colaboração de Takashi Mizutani, PhD, da Mitutoyo Co. do Japão, além do apoio da FDTE, CNPq e equipe do LAS-Mecatrônica do Dep. de Eng. Mecânica da Escola Politécnica da USP.

REFERÊNCIAS

- Kaplinski, R. (1984). *Automation, Technology and Society*. Harlow.

8: CBA - UFPa - Belém-Pa.

- Teicholz, E. e Orr, J. (1987). **Computer Integrated Manufacturing Handbook**, McGraw Hill.
- Martin, J. (1988). "CIM : What's the future holds". **Manufacturing Engineering**, January.
- Edquist, C. e Jacobsson, S. (1988). **Flexible Automation**. Basil Blackwell.
- Kirkwood, R. et alli (1989). "The implementation cube for advanced manufacturing systems". **Int. Journal fo Operations and Production Management**, vol.9, n°8.
- Kim, G. e Lee, S. (1989). "Impact of computer technology on the implementation of Just-in-Time production systems". **Int. Journal of Operations and Production Management**, vol.9, n°8.
- Kimura, F. (1989). "Product Modelling and Product Realization - state-of-art and trends". 13th Seminar of Fundaments on Precision Machinery Eng., University of Tokyo, Tokyo.
- Lang-Lendorff, G. e Unterburg, J. (1989). "Changes in understanding of CAD/CAM: a database-oriented approach". **Computer Aided Design**, vol.21, n°5, June.

8º CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA

Anais Vol. 1



de 10 a 14 de setembro de 1990
Centro Cultural Tancredo Neves
Belém - Pará - Brasil



*Serviço de Bibliotecas
Divisão de Engenharia Mecânica, Naval e Oceânica*

